



Beschleunigte Massenabtragung im Jennergebiet



Beschleunigte Massenabtragung im Jennergebiet

Ursachen und Auswirkungen
beschleunigter Abtragungsvorgänge
in Kulturlandschaftsbereichen der Alpen
am Beispiel des Jennergebietes
im Nationalpark Berchtesgaden

Christian Dommermuth

Fachbereich Physische Geographie
der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt am Main

Impressum:

Nationalpark Berchtesgaden
Forschungsbericht 32/1995

Herausgeber:

Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6,
D-83471 Berchtesgaden, Telefon 0 86 52/96 86-0, Telefax 0 86 52/96 86 40,
im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums
für Landesentwicklung und Umweltfragen

Alle Rechte vorbehalten!

ISSN 0172-0023
ISBN 3-922325-34-3

Druck: Plenk KG, Berchtesgaden

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Titelbild:

Blaikenerosion im Gebiet der Königstalalm

Abb. 31: Johannes/Dommermuth
Alle anderen Fotos Christian Dommermuth

Inhaltsverzeichnis

Beschleunigte Massenabtragung im Jennergebiet von Christian Dommermuth

1	Einleitung	11
1.1	Das Verbundprojekt „Bodenforschung im deutschen Alpenraum“	12
1.2	Zielsetzung	13
2	Das Arbeitsgebiet Jenner im Nationalpark Berchtesgaden	14
2.1	Naturräumlicher Überblick und Abgrenzung	14
2.2	Geologischer Überblick	15
2.3	Geomorphologischer Überblick	17
2.4	Bodenkundliche Verhältnisse	18
2.5	Klimatische Verhältnisse	20
2.6	Hydrographische Verhältnisse	22
2.7	Vegetation	22
3	Konzeption und Methodik	23
3.1	Vorgehensweise	23
3.2	Die vorhandene Datenbasis	23
3.3	Datenerhebung und Dateneingabe	25
3.4	Datenanalysen	27
4	Vorhandene Abtragserscheinungen im Arbeitsgebiet Jenner	27
4.1	Die Grundlagenkarten	27
4.1.1	Realnutzungstypen (Karte 2)	27
4.1.2	Hangneigung (Karte 3)	27
4.1.3	Geologie (Karte 4)	32
4.1.4	Bodenkunde (Karte 5)	32
4.1.5	Hydrographie (Karte 6)	32
4.1.6	Wegenetz (Karte 7)	32
4.1.7	Vegetation (Karte 8)	32
4.2	Die Prozeßkarten	36
4.2.1	Geomorphologische Grundlagenkarte	36
4.2.1.1	Prozeßbereiche	36
4.2.1.2	Geomorphologische Einzelformen	37
4.2.1.3	Geomorphologische Prozesse	37
4.2.1.4	Abtragsformen	37
4.2.2	Karte der vorliegenden Massenabtragsformen	39
4.3	Beschreibung der rezenten Geomorphodynamik und der Massenabtragserscheinungen	41
4.3.1	Direkt anthropogen bedingte Abtragungsvorgänge	41
4.3.1.1	Abtragungsvorgänge durch den Sommertourismus	41
4.3.1.2	Abtragungsvorgänge durch den Wintersportbetrieb	44

4.3.1.2.1	Schadensart	44
4.3.1.2.2	Schadensumfang	45
4.3.2	Quasinatürliche Abtragungsvorgänge	47
4.3.2.1	Abtragungsvorgänge durch Nivation	47
4.3.2.1.1	Schnee- und Lawinenschurf	51
4.3.2.1.2	Schneedruck	54
4.3.2.1.3	Blattanbruchbildung	55
4.3.2.2	Abtragungsvorgänge durch die Almwirtschaft	59
4.3.2.2.1	Viehgangeln	63
4.3.2.2.2	Narbenversatz	64
4.3.2.2.3	Trittblaikien	64
4.3.3	Weitgehend natürliche Abtragungsvorgänge	66
4.3.3.1	Erosionsvorgänge durch fluviale Prozesse	68
4.3.3.1.1	Linearerrosion, Rinnenspülung	70
4.3.3.1.2	Seitenerosion	70
4.3.3.1.3	Tiefenerosion	71
4.3.3.2	Abtragungsvorgänge durch Rutschungen	71
4.3.3.2.1	Translationsrutschungen	71
4.3.3.2.2	Rotationsrutschungen	72
4.3.3.4	Abtragungsvorgänge durch Gravitation	73
4.3.3.4.1	Steinschlag	74
4.3.3.4.2	Felsstürze	75
4.4	Bewertung der Schäden	75
4.5	Die Entwicklung von Abtragungsschäden von 1953 bis heute	78
4.5.1	Monitoring der Blaikienbildungsprozesse	78
4.5.2	Luftbildinterpretation	79
5	Potentielle Abtragungsbereiche im Arbeitsgebiet Jenner	82
5.1	Betrachtung ausgewählter Einzelprozesse auf Untersuchungsflächen	83
5.1.1	Untersuchungsfläche I: Königstalalm SW-Hang	84
5.1.1.1	Prozesse/Schäden	84
5.1.1.2	Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse	85
5.1.1.3	Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche I	92
5.1.2	Untersuchungsfläche II: Königstalalm NW-Hang	93
5.1.2.1	Prozesse/Schäden	93
5.1.2.2	Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse	94
5.1.2.3	Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche II	98
5.1.3	Untersuchungsfläche III: Königstalalm SE-Hang	98
5.1.3.1	Prozesse/Schäden	98
5.1.3.2	Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse	100
5.1.3.3	Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche III	106
5.1.4	Untersuchungsfläche IV: Priesbergalm W-Hang	106
5.1.4.1	Prozesse/Schäden	106
5.1.4.2	Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse	107
5.1.4.3	Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche IV	112
5.1.5	Untersuchungsfläche V: Farrenleiten	113
5.1.5.1	Prozesse/Schäden	113
5.1.5.2	Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse	113
5.1.5.3	Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche V	119
5.2	Beschreibung der möglichen Einflußparameter	120
5.2.1	Trittschädigungen im Rahmen des Sommertourismus	120
5.2.2	Schnee- und Lawinenschurf	121

5.2.3	Blattanbruchbildung	126
5.2.4	Viehtritt	130
5.3	Ableitung von Gefährdungspotentialen gemäß der Einflußparameter	130
5.3.1	Abtragungsvorgänge im Rahmen des Sommertourismus	131
5.3.2	Schnee- und Lawinenschurf	131
5.3.3	Blattanbruchbildung	131
5.3.4	Viehtritt	132
5.4	Weitere Gefährdungspotentiale	132
5.4.1	Abtragungsvorgänge in fluvial geprägten Einzugsbereichen	133
5.4.3	Lawinensituation	133
5.5	Karte der potentiellen Massenabtragungsbereiche	133
6	Zusammenfassung	135
7	Ausblick	138
	Literaturverzeichnis	141
	Anhang	147

Vorwort

Massenverlagerungen im Hochgebirge sind bereits seit geraumer Zeit nicht nur für die Bewohner der Gebirge von besonderem Interesse. Allein für den Alpenraum gibt es zahlreiche Studien zu diesem Themenkomplex.

Mit zunehmender Bevölkerungsdichte in den Alpen und der Ausweitung der Siedlungsbereiche in natürliche Gefahrenzonen, stieg auch das Katastrophenpotential von natürlichen, d. h. zum Wesen eines jungen Hochgebirges gehörenden Prozessen. Solche Naturgefahren wie etwa Bergstürze sind mehrheitlich nicht auf Eingriffe des Menschen zurückzuführen, gefährden aber die Siedlungs- und Wirtschaftsräume des Menschen in hohem Maße. Vor allem im Verlauf des 20. Jahrhunderts ergab sich somit im Zuge des steigenden Siedlungsdruckes notwendigerweise Handlungs- und damit auch Forschungsbedarf im Hinblick auf Schutzmaßnahmen vor lebensbedrohenden Massenbewegungen.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte ist darüberhinaus eine Entwicklung in Gang gekommen, die nicht direkt Katastrophenereignisse zur Folge hat und auch keine Gefährdung für den Menschen und seine Einrichtungen beinhaltet, sondern alpenweit eher schleichend eine Zunahme von Bodenabtragsschäden mit sich bringt. Die Ursachen dieser Entwicklung stehen in direktem Zusammenhang mit dem Eingriff des Menschen in das natürliche Wirkungsgefüge und sind sowohl im einsetzenden Massentourismus, als auch in der Extensivierung vormals intensiver Berglandwirtschaft zu suchen.

Zweifellos trägt heute eine schnelle und umfangreiche wenn auch fachlich nicht immer unumstrittene Nachrichtenverbreitung an der zunehmenden Aufmerksamkeit einer breiten Öffentlichkeit für solche Vorgänge der Umweltzerstörung bei: Ozonloch, Waldsterben, Hochwasserkatastrophen und Müllproblematik sind in diesem Zusammenhang längst zu allgemeinen Themen geworden.

Insofern beginnt sich möglicherweise eine neue Form des Umweltbewußtseins abzuzeichnen. Dieses äußert sich vermehrt in Ansätzen, weniger nach Wachstum und Ausweitung des Konsums zu streben, sondern eher für Erhalt, Schutz und Schonung der Natur zu plädieren. Diese Entwicklung spiegelt sich zunehmend auch in Maßnahmen von Seiten des Gesetzgebers wider. Förderrichtlinien für ökologisch orientierte Forschungsprojekte und Subventionen für Landschaftsschutzmaßnahmen sind Beispiele hierfür.

Trotz dieses steigenden Umweltbewußtseins, liegt die Problematik oftmals in der Umsetzung der Erkenntnis in ein verändertes Verhalten. Die vielerorts beobachtbare Zunahme von Abtragsschäden deutet darauf hin, daß infolge der Handlungs- und Wirtschaftsweisen des Menschen die alpinen Ökosysteme immer weiter aus dem Gleichgewicht geraten. Da Hochgebirgsökosysteme labil und damit bereits gegenüber geringen Belastungen anfällig sind, wird in vielen Fällen ein hinreichender Schutz vor Schädigung ohne Einschränkungen und Verzicht liebgewordener Gewohnheiten nicht zu erreichen sein. Für den Alpenraum bedeutet dies, daß bei Bewohnern und vor allem Besuchern Eigenverantwortung für den Schutz und Erhalt der Natur sowie Kompromißbereitschaft bei der Nutzung in stärkerem Maß als bisher geweckt werden muß.

Mit der zunehmenden Destabilisierung sind nachhaltige Schäden verbunden, welche weitreichende Konsequenzen für den Alpenraum beinhalten. Die damit einhergehende Problematik gab den Anreiz dazu, im Rahmen dieser Arbeit die aktuelle Situation dieser Entwicklung am Beispiel eines Ausschnittes des Nationalparks Berchtesgaden aufzuzeigen.

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit gab Herr Prof. Dr. Norbert Stein. Ihm möchte ich an dieser Stelle für die Unterstützung, für die Kontaktaufnahme nach Berchtesgaden sowie für zahlreiche Hinweise, Diskussionen und Geländebegehungen in den vergangenen Jahren meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Auch Herrn Prof. Dr. Klaus Fischer, Augsburg, der sich zur Zweidurchsicht dieser Arbeit bereit erklärte, bin ich sehr zu Dank verpflichtet.

Sehr herzlich danken möchte ich weiterhin Herrn FD Dr. Hubert Zierl und Herrn Dr. Ewald Langenscheidt sowie Frau ROS Christl Wagner von der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden für die umfangreiche fachliche, organisatorische und vor allem finanzielle Unterstützung. Die Beratung, Betreuung und Bereitstellung der Einrichtungen in Berchtesgaden und der Ramsau waren mir von sehr großer Hilfe. An dieser Stelle gilt mein aufrichtiger Dank ferner Frau Elisabeth Sieger für die stets freundliche Aufnahme im Hause Am Forstamt 8 in der Ramsau.

Für fachliche Gespräche und die Verfügungstellung der Schnee-, Klima- und Almwirtschaftsdaten gilt mein Dank Herrn Dr. Rolf Rau, Herrn Dipl. Ing. Josef Seidenschwarz und Herrn ORR Diplom-Geogr. Hugo Vogt von der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden. Für die Informationen zur Lawinensituation und zur aktuellen Problematik der Almbewirtschaftung im Untersuchungsgebiet danke ich Herrn POK Hubert Heil, Grenzpolizei Berchtesgaden und Herrn Johann Brandner, Berchtesgaden.

Die Dokumentation der Luftbilder sowie die Auswertung dieser wurde nur möglich durch die freundliche Hilfe von Frau Ina Franke sowie Herrn Georg Sedlaczek vom Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt, in Form der reprotechnischen Aufbereitung der Luftbilder.

Hilfreiche Unterstützung wurde mir auch zuteil durch die Angestellten des Labors vom Institut für Physische Geographie der Universität Frankfurt. Für die Durchführung der bodenkundlichen Laboranalysen möchte ich mich hier sehr bedanken.

Die vorliegende Arbeit wäre aber in dieser Form nicht möglich gewesen, ohne die sehr umfangreiche und vor allem geduldige Arbeit der EDV-Abteilung der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden. Für die Digitalisierung der Geländedaten sowie für die Aufbereitung und Gestaltung des umfangreichen Kartenmaterials möchte ich Frau Daniela Kilian, Frau Hedi Kellner sowie dem Leiter der Abteilung Herrn RR Diplom Biol. Helmut Franz einen sehr herzlichen Dank aussprechen. In diesem Zusammenhang gilt mein Dank ebenso Herrn Kurt Wagner sowie Herrn Nikolaus Hasenknopf für die Unterstützung, Beratung und freundliche Mithilfe in Sachen Grafik- und Kartengestaltung und Drucklegung dieser Arbeit.

Eine besondere Freude ist es, mich bei Frau Lucia Freitag, Herrn Diplom-Geogr. Bernhard Johannes und Herrn Diplom-Geogr. Alexander Stahr zu bedanken. Frau Freitag gilt mein Dank für die Pflanzenbestimmungen auf den Untersuchungsflächen. Herr Johannes stand mir als Mitarbeiter vom Projekt für Bodenforschung, Berchtesgaden, über die Jahre hinweg stets mit fachlichen Diskussionen zur Seite und überließ mir freundlicherweise aktuelle Daten aus den Forschungsergebnissen des Projektes. Herr Stahr führt seinerseits eine wissenschaftliche Untersuchung zur Genese einer Bodenabtragsform in Berchtesgaden durch, so daß neben einiger gemeinsamer Geländebegehungen wiederholt ein fruchtbarer Gedankenaustausch möglich war.

Abschließend nehme ich die Gelegenheit wahr meinen Eltern für die Unterstützung und das Interesse an dieser Arbeit meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Frankfurt am Main, April 1994

Christian Dommermuth

Beschleunigte Massenabtragung im Jennergebiet

Ursachen und Auswirkungen beschleunigter Abtragungsvorgänge in Kulturlandschaftsbereichen der Alpen am Beispiel des Jennergebietes im Nationalpark Berchtesgaden

Christian Dommermuth

1 Einleitung

Über viele Jahrhunderte hinweg war die Bevölkerungsdichte und die Anzahl der Besucher in weiten Teilen der Alpen vergleichsweise gering. Mit der starken Zunahme des Siedlungsdrucks und des Fremdenverkehrs seit Beginn des 20. Jahrhunderts und insbesondere nach dem Zweiten Weltkrieg, hat sich diese Situation grundlegend verändert. Höhere Realeinkommen, vermehrte Freizeit, eine verbesserte Infrastruktur und hohe Mobilität führen zu einer immer intensiveren Nutzung sowohl der Tallagen als auch der höheren Regionen als Siedlungs- und Erholungsraum. Damit einher geht eine weitreichende Umgestaltung zahlreicher Landschaftsbereiche in den Alpen.

Dabei sind Großteile der Alpen seit Siedlungsbeginn bereits grundlegend durch das Wirken des Menschen umgestaltet worden. Im Zuge der Besiedlung hat der Mensch weite Teile der ursprünglichen Naturlandschaft sukzessive zu jener Kulturlandschaft geformt, die wir heute vorfinden. Das Vordringen bergbäuerlicher Aktivitäten in mittlere und höhere Lagen hatte umfangreiche Rodungsmaßnahmen zur Folge, welche zahlreiche Rodungsinseln im ursprünglich geschlossenen Naturwald schuf und gleichzeitig eine deutliche Depression der Waldgrenze mit sich brachte. Ein abwechslungsreiches, von einem kleinräumigen Wechsel der Lichtweideflächen mit Waldflächen geprägtes Landschaftsbild bestimmen seither den Charakter dieser geschaffenen Kulturlandschaft.

Der weitgehende Verlust des Waldes mit seiner natürlichen Schutzfunktion vor Abtragung und Massenbewegungen, machte eine Wirtschaftsweise notwendig, welche die Stabilität der künstlich geschaffenen Ökosysteme gewährleistete. Dies setzte aber zwangsläufig einen hohen Pflegeaufwand voraus, der von seiten der Alpenbewohner und -bewirtschafteter auch heute noch erbracht werden muß, um die Kulturlandschaft vor Abtragungsprozessen zu schützen und sie damit zu erhalten.

Dieser Pflegeaufwand ist gerade im Kulturlandschaftsraum der Alpen besonders notwendig, da er gegenüber den außeralpinen Bereichen einen entscheidenden Nachteil besitzt: Gewährleistet eine geschlossene Vegetationsdecke auf ackerbaulich genutzten Flächen im Mittelgebirge oder im Flachland einen hinreichenden Schutz vor Bodenabtragung, ist ein solcher Schutz im

Hochgebirge sogar bei völlig intakter Grasnarbe auf hängigen Lichtweideflächen nicht gegeben.

War der Mensch früher auf eine nachhaltige, den veränderten Umweltbedingungen der künstlich geschaffenen Ökosysteme angepaßte Bewirtschaftung angewiesen um den Erhalt und damit die Produktivität seines Lebensraumes sicherzustellen, so zeigt die heutige Situation ein völlig anderes Bild: Veränderte Wirtschaftsstrukturen und eine damit einhergehende unsichere ökonomische Situation der Berglandwirtschaft, bessere Verdienstmöglichkeiten in anderen Berufszweigen (im sekundären und tertiären Sektor), und hierbei in erster Linie in der florierenden Tourismusbranche, führen in den Bergregionen dazu, daß viele Bauern Tätigkeiten in außerlandwirtschaftlichen Zweigen nachgehen oder Landwirtschaft im Nebenerwerb betreiben. Die sich daraus ergebenden Veränderungen in der Almwirtschaft, der drastisch expandierende Fremdenverkehr mit ungehemmter touristischer Erschließung ganzer Regionen und nicht zuletzt auch neuartige Waldschäden leisten verstärkter Abtragung in weiten Teilen der Alpen deutlichen Vorschub.

Der Einfluß des Menschen auf das geomorphologische Prozeßgefüge in Form der bekannten Nutzungen und deren negative Auswirkungen auf das Ausmaß von Naturgefahren wie Lawinen- oder Murabgängen stehen bereits seit einiger Zeit durch eine umfassende Medienberichterstattung im Interesse der Öffentlichkeit. Weniger bekannt ist demgegenüber die deutliche Zunahme von Bodenschäden im direkten Zusammenhang mit einem Mangel an Pflegemaßnahmen auf ehemals oder heute noch almwirtschaftlich genutzten Hängen. Das Wissen um die hiermit verbundene Problematik ist jedoch nicht neu und bereits seit 1988 Gegenstand des Bayerischen Kulturlandschaftsprogrammes (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 1989), in dessen Rahmen Almpflegemaßnahmen honoriert werden.

Eine moderne und angepaßte Bewirtschaftungsweise erfordert aber eine umfassende Kenntnis der den alpinen Kulturlandschaftsökosystemen eigenen Regelmechanismen. Um einen genaueren Kenntnisstand über diese Regelmechanismen, vor allem aber über die aktuelle Intensität und Auswirkung anthropogener Einflüsse auf die Abtragungsprozesse im Hochgebirge zu erhalten, wurde 1988 vom Bundesministerium für Forschung und Technologie das Verbundprojekt „Bodenforschung im deutschen Alpenraum“ genehmigt.

- Mikrodimension: Untersuchungen auf Testflächenebenen (Meßparzellen) zur Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Abspülung und Nutzung.
- Mesodimension: Semiquantitative Untersuchungsebene thematischer Detailkartierungen, Probennahmen und Vermessungen. Extrapolation der Untersuchungsfächenerkenntnisse in die Makroebene.
- Makrodimension: Übergeordnete Arbeitsebene qualitativer Untersuchungen mit dem Ziel der Erfassung eines Gesamtschadensinventars der Untersuchungsgebiete (Kartierungen, Luftbildauswertungen) und Beobachtung der aktuellen Prozesse (Monitoring).

Einen Schwerpunkt der Untersuchungen der Teilprojektgruppe Berchtesgaden bilden die Arbeiten in der Mikrodimension (topologische Dimension), in dessen Rahmen im wesentlichen Abspülvorgänge nach Regenereignissen untersucht werden (FELIX & JOHANNES 1993: 2). Acht Meßparzellen künstlich oder natürlich abgegrenzte Einzugsgebiete definierter Größe sind seit 1990 in Betrieb. Mit Hilfe dieser Meßparzellen werden quantitative Aussagen über die Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß und Abtrag erreicht. Der Umfang der Abspülprozesse zeigt sich dabei deutlich abhängig von der jeweiligen Nutzung. Mittels der Ergebnisse des bisherigen Meßzeitraums kann dies belegt werden (siehe Abb. 10; NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN 1993: 66).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung steht die Betrachtung umfangreicherer Massentransporte und Massenselbstbewegungen auf der Meso- und Makroebene im Vordergrund. Als Massentransporte sind im Untersuchungsgebiet Berchtesgaden in erster Linie Abtragungsvorgänge in der Folge von Winter- und Sommertourismus, der Almwirtschaft, umfangreiche Nivationsprozesse sowie untergeordnet auch fluviale Erosionsprozesse in Zusammenhang mit dem Wildbachgeschehen von Bedeutung. Massenselbstbewegungen beschränken sich auf Rutschungsvorgänge, ebenfalls in Verbindung mit dem Wildbachgeschehen und auf die gravitativen Prozesse der Stürze (vgl. Abb. 1).

1.2 Zielsetzung

Die hohe Reliefenergie eines jungen Hochgebirges bedingt natürlicherweise Abtragungsvorgänge. Darüber hinaus führte und führt aber das Wirken des Menschen sowohl zu einer direkten Abtragung als auch, durch eine Beeinflussung des geomorphologischen Prozeßgefüges, zu einer Verstärkung bereits ablaufender Prozesse. Die Folge ist eine beschleunigte Abtragung, welche in erster Linie umfangreiche Bodenschädigungen bewirkt. Diese beschleunigte Abtragung ist charakteristischerweise eng gebunden an die Kulturlandschaftsbereiche der Alpen und steht im Vordergrund der vorliegenden Untersuchung. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen den Kenntnisstand beschleunig-

ter abtragungswirksamer Prozesse im Hochgebirge erweitern.

Die Vorgehensweise besteht zunächst darin, eine Bestandsaufnahme der abtragungswirksamen Einzelprozesse in einem ausgewählten Untersuchungsgebiet zu erreichen. Diese Einzelprozesse werden je nach Intensität der anthropogenen Einflußnahme unterteilt und die damit verbundenen Verstärkungseffekte auf die Prozeßabläufe sowie deren Auswirkungen aufgezeigt. Hieran angeschlossen ist eine Beschreibung des resultierenden Ausmaßes der Abtragungsschäden. Aufgrund umfassender Vorarbeiten über hochgebirgsspezifische Massenverlagerungen (z. B. LAATSCH & GROTTENTHALER 1972; BUNZA 1982) werden einige der erfaßten Abtragungsvorgänge nur kurz erläutert. Im Vordergrund der Betrachtung steht dann das Verteilungsmuster der Abtragungsprozesse sowie etwaige Besonderheiten ihrer Abläufe.

Nachfolgend soll eine Analyse der möglichen Einflußparameter für die erfaßten Einzelprozesse Aussagen über Ursachen und Ablauf der Vorgänge ermöglichen. Aus den Ergebnissen dieser Analyse sollen im weiteren Verlauf der Untersuchung die bisher nicht geschädigten, jedoch durch Abtragungsprozesse gefährdeten Bereiche bestimmt und abgegrenzt werden. Vor allem für dieses Untersuchungsvorhaben steht der Grad der anthropogenen Einflußnahme auf das rezente Abtragungsgeschehen im Vordergrund. Wie schon KARL & DANZ (1969: 2) feststellten, ist die Darstellung gefährdeter Gebiete durch beschleunigte Abtragung nur unter Berücksichtigung der menschlichen Wirtschaftsweise sinnvoll. Weitgehend natürliche, zum Wesen eines Hochgebirges gehörende Abtragungsvorgänge, wie die fluvialen und gravitativen Prozesse, werden hier nur zur Vervollständigung der Geomorphodynamik in dem ausgewählten Untersuchungsgebiet behandelt.

Im Zusammenhang mit einer solchen Betrachtungsweise können aus den Ergebnissen Richtlinien für die jeweiligen Nutzungen abgeleitet werden, die den Erhalt der Kulturlandschaften sichern sollen. Ein daraus zu entwickelnder Handlungsbedarf kann dann sowohl Sanierungsmaßnahmen vorhandener Schäden als auch Präventivmaßnahmen zum Schutze vor weiteren Abtragungsvorgängen umfassen.

Für das Vorhaben ist das Gebiet des Nationalparks Berchtesgaden gut geeignet. Hier sind gemäß der Richtlinien eines Nationalparks größere Landschaftsbereiche anzutreffen, die einen bestimmten Grad eines natürlichen, mittlerweile weitgehend sich selbst überlassenen Ökosystemtyps repräsentieren. Gleichzeitig zeigt aber gerade der Nationalpark Berchtesgaden eine engräumige Verzahnung solcher „natürlichen“ Landschaftsbereiche mit kulturlandschaftlich geprägten Bereichen infolge einer etwa tausendjährigen Almwirtschaftsgeschichte sowie einer bereits hundertjährigen Fremdenverkehrsgeschichte und den damit verbundenen anthropogenen Einflußnahmen.



Abb. 2: Das Untersuchungsgebiet Jenner (Blick vom Mooslahnerkopf aus westlicher Richtung).

Im Vordergrund der Königssee mit den steil aufragenden Seewänden und im Bildhintergrund die Gipfel Hoher Göll/Hohes Brett, Schneibstein und Fagstein (von links nach rechts). Deutlich erkennbar ist die für das Jennergebiet charakteristische kleinräumige Wald/Weide-Verteilung in 1200 bis 1800 m. ü. NN.

2 Das Arbeitsgebiet Jenner im Nationalpark Berchtesgaden

2.1 Naturräumlicher Überblick und Abgrenzung

Der Alpen- und Nationalpark Berchtesgaden liegt im äußersten Südosten Deutschlands und gehört zum Bereich des nördlichen Kalkalpin. Er ist unterteilt in den eigentlichen Nationalparkbereich und in ein Nationalpark-Vorfeld.

Das Untersuchungsgebiet ist überwiegend Teil des eigentlichen Nationalparks (siehe Karte 1). Eine Ausnahme bildet ein Ausschnitt nordwestlich des Jenner, der aufgrund einer dort erschlossenen Skipiste und einer für den Winter- und Sommertourismus in Betrieb befindlichen Seilbahn vom Nationalpark ausgenommen wurde. Eingerahmt wird das Gebiet um den Jenner als zentrale Erhebung (1874 m ü. NN) im Arbeitsgebiet vom Hohen Göllstock im Norden mit den Gipfeln Hoher Göll (2653 m ü. NN) und dem Hohen Brett (2331 m ü. NN), den Westhängen des Hagengebirges mit der deutsch-österreichischen Staatsgrenze, der Hoch-

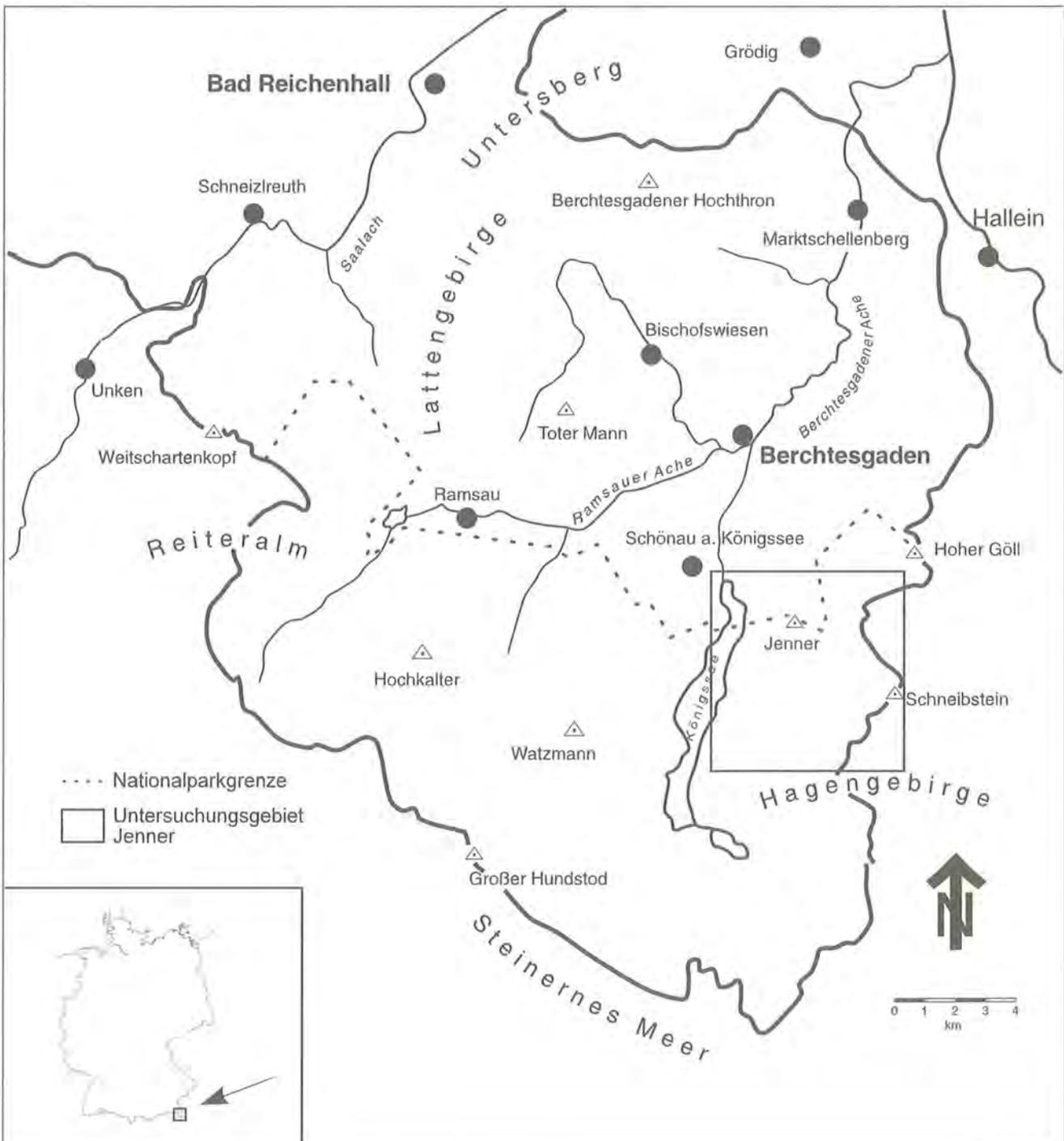
fläche der Gotzenalm im Süden und dem Königssee im Westen.

Als Abgrenzung des Arbeitsgebietes dient im Osten die Staatsgrenze und im Westen das Ostufer des Königssees. Die nördliche und südliche Grenze wurde willkürlich gewählt. Im Norden wird sie durch eine Linie Königssee-Dorf – Alpelköpfe und im Süden durch eine Linie Warteck – Seeleinsee markiert. Den höchsten topographischen Punkt bildet der Gipfel des Hohen Bretts mit 2331 m ü. NN, der tiefste befindet sich am Ausgang des Königssees an der Königsseer Ache mit etwa 580 m ü. NN. Der Königssee mit der Königsseer Ache ist gleichzeitig, aufgrund des einheitlich E-W abdachenden Jennergebietes, auch einziger Vorfluter der lokalen Einzugsgebiete des Weidbaches, des Königsbaches und des Kesselbaches. Das 3344 ha große Gebiet kennzeichnet eine Vielfalt geomorphologischer Erscheinungsformen und eine Vielzahl aktueller geomorphodynamischer Prozesse. Verantwortlich hierfür ist die hohe Reliefenergie des Gebietes, die im wesentlichen auf die besonderen geologisch-lithologischen und tektonischen Verhältnisse sowie auf eine starke glaziale Überprägung dieses Ausschnittes der nördlichen Kalkalpen im Pleistozän zurückzuführen ist.

2.2 Geologischer Überblick

Das nördliche Kalkalpin als großtektonische Einheit wird im Bereich des Nationalparkgebietes unterteilt in die Berchtesgadener, die Hallstätter und die Tirolische Einheit. Das Tirolikum gilt, ohne an dieser Stelle auf die Deckenüberschiebungstheorien eingehen zu wollen (siehe hierzu u. a. TOLLMANN 1973, 1976; ZANKL 1962; PLÖCHINGER 1955), als die tiefste tektonische Einheit der Berchtesgadener Alpen. Über diese wurden die Hallstätter oder tiefjuvavische Einheit und die Berchtesgadener oder hochjuvavische Decke im Rahmen der vorgosauischen Deckenüberschiebungen aufgeschoben.

Das Tirolikum nimmt den größten Teil des Arbeitsgebietes ein. Am Ausgang des Königssees beginnt der Bereich der Berchtesgadener und der Hallstätter Einheit, die der tirolischen Einheit im nordwestlichen Anschluß an das Untersuchungsgebietes auflagert. Die Gesteine des Tirolikums werden durch triassische Flachwassersedimente und jurassische Flachwasser- bis Tiefseesedimente bestimmt. Hauptgebirgsbildner ist dabei der Dachsteinkalk (Nor, Rhät), der alle Gipfel und weite Teile des Untersuchungsgebietes aufbaut. Von besonderer Bedeutung für die heutige Ausprägung der Landschaft sind die partiellen kleinflächigen Auf- und Einlagerungen jurassischer Gesteine. Ihr Wechsel mit den ausgedehnten Dachsteinkalkbereichen stellt



Karte 1: Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes.

eine Besonderheit am Hagengebirgswestrand dar, der sowohl das Landschaftsbild prägt, als auch für die Geomorphodynamik wichtige Konsequenzen beinhaltet.

Aus tektonischer Sicht gliedert eine WSW-ENE streichende Störungszone, die Torrener-Joch-Zone, das Jennergebiet in einen nördlichen Bereich mit Jenner und dem Hohen Brett und einen südlichen Bereich mit Fagstein, Rothspielscheibe und dem übrigen Hagengebirgswestrand. Die Torrener-Joch-Zone ist eine groß angelegte Störungszone in den nördlichen Kalkalpen, die in östlicher Richtung bis in das Tote Gebirge zu verfolgen ist und nach Westen im Eisgraben am Watzmannmassiv ihre Fortsetzung findet (vgl. ZANKL 1961; LANGENSCHIEDT 1988: 24 f.). In dieser Störungszone treten lokal zahlreiche permisch-skythische bis untertriassische Gesteine teilweise nur sehr kleinflächig an die Oberfläche, die im weiteren Untersuchungsgebiet sonst nicht anstehen.

Weitere bedeutende Störungslinien, die ebenfalls zumeist in Form von Tiefenlinien des Reliefs nachgezeichnet sind und das Untersuchungsgebiet gliedern, sind die parallel zueinander verlaufenden Störungslinien des Königssees und des Landtales sowie senkrecht dazu die Linie Abwärtsgraben – Stiergraben.

Die stratigraphisch ältesten Schichten sind permisch-skythische Tonmergel und Gipstone des ausgelagerten Haselgebirges. Das Vorkommen dieser Gesteine ist sehr kleinräumig und ausschließlich an den Bereich der Torrener-Joch-Zone gebunden. Die darüber folgenden Werfener Schichten des Skyth, die ebenfalls im Zusammenhang mit der Torrener-Joch-Zone auftreten, besitzen dagegen eine größere flächenhafte Ausdehnung. Besonders im Gebiet um die Königsbergalm und den Königsberggrücken werden z. T. steilere Hangbereiche von glimmerreichen, mergeligen bis sandigen schieferigen Gesteinen und mergeligen Kalken gebildet. Diese sind hier vor allem im Zusammenhang mit Wegproblematik, Viehtrittschäden und Hanginstabilität von Bedeutung.

Ladinischer Ramsadolomit und karnisch-norischer Dolomit treten nordöstlich des Jennergipfels, am Brandkopf und an den Sillenköpfen in größerer Verbreitung an die Oberfläche. Diese massigen, selten gebankten, überwiegend weißen Gesteine sind in der Regel sehr stark zerklüftet. Die extreme Kleinklüftigkeit, besonders des Ramsadolomites aber teilweise auch des karnisch-norischen Dolomites, führt infolge der dadurch erhöhten Anfälligkeit für physikalische Verwitterungsvorgänge (Griesbildung) zu typischen Abtragsformen mit tiefen Rinnen- und Runsenbildungen.

Der in tieferen Partien nur undeutlich gebankte karnisch-norische Dolomit leitet in der Schichtfolge über zu den reinen Kalken des Dachsteinkalkes. Der Dachsteinkalk stellt das wichtigste formenbildende Gestein in den Berchtesgadener Alpen dar. Unterschieden werden zwei große Faziesgruppen: eine häufig sehr gut gebankte Lagunenfazies sowie eine massige Riff- und Riffschuttfazies. Ablagerungen der lagunären Kal-

ke mit einer Gesamtmächtigkeit von bis zu 1200 m bauen den Gebirgszug des Hagengebirges mit den Gipfeln Schneibstein, Reinersberg, Kahlersberg usw. auf. Der Göllstock mit den Gipfeln Hoher Göll, Hohes Brett und der vorgelagerte Jenner besteht hingegen aus Riff- und Riffschuttkalken. Beiden Faziesgruppen gemeinsam ist die Reinheit ihrer Kalkgesteine. Diese Reinheit ist Grundlage einer hohen Verkarstungsanfälligkeit, die in den als Hochebenen ausgebildeten Bereichen des Hagengebirges und des Göllstockes oberhalb von 1900 m ü. NN zu ausgedehnten Nacktkarstgebieten führte. Unterhalb von 1900 m ü. NN wird der nackte Karst in den Bereichen anstehenden Dachsteinkalkes vermehrt abgelöst von halbsilvanem und silvanem Karst.

Der Dachsteinkalk ist gleichzeitig der Hauptwandbildner im Untersuchungsgebiet. Beispiele für immer wieder unvermittelt aufragende Steilwände mit Höhen deutlich über 100 m sind die Rothspielscheibe, die Fagsteinwand, die Bärenwand, die Farrenleitenwand oder die Mooswand. Im Falle der Rothspielscheibe und des Fagsteins wurden diese Formen früher hauptsächlich als Stirn lokaler Ost-West Überschiebungen (LEBLING 1935: 23) angesehen. In neuerer Zeit werden sie allerdings vermehrt als Olistolithbildungen wie am Fagstein (LANGENSCHIEDT 1981: 119 – 131) interpretiert. Trotz der hohen Festigkeit des Dachsteinkalkes innerhalb der Gesteinsbänke, zeigt sich gerade im Falle der Mooswand, wo im November 1989 ein Felssturz in das Priesbergmoos abging, aufgrund der besonderen Lagerungsverhältnisse die latente Instabilität solcher Landschaftsbereiche.

Jurassische Gesteine besitzen insbesondere im Jennergebiet einige Verbreitung, sind dort aber ebenfalls in erster Linie nur in relativ geringen Mächtigkeiten als Erosionsrelikte auf dem Dachsteinkalk liegend anzutreffen. Dennoch zeichnen sich die Lias-, Dogger- und die nur noch vereinzelt auftretenden Malmfolgen durch eine rege Faziesdifferenzierung und große Mächtigkeitssunterschiede ihrer einzelnen Schichtglieder aus. Lias und Dogger sind repräsentiert durch einen häufigen Wechsel zumeist roter Kalkgesteine mit Kieselkalken und Mergelschichten. Das Hangende und damit zugleich das stratigraphisch jüngste Glied der triassisch-jurassischen Sedimentfolgen im Untersuchungsgebiet bilden sehr kieselsäurereiche Gesteine (Radiolarite) des Malm. Größere Verbreitung besitzen die jurassischen Gesteinsfolgen in der west- bis nördlichen Umrahmung des Jennerstockes, am Ruck, am Farrenleiten, auf den Roßfeldern und den Westhängen des Hohen Bretts sowie dem Büchsenkopf.

Aufgrund der lithologischen Ausprägungen der Juragesteine, mit relativ unreinen Kalken und dem zumeist hohen Tongehalt der mergeligen Gesteine unterliegen diese Schichten kaum der Verkarstung. Vielmehr sind die Gesteine meist tiefreichend verwittert und bilden so das schluff- und tonreiche Ausgangssubstrat für tiefgründige Böden. Da solche Standorte bevorzugt als Almbereiche in Nutzung genommen wurden – weshalb diese Gesteinsschichten als Almhorizonte bezeichnet

werden (RATHJENS 1982: 114) – ist auch das heutige Landschaftsbild mit einem Wechsel von Weide- und Waldflächen in Abhängigkeit von der Geologie deutlich erkennbar.

Den Jurassischen Gesteinsfolgen kommt jedoch nicht nur im Hinblick auf die Prägung des Landschaftsbildes besondere Bedeutung zu. Aufgrund der Lithologie der Jurasedimente bzw. der edaphischen Verhältnisse der aus ihnen hervorgegangenen Peda besitzen die Böden auf Juragesteinen eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Abtragungsprozessen. Beleg hierfür sind die umfangreichen Denudationsvorgänge (Blaikenbildungen) auf den Almweiden (siehe Kap. 4.3). Aus der bevorzugten almwirtschaftlichen Nutzung dieser Standorte und den damit zusammenhängenden Rodungsmaßnahmen ergibt sich somit eine Vernetzung abtragungsfördernder Einflußparameter mit besonderer Tragweite auf die Schadensentwicklungen in diesen Landschaftsbereichen, die sich bis heute auswirkt. Diese Zusammenhänge wurden auch in anderen Bereichen der Alpen beobachtet (z. B. von KARL 1961 54 ff.; 1983: 164; LAATSCH & GROTTENTHALER 1973: 46; SCHAUER 1975: 3; BLECHSCHMIDT 1989: 38 f.), weshalb auf die Juragesteine im Untersuchungsgebiet bzw. generell auf geomorphologisch weiche Gesteine (vgl. STOCKER 1985: 44, STINY 1931: 7) als geologischen Untergrund im Hinblick auf die rezente Geomorphodynamik erhöhtes Augenmerk gelegt werden muß.

Tertiärsedimente sind im Bereich des Untersuchungsgebietes nicht von Bedeutung. Quartäre Ablagerungen sind hingegen in Verbindung mit den glazial-periglazialen Formungsvorgängen im Verlaufe des Pleistozän von entscheidender landschaftsprägender Bedeutung. Sieht man einmal von kleineren Lokalvergletscherungen ab, so ist mit dem höchsten Stand des Königsseegletschers im Hochwürm in 1450 m ü. NN und der zugehörigen Eisrandlage eine auch heute noch beobachtbare Grenze der damaligen Ablagerungsbedingungen gegeben. Während oberhalb von 1450 m ü. NN zumeist periglaziale Hangschuttdecken die Hänge bekleiden, sind die unterhalb liegenden Bereiche immer stärker durch die Überlagerung von meistens würmeiszeitlichen Moränenablagerungen charakterisiert: z. B. in nordwestlicher und südwestlicher Umrahmung des Jenners, auf der Priesberg- und Gotzentalm und auf der Seeau- und Königstalalm (vgl. LANGENSCHIEDT 1981; SCHANG 1983; HAHN 1985).

2.3 Geomorphologischer Überblick

Der Hochgebirgscharakter des Jennergebietes ergibt sich durch eine maximale Höhendistanz von 1751 m bei einer Horizontalabstreckung von etwa 5 km. Das Gebiet fällt dabei jedoch nicht kontinuierlich vom Hagengebirgsrand nach Westen zum Königssee hin ab, sondern zeigt eine deutliche treppenartige Gliederung in zwei Stufen. Die Hagengebirgshochfläche mit den Gipfeln Schneibstein (2275 m ü. NN), Windschartenkopf (2210 m ü. NN), Hochseeleinkopf (2109 m ü. NN), Kah-

lersberg (2350 m ü. NN) und den vorgelagerten Reinersberg (2171 m ü. NN) und Fagstein (2164 m ü. NN), erreicht überwiegend Höhen größer 2000 m ü. NN. Hiervon ausgehend fällt das Gebiet steil zu einer nächst tiefer gelegenen Höhenlage ab, die sich überwiegend zwischen 1250 m und 1500 m ü. NN bewegt. Dazwischen sind noch kleinere Hochflächen eingeschaltet, die, wie der Farrenleiten, der Ruck oder die Roßfelder, Höhenlagen von etwa 1700 bis 1800 m ü. NN erreichen. In Form einer weiteren Steilstufe über 600 Höhenmeter relativ zu 400 m Horizontalabstreckung fällt das Gebiet zum Königsseewasserspiegel hin ab.

Zur Genese dieser Reliefverhältnisse werden schon seit geraumer Zeit Diskussionen geführt, die sich mit verschiedenen Verebnungsniveaus des Tertiärs auseinandersetzen. In jüngerer Zeit unterstützen die Untersuchungen von SCHNEIDER (1979: 25 – 29) und vor allem LANGENSCHIEDT (1986) die These verschieden alter und verschieden hoch gelegener Oberflächensysteme.

Unterbrochen wird dieses großräumige Muster durch die Torrener-Joch-Störungszone und den westlich vorgelagerten Jennergipfel (1874 m ü. NN). Die Torrener-Joch-Zone durchzieht als Grabenbruch in Form einer muldenförmigen Einsenkung (TOLLMANN 1968: 325) das Gebiet in WSW-ENE streichender Richtung. Der Jenner wird als Olistholithbildung ausgehend vom Göllstock angesehen (SCHANG 1983: 55).

Im Zusammenhang mit solchen synsedimentären Olistholithbildungen sind auch die im heutigen Landschaftsbild noch deutlich hervortretenden morphologischen Strukturen der Rothspielscheibe und des Fagsteins zu sehen (LANGENSCHIEDT 1981: 119 – 131). In Folge ihrer Entstehung in Form einer Olistholithbewegung prägt sowohl der Fagstein als auch die Rothspielscheibe eine Asymmetrie, die sich in flachgeneigten SE-Hängen und in steil bis senkrecht abfallenden NW-Wänden äußert.

Das heutige Landschaftsbild des Arbeitsgebietes ist weitgehend das Produkt einer starken glazialen Reliefüberprägung. Die Ausformung der Täler (als Trogtal oder Hängetal) verdeutlichen dies in anschaulicher Weise. Die Schurfleistung der Gletscher hatte eine deutliche Übertiefung für zumeist präglazial vorhandene, vielfach tektonisch vorbedingte Hohlformen zur Folge (SCHNEIDER 1979: 71; FISCHER 1984: 40). Beispiele hierfür sind die Torrener-Joch-Zone, der Stier- und Abwärtsgraben und insbesondere das Königsseetal, welches in seiner heute noch sichtbaren Form ein schönes Anschauungsobjekt eines typischen Trogtales bietet. Der Trogschluß in der Röth (im Süden bereits außerhalb des Arbeitsgebietes), die über 600 m steil abfallenden Seewände und die noch örtlich erkennbaren Trogschultern, sind ein beeindruckendes Zeugnis für die Schurfleistung des Königsseegletschers.

Oberhalb von 1450 m ü. NN (dem Höchststand des Königsseegletschers) sorgten Lokalvergletscherungen für eine glaziale Überformung und hinterließen einen vielerorts landschaftsbildprägenden, glazialen Formen-

schatz. Anschauliche Beispiele hierfür sind die zahlreichen Kare am Übergang zum Hagengebirge, vielfach gut erhaltene End- und Seitenmoränenwälle und kleinere Moore auf der Königstal- und Priesbergalm. Die Moore zeigen spätglaziale Rückzugsstadien der von SCHNEIDER (1979: 33) rekonstruierten lokalen Gletscherströme an, die im Arbeitsgebiet zu Zeiten des Hochwürm ein weitverzweigtes Eisstromnetz bildeten.

Die Dachsteinkalkmassive des Hagengebirges und des Hohen Gölls/Hohen Bretts markieren Bereiche hochalpinen Karstes. Ausgedehnte Flächen nackten Karstes mit weiten Karrenfeldern, zahlreichen Dolinen, Scherbenkarst, Karstgassen, Karstschloten und zugehörigen Höhlensystemen charakterisieren das Gebiet. Am westlichen Rand der Hagengebirgshochfläche wie auf dem Fagstein, der Rothspielscheibe und im Gebiet östlich der Mooswand aber auch auf der Hochfläche des Hohen Bretts gehen die Nacktkarstflächen allmählich in einen halbsilvanen Karst über, der sich durch eine zumeist nur geringe und fleckenhaft auftretende Bodendecke auszeichnet. Silvaner Karst trägt dagegen eine mächtigere Überdeckung von Verwitterungsmaterial. Er ist auf den unteren Roßfeldern und der Gotzenalm anzutreffen.

Gegenüber den Dachsteinkalkbereichen zeichnen sich die vornehmlich durch jurassische Gesteine aber auch durch glazigene Sedimente repräsentierten Bereiche in der Höhenlage von 1200 bis 1500 m ü. NN geomorphologisch durch geringe Verkarstung und mächtigere Bodenentwicklung aus. Die Landschaft erfährt infolge dieser Petrovarianz ein völlig anderes Gepräge mit weichen Geländeformen, Quellenreichtum sowie perennierenden Oberflächengewässern und besitzt annähernd Mittelgebirgscharakter. Die aktuelle Morphodynamik wird in diesen Bereichen nicht zuletzt aufgrund der anthropogenen Nutzung in Form von Weidewirtschaft und Bergtourismus überwiegend durch erosive bzw. denudative Prozesse bestimmt. Dementsprechend groß sind hier die Landschaftsschäden vor allem in Form von umfangreichen Blaikenbildungen.

2.4 Bodenkundliche Verhältnisse

Die Böden im Untersuchungsgebiet zeigen zum großen Teil eine starke lithomorphe Prägung. Die Palette der auftretenden Bodentypen reicht von Syrosemem über Rendzinen, Braunerden, Podsolen, Pseudogleyen und Gleyen bis hin zu Kolluvien und Moorböden.

Syroseme und Rendzinen sind vorrangig an die ausgedehnten Bereiche anstehender Dachsteinkalke und Dolomite als Ausgangsgesteine gebunden. Sie sind damit die verbreitetsten Böden im Untersuchungsgebiet. Der hohe Reinheitsgrad (etwa 3 – 15 % nichtcarbonatische Anteile) des Dachsteinkalkes läßt aufgrund geringerer Lösungsrückstände mächtigere Bodenentwicklungen nicht zu (FREYER 1988: 100). Tiefgründigere bzw. auch weiterentwickelte Böden sind somit auf Dachsteinkalk in der Regel auf allochtone Substrate (Kollu-

vium, Äolium) zurückzuführen (siehe hierzu auch SCHÖNHALS & POETSCH 1976: 135, 140 f.). Als Subtypen der Rendzinen sind mullartige Rendzinen und Mullrendzinen (in der submontanen bis montanen Stufe), Moderrendzinen, Protorendzinen und Pechrendzinen (subalpine und alpine Stufe) und Tangelrendzinen (vor allem in höheren Lagen auf stark verkarsteten Dachsteinkalken) vorherrschend (FREYER 1988: 100 – 125; vgl. auch FISCHER 1984: 25 f.). Die Tangelrendzinen zeichnen sich hierbei durch teilweise beträchtliche organische Auflagen aus, die mehrere Dezimeter Mächtigkeit erreichen.

Karbonatgesteine mit höheren Tonanteilen (vor allem der liassische rote Bankkalk) als Ausgangsgestein tragen örtlich Kalksteinbraunlehme (FREYER 1988: 132), welche allerdings aufgrund der geringen Verbreitung dieser Gesteine nur untergeordnete Bedeutung im Arbeitsgebiet besitzen.

Braunerdebildungen sind im Untersuchungsgebiet überwiegend gebunden an das Auftreten der jurassischen Gesteinsfolgen und deren Verwitterungsprodukte als geologischem Untergrund. Im Jennergebiet besitzen die Braunerden aufgrund ihrer günstigen Standortseigenschaften seit jeher besondere Bedeutung als Almböden. Demzufolge zeigt das Verteilungsmuster der Braunerden eine deutliche Übereinstimmung mit der Wald/Lichtweide-Verteilung im Untersuchungsgebiet. Als Almböden sind die Braunerden in zahlreichen Übergangsformen sowie in unterschiedlichen Mächtigkeiten anzutreffen. Je nach Reliefposition, Ausgangssubstrat und Nutzung reichen die Übergangsformen von pseudovergleyten Braunerden über podsolige Braunerden und kolluvial überdeckte Braunerden bis zu Pseudogley-, Podsol- und Kolluviumbraunerden.

Auf den überwiegend leicht verwitterbaren Gesteinen der Jurafolgen sind die Braunerden in der Regel tiefgründig ausgebildet und konnten in Hanglagen mit Mächtigkeiten bis zu 1,5 Metern beobachtet werden. Ursache hierfür ist die Ausbildung von häufig mehreren übereinandergelagerten Schuttdecken in diesen Hanglagen, in welchen die Braunerden in Form von Mehrschichtböden entwickelt sind. Mehrschichtige Böden auf Liasgesteinen wurden im Bereich der Vogelhüttenalm bereits 1981 von BOCHTER et al. (1981: 23) und HORN (1984: 3) beschrieben.

Mehr oder weniger intensiver Staunäseeinfluß ist vielfach an diesen Almböden festzustellen (vgl. BOCHTER et al. 1981: 8). Verantwortlich hierfür sind die Substrate der Böden und das hohe Wasserangebot durch die Niederschläge. Zudem leisten die besonderen Schichtungsverhältnisse und damit die vertikal inhomogenen Lagerungsverhältnisse der verbreitet ausgebildeten Mehrschichtböden auf den Weidehängen einer Staunäsetendenz gewissen Vorschub. Vor allem in höheren Lagen kann temporärer Wasserstau auf gefrorenem Untergrund im Frühjahr zur Entwicklung des alpinen Pseudogleys führen (vgl. POSCH 1977: 111; NESTROY 1984: 70; BURGER & FRANZ 1969: 253).

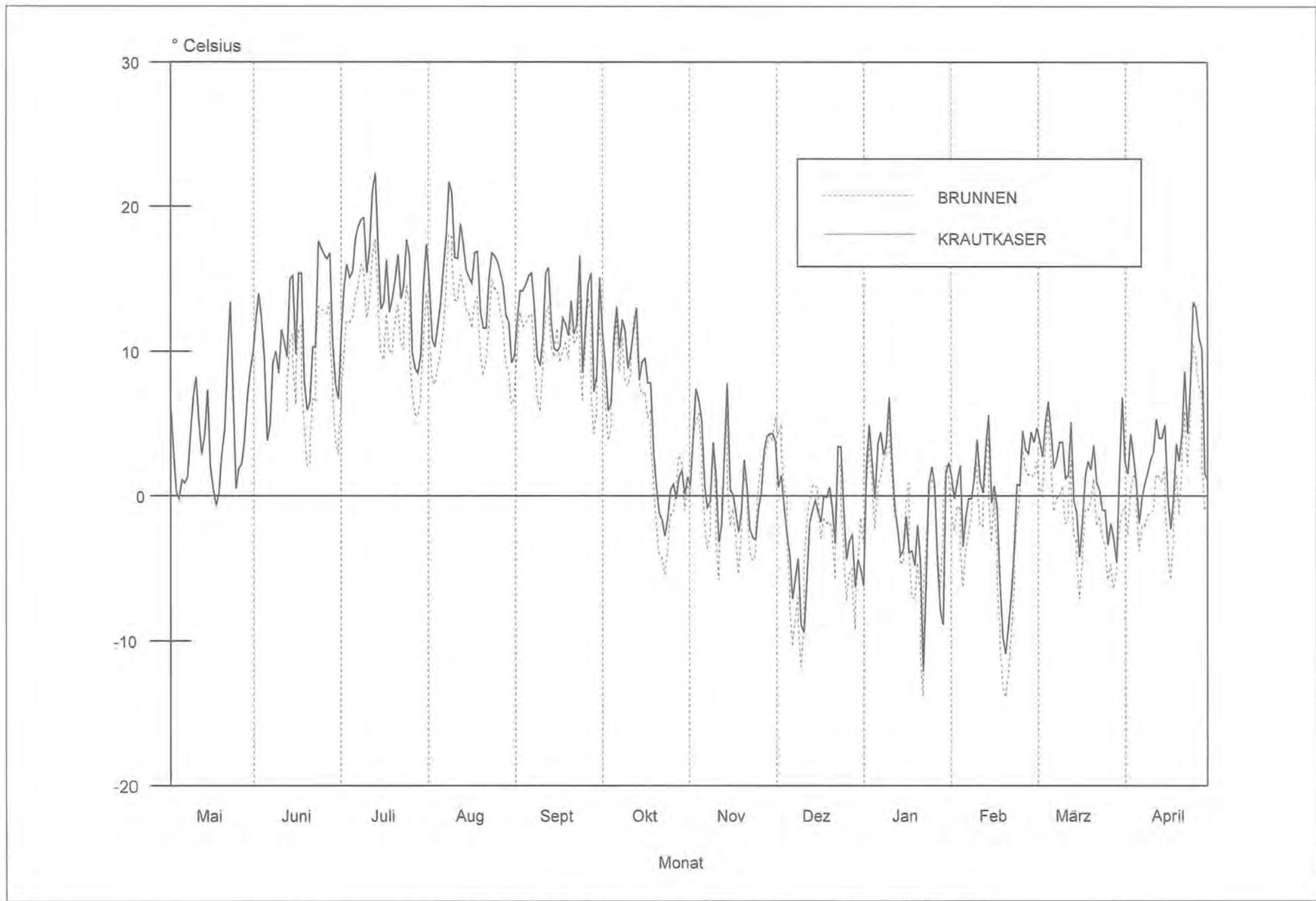


Abb. 3: Tagesmittelwerte der Temperatur an den Stationen Krautkaser (1136 m ü. NN) und Brunnen (1580 m ü. NN) jeweils vom 1. 5. 1991 bis 30. 4. 1992.

Tab. 1: Monats- und Jahresmittel der Temperatur in °C (Zeitraum von 1951–1970) (Quelle: NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN).

Station	Meereshöhe	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Berchtesgaden	542	-2,9	-1,7	2,0	7,1	11,1	14,8	16,2	15,3	12,8	7,5	2,7	-1,6	6,95

Tab. 2: Mittlere Monatssummen und Jahressumme des Niederschlags in mm (Zeitraum 1941–1988) (Quelle: NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN).

Station	Meereshöhe	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Engedey	592	119	95	104	112	142	187	211	192	119	93	108	119	601

Intensiv beweidete Standorte kennzeichnet infolge des stetigen Begangs durch die Weidetiere eine Verdichtung bis hin zu einer weitgehenden Zerknetung der oberen Bodenbereiche. Die hierdurch hervorgerufene Zerstörung des natürlichen Bodengefüges (Verringerung der luftführenden weiten Grobporen) führt zu Luftmangel in Verbindung mit einer mehr oder weniger starken Staunässentendenz. Derart beeinflusste Böden zeigen in der Regel einen Naßbleichungshorizont im Oberboden und werden allgemein als Weidepseudogleye bezeichnet (SCHNETZINGER 1972: 109; vgl. auch HORN 1985: 52 f.).

Podsole besitzen flächenmäßig nur eine untergeordnete Bedeutung. Zunehmend podsolige Dynamik zeigen die Böden vornehmlich in Höhenlagen oberhalb 1600 m ü. NN auf kieselsäurereichen Gesteinen (Kieselkalke und Radiolarite des Jura) wie am Ruck, auf dem Hohen Roßfeld oder auf dem Farrenleiten.

Grundwasserbeeinflusste, bachbegleitende Böden treten flächig kaum in Erscheinung, da durch die linienhafte Erosion der Wasserläufe zumeist kerbförmige Talformen ohne ausgeprägten Talboden entstanden sind. Dementsprechend sind Gleye häufiger nur in Form von Quellengleyen an Quellwasseraustritten entwickelt oder sind in Übergangsformen zu den Moorböden an die Ausbildung der kleineren Nieder- und Übergangsmoore (Priesberg- und Königstalmoos) im Arbeitsgebiet gebunden. Auf den Bereich dieser beiden lokalen Moorbildungen ist gleichzeitig das Auftreten der Moorböden beschränkt.

Da fast alle Böden auf geeigneten Standorten im Arbeitsgebiet einer mehr oder weniger starken Abtragung unterliegen, ist vielfach auch eine kolluviale Überdeckung der Böden zu beobachten. Neben der Bodenabspülung durch Niederschlagswasser sind es insbesondere die stärker denudativ wirkenden Prozesse wie Nivation, Trittbelastung und die Vorgänge im Zusammenhang mit dem Wintersportbetrieb, die zu verstärkten Umlagerungen und damit zur Kolluviumbildung führten und führen. Alle Unterhangbereiche steilerer Weidehänge (> 20°) zeichnen sich durch eine kolluviale Bedeckung aus, deren Mächtigkeit im Einzelfall bis zu 150 cm erreicht (vgl. Catenen der Untersuchungsflächen in Tafel 5 – 9). Jedoch sind vielerorts auch in Oberhanglagen kolluvial beeinflusste Böden anzutreffen. Daraus läßt sich schließen, daß in den stark

reliefierten Landschaftsbereichen des Untersuchungsgebietes aufgrund der hohen Morphodynamik praktisch alle Substrate ständigen Umlagerungen unterworfen sind (vgl. NESTROY 1984: 71).

2.5 Klimatische Verhältnisse

Hinsichtlich des Makroklimas liegt das Untersuchungsgebiet in einem Übergangsbereich von den Beckenlagen des Berchtesgadener und des Reichenhaller Beckens im Nordwesten und den Hochlagen des Hagengebirges und des Steinernen Meeres im Süden. Während die tieferen Regionen durch ausgesprochene Kessellagen ein weniger rauhes und eher ozeanisch geprägtes Klima auszeichnet, so zeigen die klimatischen Verhältnisse in den Hochlagen die Tendenz zu einer kontinentaleren Tönung. Die eigentliche Grenze zum überwiegend kontinental geprägten Klimaraum der Zentralalpen bildet aber erst das südlich des Steinernen Meeres verlaufende Längstal der Salzach.

Die Jahresdurchschnittstemperatur von Berchtesgaden (550 m ü. NN) beträgt 6,95 Grad Celsius (siehe Tab. 1). Die 0 Grad-Grenze liegt im langjährigen Mittel bei ca. 2200 m ü. NN. Für das Hohe Brett (2344 m ü. NN) lassen sich nach ENDERS (1979: 39) -0,7 Grad Celsius errechnen.

In morphologischer Hinsicht bedeutend sind in erster Linie die großen Tagesschwankungen der Temperatur. Mit zunehmender Höhe und kontinentaler Ausprägung des Klimas steigt auch die Zahl der Eis- und Frostwechsellage. Die häufigen Übergänge über den Gefrierpunkt (siehe Abb. 3) bedingen physikalische Verwitterungsvorgänge, die an den vielfach stark klüftigen Karbonatgesteinen Lockermaterialaufbereitungen zur Folge haben. Dieses Material unterliegt vorwiegend gravitativen und fluvialen Abtragsprozessen.

Bestimmend für die Niederschläge im Raum Berchtesgaden sind vorrangig die häufigen Nordstauwetterlagen der Nordalpen. Diese Staulagen bewirken sehr hohe Niederschlagsmengen, welche in den Tallagen um Berchtesgaden und Königssee Jahressummen von rund 1600 mm/Jahr sowie am Hagengebirgswestrund von etwa 2400 mm/Jahr (ENDERS 1979: 50) erreichen. Etwa die Hälfte dieser Niederschläge fällt vor allem in den Hochlagen als Schnee.

Die Verteilung der Niederschläge im Jahr (vgl. Abb. 4) zeigt in der Regel ein deutliches Maximum im Sommer mit Juli oder August als niederschlagsreichstem Monat (vgl. auch FISCHER 1984: 20 f.). Mit etwas abweichenden Niederschlagsgängen im Vergleich zum langjährigen Mittel der Station Engedey (592 m ü. NN) zeigen auch die Monatssummen der Station Krautkaser (1136 m ü. NN) im Jahr 1991 einen Maximalwert im Juli. Die maximale Tagessumme des Niederschlags im Kartierzeitraum wurde am 31. Juli 1991 mit 83,4 mm registriert (FELIX & JOHANNES 1993: 40).

Abtragungsvorgänge sind dabei vor allem an intensive Niederschlagsereignisse gebunden. Mit ihrer großen potentiellen Abspülungsleistung gelten insbesondere die gebirgstypischen sommerlichen Starkregenereignisse als ein wichtiger Faktor der aktuellen Geomorphodynamik.

Mit zunehmender Meereshöhe steigt auch der Anteil der Niederschläge in fester Form im Verhältnis am Gesamtniederschlag. Einher geht damit eine größere Zahl an Schneedeckentagen. Wie sich im Rahmen vorliegender Untersuchung zeigte, bewirkt eine starke Schneedynamik besonders auf den höher gelegenen Almen oberhalb von 1500 m ü. NN und dort vor allem im Steilrelief in Form von nivalem Massenschurf sehr hohe Abtragungsleistungen. Das hieraus resultierende Schadensausmaß übersteigt das Ausmaß der Abspülungsschäden um ein Vielfaches.

Zur Erfassung und Beschreibung abtragungswirksamer schneedynamischer Prozesse sind umfangreiche schneehydrologische Untersuchungen sowie Schneebewegungsmessungen notwendig, die im Rahmen der

vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt werden konnten. Dies gilt vor allem hinsichtlich einer Abgrenzung durch eine erhöhte Schneedynamik gefährdeter Bereiche. Für eine Einschätzung der winterlichen Schnee-verhältnisse im Jennergebiet konnten allerdings Daten genutzt werden, die im Rahmen eines vom Nationalpark Berchtesgaden durchgeführten schneehydrologischen Projektes in der östlichen Umrahmung des Jenners aufgenommen wurden (siehe Abb. 13 und 14; RAU 1992, 1993a).

Die Ergebnisse der Untersuchungen von RAU (1992, 1993a) weisen für die Vergleichswinter 1990/91 und 1991/92 deutliche Unterschiede hinsichtlich der Schneedeckensituation (Zahl der Schneedeckentage, Schneehöhen, Wasseräquivalente) auf. Im Winter 1990/91 wurden 94 Schneedeckentage am Jenner und bis zu 126 Tage im Königsbachtal registriert. Charakteristisch für diesen Winter ist ein niederschlagsbedingter plateauartiger Verlauf von Schneehöhe und Wasseräquivalent ohne ausgeprägte Extremwerte. Die Schneehöhen bzw. Wasseräquivalente erreichen ihr Maximum Mitte Dezember bis Mitte Januar mit Beträgen von 80 cm bzw. 250 mm. Ende April bis Mitte Mai baut sich nach weitgehender Ausaperung Ende März bis Mitte April erneut eine Schneedecke auf, so daß die Schneedeckentage 1990/91 aus zwei Schneeperioden besteht.

Im Winter 1991/92 liegt oberhalb von 800 m ü. NN ab Mitte Dezember bis Mitte April, dem Beginn der Hauptschneesmelze, eine geschlossene, lediglich Anfang März für wenige Tage durchbrochene Schneedecke. Auf der Königsbergalm (1550 m ü. NN) werden 220 Schneedeckentage gezählt. Gegenüber dem Vor-

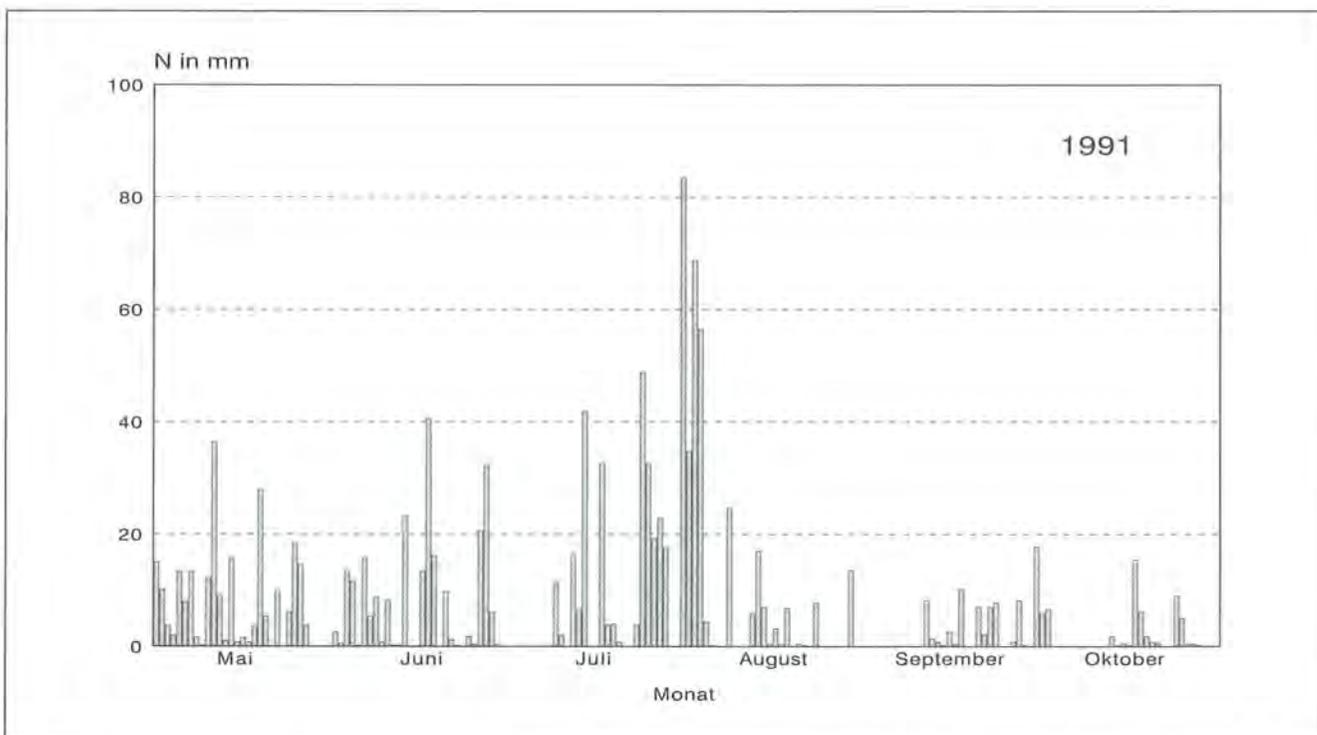


Abb. 4: Tagessummen des Niederschlags an der Station Krautkaser am Jenner (1136 m ü. NN) im Zeitraum vom 1. 5. bis 31. 10. 1991 (Quelle: FELIX & JOHANNES 1993: 41).

winter wird der Winterverlauf 1991/92 zudem gekennzeichnet von einem ständigen Wechsel von Akkumulation und Ablation mit einem Maximum von 200 cm Schneehöhe in 1500 m ü. NN und Wasseräquivalenten von bis zu 600 mm. Damit liegen auch die Werte für Schneehöhe und Wasseräquivalent deutlich höher als die, die im Vorwinter und im Folgewinter beobachtet werden konnten (siehe Kap. 4.3.2.1).

Diese winterlichen Bedingungen hatten vor allem im Frühjahr 1992 eine starke Schneebewegungstätigkeit zur Folge. Somit kann der Winter 1991/92 als „Gleitschneewinter“ betrachtet werden, welcher für eine erhöhte Bodenabtragung von entscheidender Bedeutung war (vgl. AMMER et al. 1986).

2.6 Hydrographische Verhältnisse

Die Oberflächenentwässerung wird durch den Kessel-/Abwärtsgrabenbach, den Königsbach, den Weidbach und untergeordnet den Pletzgrabenbach bestimmt. Von großer Bedeutung ist allerdings auch die subterrane Entwässerung über ausgedehnte Karstwassersysteme. Da in bezug auf die Karstentwässerung noch weitgehende Unkenntnis herrscht und diese gleichzeitig für die oberflächlichen Erosions- und Abtragungsvorgänge ohne Bedeutung ist, wird auf die Karsthydrologie und ihr Wasserhaushalt im folgenden nicht weiter eingegangen.

Die Oberflächenentwässerung der genannten Wildbäche erfolgt vollständig nach Westen zum gemeinsamen Vorfluter, dem Königssee bzw. der Königsseer Ache. Analog zur geomorphologischen Gliederung des Untersuchungsgebietes zeigt sich auch in den Längsverläufen vor allem des Königs- und Kesselbaches eine deutliche Treppung. Während sich die Oberläufe dieser beiden Wildbäche weitgehend kerbförmig eingeschnitten haben, durchfließen sie in ihren Mittelläufen (auf der Königsbach- und Gotzentalm) deutlich flachere Abschnitte, um dann in Form von tiefen Klammbildungen und zahlreichen, mehrere Meter hohen Wasserfällen das Niveau des Königssees zu erreichen.

Eine Ausnahme bildet der Weidbach, der in seinem gesamten Verlauf mehr oder weniger tief kerbförmig eingeschnitten ist und lediglich auf der Höhe der Forststraße eine große Gefällsstufe aufweist. Gleichzeitig ist der Weidbach, der in die Königsseer Ache mündet und das Dorf Königssee durchfließt, gegenüber dem Königs- und Kesselbach in seinem Unterlauf mit zahlreichen Verbauungen versehen.

2.7 Vegetation

Die Vegetation zeigt überwiegend eine klimaabhängige Höhenzonierung, läßt aber gleichzeitig eine Verteilung erkennen, die eng mit dem beschriebenen stufenartigen Makrorelief korreliert (vgl. Kap. 3.3). Ursache hierfür ist der starke anthropogene Einfluß, welcher im

Zuge der Rodungen für die almwirtschaftliche Nutzung zu einer vorwiegend relief- und gesteinsabhängigen Schutzwald/Lichtweidefläche-Verteilung geführt hat.

Die Steilhänge zum Königssee tragen relativ naturnahe Wälder der kollinen Stufe mit Buche, Ahorn und Esche, die oberhalb von 800 m ü. NN allmählich in Fichten-, Buchen- und Tannenwälder der montanen Stufe übergehen. Zwischen 1100 und 1300 m ü. NN liegen die untersten Almbereiche mit den heute noch bewirtschafteten Büchsen-, Gotzental-, Wasserfall-, Königsbach-, Strub-, Vogelhütten- und Krautkaseralmen. Zwischen den Weideflächen dieser Almen, die vorrangig von Kammgrasweiden (*Alchemillo-Cynosuretum*) beherrscht sind, erstrecken sich ausgedehnte forstwirtschaftlich genutzte Wälder mit Fichtenreinbeständen.

Den Übergang zu einer weiteren, höhergelegenen Almregion oberhalb von 1600 m ü. NN bilden fast vollständig bewaldete Steilhänge der montanen bis subalpinen Stufe mit Fichten, Ahorn und Lärchenbeständen. Unterbrochen wird dieses Muster lediglich durch die weitläufigen Weideflächen der unteren Priesbergalm (1460 m ü. NN) mit farnreichen Borstgrasrasengesellschaften (*Nardetum alpinum*) und der Mitterkaseralm (1530 m ü. NN) nördlich des Jenners, mit zumeist kurzrasigen Blaugrashalden (*Seslerio-Caricetum sempervirentis*).

Die oberen Almen Königstal-, Königsberg- und obere Priesbergalm (ehemalige Roßfeldalm) sowie die aufgelassenen Hochleger „Am Ruck“ und „Farrenleiten“ liegen in der subalpinen Stufe bereits teilweise über der Waldgrenze, die im Arbeitsgebiet anthropogen bedingt etwa in einer Höhe von 1700 m ü. NN verläuft. Borstgrasrasen, Blaugras-Horstseggenrasen (*Seslerio-Semperviretum*), Rostseggenrasen (*Caricetum ferrugineae*) und Milchkrautweiden (*Poo-Prunellatum*) bestimmen die Weideflächen dieser Almen. Im Falle des Ruck und des Farrenleiten gehen die Rasengesellschaften infolge abnehmender bzw. völlig aufgegebener Beweidung und begünstigt durch sehr saure Böden auf den dort anstehenden Radiolariten immer mehr in dichte Strauchgesellschaften mit Rauschbeere und Heidelbeere (*Vaccinium uliginosum*-Gesellschaft) über. Sehr große mit Heidelbeere bestandene Flächen können auf dem ENE-Hang des Farrenleiten beobachtet werden. Die charakteristischen Baumarten der bewaldeten Standorte sind Fichte und Lärche, die in diesen Höhenlagen stellenweise mit größerflächigen Latschengebüschen wechseln.

Oberhalb von 1800 m ü. NN ist die Zone der natürlichen Kalkmagerrasen erreicht, die bereits zu den Bereichen des nackten Karstes überleitet.

Zur Vervollständigung sind noch zahlreiche Alpenampfervorkommen zu erwähnen, die häufig in unmittelbarer Umgebung der Almkaser auf allen genannten Almen als Lägerfluren (*Rumicetum alpini*) ausgebildet sind sowie zwei Braunseggenumpfgesellschaften (*Caricetum fuscae*) im Bereich des Königstal- und Priesbergmooses (vgl. NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN 1993: 22; SPRINGER & SPATZ 1985: 69 ff.; KNOTT 1988: 36)

3 Konzeption und Methodik

3.1 Vorgehensweise

Die Konzeption der Untersuchung sieht eine zweigeteilte Vorgehensweise vor (siehe Abb. 5). Einen Schwerpunkt bildet die Bestandsaufnahme der rezenten Geomorphodynamik, welche eine Erfassung und Beschreibung der in einem ausgewählten Untersuchungsgebiet ablaufenden abtragungswirksamen Einzelprozesse beinhaltet. Wesentliche Richtlinie ist hierbei die Einordnung der einzelnen Prozesse nach dem Grad der anthropogenen Einflußnahme auf die aktuelle Prozeßdynamik. Im Anschluß hieran wird eine aktuelle Bestandsaufnahme der aus diesen Massenbewegungen resultierenden Abtragschäden erarbeitet. Mit Hilfe von Bewertungsschemata werden die so erfaßten Abtragsformen hinsichtlich der jeweiligen Schadensintensität beurteilt, in Schadensklassen überführt und in einer Karte dargestellt. Ziel dieses Arbeitsganges ist die Erstellung einer Karte der vorliegenden Massenabtragsformen, die eine aktuelle Zusammenschau der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Schäden durch Abtragsprozesse beinhaltet.

Die Entwicklung von Abtragsschäden wird anhand von Luftbildinterpretationen dargestellt. Hierzu stehen fünf Schwarz/Weiß-Luftbilder aus den Jahren 1953 bis 1988 sowie ein Infrarot-Luftbild von 1990 zur Verfügung. Zur Beobachtung der aktuellen Entwicklung dienen Meßkameraaufnahmen, die jährlich angefertigt werden und etwaige Veränderungen der Schadensausmaße dokumentieren.

Der zweite Schwerpunkt beinhaltet das Ziel einer Abgrenzung von potentiellen Massenabtragungsbereichen, d. h. der in Zukunft möglicherweise von Abtragsprozessen betroffenen Bereiche. Für dieses Vorhaben sind umfangreiche Detailuntersuchungen notwendig. Ausgehend von Grundlagendaten zu Topographie, Geologie, Böden, Vegetation, Nutzung, hydrographische Verhältnisse und der Wegenetzanlage, wird für die Einzelprozesse auf ausgewählten Untersuchungsflächen jeweils eine Analyse der Einflußfaktoren durchgeführt. Diese Analyse umfaßt eine Aufnahme und Erhebung aller relevanten Daten (Reliefparameter, Bodeneigenschaften usw.) an bereits vorliegenden Abtragsformen und die Ermittlung der signifikanten Faktoren. Anhand der Ergebnisse können Bereiche bestimmt werden, die aufgrund vergleichbarer landschaftsstruktureller Ausstattungen als gefährdet angesehen werden können.

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden vollständig in einem Geoinformationssystem weiterverarbeitet und in Form von Karten ausgegeben. Die in dieser Arbeit enthaltenen Karten unterteilen sich in Grundlagen- und Prozeßkarten sowie die Detailkarten der Untersuchungsflächen. Die Grundlagenkarten stützen sich vorwiegend auf bereits vorhandene Daten. Sie beinhalten im wesentlichen die Darstellung der natur- bzw. kulturräumlichen Ausstattungen des Untersuchungsge-

Tab. 3: Kartenübersicht

Grundlagenkarten	Prozeßkarten	Detailkarten der Untersuchungsflächen
Realnutzungstypen	Geomorphologische Grundlagenkarte	Untersuchungsfläche I + II
Hangneigungen	Vorliegende Massenabtragsformen	Untersuchungsfläche III
Geologie	Schadenskarte	Untersuchungsfläche IV
Böden	Potentielle Massenabtragungsbereiche	Untersuchungsfläche V
Hydrographie		
Wegenetz		
Vegetation		

bietes. Demgegenüber repräsentieren die Prozeßkarten die aktuelle Geomorphodynamik im Jennergebiet.

Das Grundgerüst aller Kartierarbeiten und kartographischen Darstellungen dieser Untersuchung bilden die Photogrammetrischen Höhenschichtkarten des Bayerischen Landesvermessungsamtes im Maßstab 1:10.000 (Blatt 8443 Königssee NO, SO; Blatt 8444 Hoher Göll NW, SW), welche vollständig in digitalisierter Form im Geoinformationssystem der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden verfügbar sind. Je nach Darstellung wurden diese Kartengrundlagen verkleinert bzw. vergrößert.

3.2 Die vorhandene Datenbasis

Um die rezente Geomorphodynamik im Arbeitsgebiet in ihrem komplexen Ursache-Wirkungsgefüge darstellen zu können, wurde das Geoinformationssystem (GIS) „ARC INFO“ zu Hilfe genommen. Dieses GIS ist gerade im Nationalpark ein leistungsfähiges Hilfsmittel für die Bearbeitung raumbezogener Daten, da ein Großteil der Grundlagendaten bereits in digitaler Form vorliegen. Zudem müssen für die Analyse der Abtragsformen und des verantwortlichen Prozeßinventars, insbesondere im Hinblick auf eine Abschätzung von potentiell gefährdeten Abtragungsbereichen, große Datenmengen verarbeitet und ausgewertet werden. Das GIS kann hierzu eine große Hilfestellung sein, da im „ARC INFO“ eine Fülle von Funktionen zur Datenbankverwaltung (z. B. Selektionen oder Verknüpfungen) und Datenanalyse zur Verfügung stehen (MANI & GERBER 1992: 99 ff.).

Die Datengrundlage des GIS bilden die Basisgeometrien der Hangneigungen, der Höhenstufen, der Expositionen und der Realnutzungstypen. Zu Klassen zusammengefaßt, stehen diese Daten jeweils als Polygone für Analysen zur Verfügung und können somit auch einzeln ausgegeben werden. Ergänzt werden die flächenbezogenen Daten durch Linearstrukturen wie We-

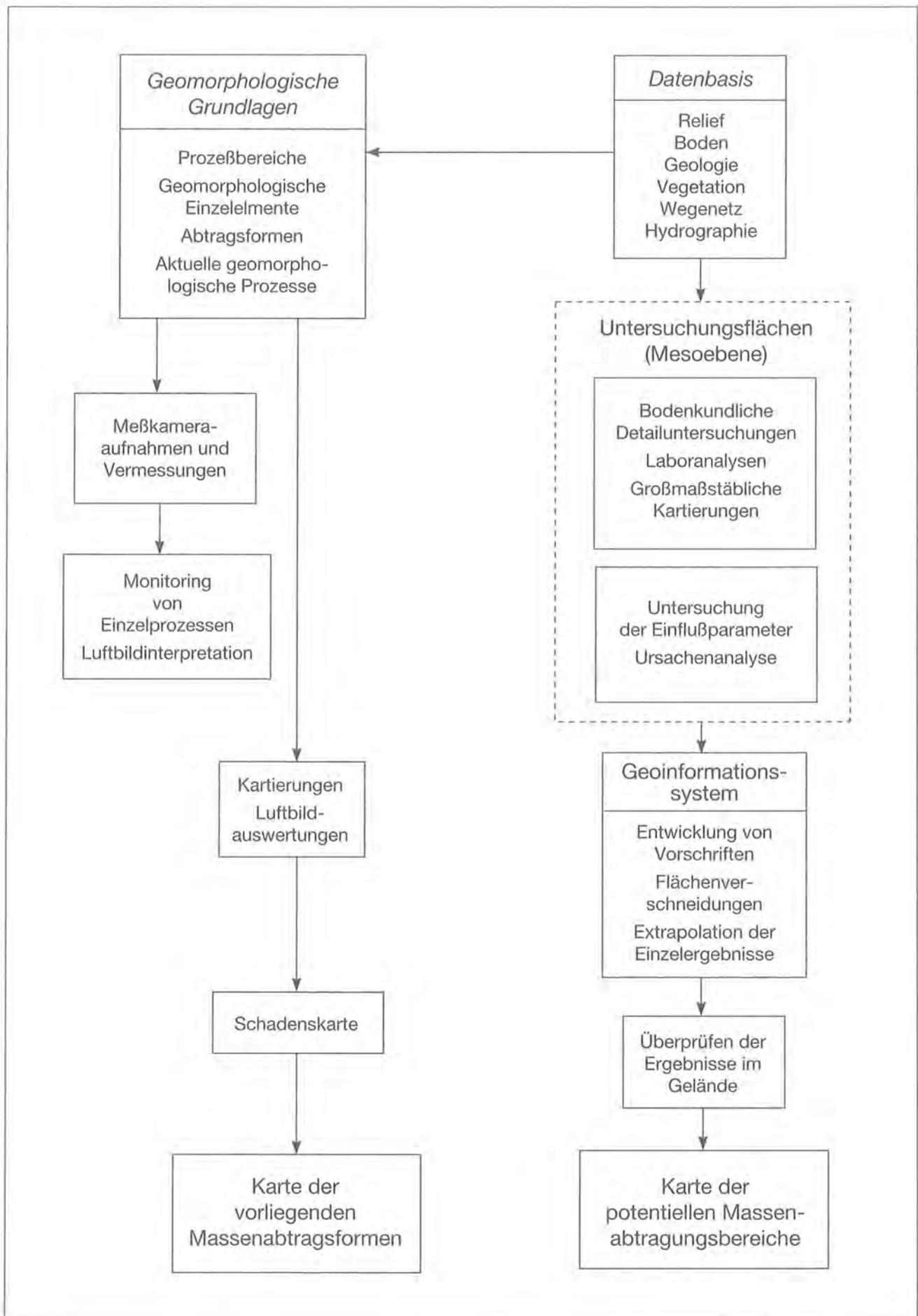


Abb. 5: Konzeption der Untersuchung und Vorgehensweise bei den Arbeiten zur Erfassung der vorliegenden Massenabtragsformen und zur Abgrenzung potentieller Massenabtragungsbereiche im Untersuchungsgebiet Jenner.

Tab. 4: Datenaufnahme und Datenquellen.

	Gelände Detailkartierung Maßstab ca. 1:2000 bis 1:5000	Gelände Übersichtskartierung Maßstab 1:10.000	Orthofoto- auswertung	Karteninter- pretation bzw. -entnahme	Befragung Ortskundiger
Untersuchungsflächen (Relief-, Boden-, Vegetations- verhältnisse)	X				
Hydrographie bzw. bach- begleitende geomorphologische Einzelelemente		X			
Wegeklassifizierung		X	X	X	
Geom. Einzelelemente		X	X		
Prozeßbereiche			X	X	
Aktuelle Prozesse		X			
Abtragsformen		X	X		
Schadenskartierung		X			
Lawinensituation				X	X

genetz und Gewässernetz. Die Überlagerung (Verschneidung) dieser Basisgeometrien bildet eine integrierte Karte der „Kleinsten Gemeinsamen Geometrien“ (KGG), welche die Grundlage für alle flächenbezogenen Auswertungen darstellt (SPANDAU & SIUDA 1985: 36 – 68).

Über diese Basisgeometrien hinaus sind für das Arbeitsgebiet aus früheren Arbeiten flächendeckend u.a. die Geologie, die Vegetation und im Rahmen einer forstlichen Standortkartierung auch ein Teil der bodenkundlichen Parameter erfaßt.

3.3 Datenerhebung und Dateneingabe

Das Untersuchungsvorhaben machte über die vorgegebene Datenbasis hinaus umfangreiche Datenaufnahmen notwendig. Die hierfür durchgeführten Arbeiten sind Tab. 4 zu entnehmen.

Im Hinblick auf die Konzeption der vorliegenden Untersuchung wurden auch die Geländearbeiten in mehreren Arbeitsgängen durchgeführt. Einen Schwerpunkt bildeten hierbei die Arbeiten auf den Untersuchungsflächen. Um ein möglichst konkretes Bild der abtragssteuernden Parameter der Einzelprozesse zu erhalten, wurden die ausgewählten Flächen sehr kleinräumig abgegrenzt (Untersuchungsfläche I und II etwa 7 ha, III und IV etwa 2,5 ha, V etwa 5 ha) und detailliert bearbeitet. Dies gilt in erster Linie für die Aufnahme der Boden- und Reliefverhältnisse. Aufgrund der hohen Morphodynamik auf den Untersuchungsflächen in Form von umfangreichen Umlagerungsprozessen und den

damit verbundenen sehr heterogenen Bodenverhältnissen, wurde für die Erfassung der Bodenverhältnisse im Falle der Untersuchungsflächen I, III und IV ein Aufnahmernetz von 12,5 m x 10 Höhenmeter an bodenkundlichen Aufnahmepunkten jeweils in Form von kombinierten Quer- und Längsprofilen (Catenen) gelegt. Für die Untersuchungsfläche II und V genügte, aufgrund der vergleichsweise homogenen Verhältnisse, ein Bohrabstand von 25 m x 20 Höhenmeter. Das Ziel einer möglichst genauen Aufnahme der oberen Bodenbereiche (mit Durchwurzelungsintensitäten), welche mit einer einfachen Bohrung nicht erreicht werden konnte, machte bei jeder Profilaufnahme das Ausheben einer 20 bis 40 Zentimeter mächtigen Bodenscholle erforderlich, an deren Basis die Bohrung (Pürckhauer – 1 m Bohrstab) niedergebracht wurde.

An weitgehend allen Abtragsformen wurden darüberhinaus jeweils an den Abrißkanten Schürfgruben angelegt, um die bodenkundlichen Verhältnisse der einzelnen Schadensstandorte zu erhalten. Gemeinsam mit den feldbodenkundlichen Profilsprachen wurden an diesen Standorten Angaben zur Reliefsituation (Hangneigung, Hangform, Rauigkeit, Lage der Abtragsform im Hang), Exposition und Höhenlage sowie zur Morphographie (Ausdehnung und Ausbildung der Abtragsformen) aufgenommen. Jeweils zwischen vier und sechs bis auf das Anstehende aufgegrabene Profilgruben pro Untersuchungsfläche dienten als Leitprofile für weitere Bodenansprachen. Diesen Profilgruben wurden auch die Bodenproben für die bodenphysikalischen und bodenchemischen Analysen entnommen (siehe Bodenprofilbeschreibungen in Kap. 5.1.1 bis 5.1.5). Profil 1 und 2 wurden dabei in Zusammenarbeit

mit A. STAHR aufgenommen, der auf dem SW-Hang der Königstalalm seinerseits eine bodenkundliche Untersuchung durchführt (A. STAHR 1994).

Alle feldbodenkundlichen Aufnahmen der Horizontmächtigkeiten und -merkmale mit Hilfe des Pürckhauer-Bohrstocks wie auch die bodenkundliche Ansprache an den aufgegrabenen Profilwänden und die horizontweise Entnahme der Bodenproben erfolgten gemäß den Richtlinien der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODENKUNDE 1982). Lediglich bei der Ansprache der auf den Almhängen verbreitet auftretenden Kolluvien wurde die Verwendung des Bodentyps „Kolluvium“ und des zugehörigen Bodenhorizontes „M“ auch auf Bodensubstrate ausgeweitet, die entweder auf eine gravitative Umlagerung oder auch auf eine Verlagerung durch Massenschurf zurückgehen (vgl. AG BODENKUNDE 1982: 231).

Die Bestimmung der Bodenfarben wurde mittels der MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1990) anhand feuchter Proben direkt im Gelände durchgeführt. Nach Lufttrocknung entnommener Mischproben wurden mit Hilfe eines 2-mm-Siebes durch Trockensiebung die Grobbodenanteile bestimmt. Zur weiteren Untersuchung des Feinbodens im Labor kamen folgende Analysemethoden zur Anwendung:

- Korngrößenbestimmung (nach Dispergierung und z.T. Humuszerstörung) durch Naßsiegung der Sandfraktion nach DIN-Vorschrift 19683, Teil 1; Bestimmung der Kornfraktion < 63 µm mit der Pipettmethode von Köhn nach DIN-Vorschrift 19683, Teil 2 (1973).
- Bestimmung des pH-Wertes durch elektrometrische Messung in 0,1 N KCL mit einer Glaselektrode am Digitalmultimeter DIGI 610 E (WTW), nach DIN-Vorschrift 19684, Teil 1 (1977).
- Bestimmung der organischen Substanz durch nasse Veraschung mit H₂SO₄ nach der Methode RIEHM & ULRICH (1974), Messung der Farbintensität mit Spektralphotometer.

Schwierigkeiten ergaben sich von Beginn an bei Bodenprobenentnahmen mit Hilfe von Stechzylindern. Verantwortlich hierfür ist der im gesamten Untersuchungsgebiet vielfach bereits oberflächennah hohe Skelettgehalt der Böden, der eine Entnahme von Stechzylinderproben zur Bestimmung der Lagerungsdichten der Böden mit hinreichender Genauigkeit nahezu unmöglich macht. Deshalb wurde für alle Probenentnahmen das sogenannte Volumenersatzverfahren angewendet (HARTGE & HORN 1989: 50). Hierfür erwies sich Wasser als Volumenersatz geeignet (Flüssigkeitsverfahren nach SIEDEK et al. 1982: 118 f.), da in einer Testphase jeweils drei Parallelproben pro Horizont genommen wurden und die Abweichungen in den Ergebnissen unerheblich blieben. Die Ermittlung der Dichtewerte der humosen Oberbodenhorizonte war mit Hilfe dieser Methode aufgrund zu geringer Mächtigkeiten der Ah-Horizonte allerdings nicht möglich. Somit

wurde die Bestimmung der Dichtewerte auf die Substrate unmittelbar ober- und unterhalb der geologischen Schichtgrenzen beschränkt.

Bei der vegetationskundlichen Charakterisierung der Untersuchungsflächen stand weniger die floristische Artenzusammensetzung der Rasengesellschaften im Vordergrund der Betrachtung als vielmehr die morphologische Ausbildung der Rasen und deren Einfluß auf das Abtragungsgeschehen. Demgemäß wurde auf eine senkrecht zum Hang und hangparallel durchzuführende Transektkartierung sowie auf die Aufnahme seltener vorkommender Arten, welche hinsichtlich anderer Gesichtspunkte interessant sind (z. B. Artenschutz, Sukzession), verzichtet. Je Untersuchungsfläche wurden mehrere repräsentative Teilbereiche ausgewählt, innerhalb derer eine Aufnahme der dominanten Arten mit Angabe zum jeweiligen Deckungsgrad erfolgte. Auf grundlegende Abweichungen z. B. infolge von Artenverschiebungen in anderen Hangbereichen wird gesondert hingewiesen (siehe Vegetationsaufnahmen mit Artenlisten in Kap. 5.1.1 bis 5.1.5).

Entsprechend der Kleinräumigkeit der Untersuchungsflächen werden die Ergebnisse dieser Aufnahmen großmaßstäbig (Maßstäbe etwa 1:2000 bis 1:5000) dargestellt (siehe Karten 12 bis 15).

Die Geländeübersichtskartierung wurde in einem Arbeitsgang durchgeführt und beinhaltete die Aufnahme eines Großteils der vorliegenden Abtragsformen (mit Schadensbewertung) und der damit verbundenen aktuellen Prozesse sowie die Klassifizierung der Wege im Arbeitsgebiet. Analog zu den Arbeiten auf den Untersuchungsflächen wurde im Rahmen der Übersichtskartierung an weiteren charakteristischen Abtragsformen Angaben zur Boden- und Reliefsituation gesammelt, welche gemeinsam mit den Daten der Untersuchungsflächen in einer Datenbank aufgenommen wurden und somit für statistische Betrachtungen zur Verfügung stehen.

In einem weiteren Arbeitsgang wurde eine vorwiegend prozeßorientierte Kartierung der Fließgewässer durchgeführt, welche sowohl eine Zusammenschau der aktuellen fluvialdynamischen Vorgänge umfaßte, als auch die Aufnahme der aus diesen resultierenden Abtragsformen. Die Ergebnisse dieser Fließgewässerkartierung bilden zum einen die Grundlage für die Karte zur Hydrographie (siehe Karte 6) und zum anderen die Basis für die Darstellung der fluvialen Prozesse und deren Auswirkungen in der geomorphologischen Grundlagentkarte (siehe Karte 9).

Entlang der Jennerskipiste wurden an ausgewählten Standorten bodenkundliche Querprofile jeweils senkrecht zur Piste aufgenommen um ein ungefähres Bild der Schadenssituation zu erhalten. Die Ergebnisse dieses Arbeitsganges sind in Tafel 1 dargestellt und bilden gleichzeitig die Grundlage für die Ausweisung der einzelnen Schadensbereiche in der Schadenskarte (siehe Karte 11).

Als wertvolles Hilfsmittel dienten Ortholuftbildpläne aus dem Jahre 1982, deren Bildausschnitte das gesamte Jennergebiet umfassen. Im Hinblick auf die Datenerhebung konnten diese Luftbildpläne in erster Linie für die Abgrenzung der übergeordneten Prozeßbereiche herangezogen werden. Darüberhinaus konnte mittels der Luftbildauswertung in Teilbereichen eine Lokalisierung der bereits 1982 vorliegenden im Luftbild erkennbaren Abtragsformen erreicht werden.

Als besonders hilfreich erwiesen sich die Luftbildpläne für die lagerichtige Übertragung sowohl der erhobenen Geländedaten als auch der im Luftbild enthaltenen Informationen auf vorbereitete Plots, die später die Digitalisierungsgrundlagen für die Dateneingabe in das GIS bildeten. Die weitgehende Entzerrung dieser Luftbildpläne und ihr Maßstab 1:10.000 ermöglichten ein direktes Auflegen der transparenten Plots gleichen Maßstabs und damit die lagerichtige Ein- bzw. Hochzeichnung der Geländedaten sowie der Luftbildinformationen.

Eine weitere Datenquelle bot vorhandenes Kartenmaterial sowohl topographischer als auch thematischer Karten. Zur Auswertung wurden zunächst die topographischen Karten im Maßstab 1:25.000 (TK 1:25.000, Blattschnitt Nationalpark Berchtesgaden) und die vergrößerten Karten 1:10.000 herangezogen. Eine aktuumorphologische Karte im Maßstab 1:10.000 (SCHNEIDER 1979) lieferte Anhaltspunkte über die geomorphologischen Verhältnisse. Der Kartenausschnitt deckt jedoch nur etwa 60 Prozent des Untersuchungsgebietes ab. Dies gilt auch für die geomorphologische Karte 1:25.000 des Blattes 8443 Königssee von FISCHER (1984), wobei deren Blattschnitt nur noch einen schmalen Streifen am östlichen Seeufer des Königssees beinhaltet. Für die Charakterisierung des Lawinengeschehens wurde das Blatt 8444 „Hoher Göll“ des Lawinenkatasters (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1991) ausgewertet. Da in dieser Karte jedoch nur Lawinenstriche erfaßt sind, die Gebäude, Wege oder ähnliche Anlagen gefährden, bot sich hier eine Befragung Ortskundiger an, welche mit dem Lawinengeschehen im Bereich des Nationalparks vertraut sind.

Alle aufgenommenen Daten wurden entweder als Flächen, Linien oder Einzelstrukturen digitalisiert und so für die Aufnahme in das GIS aufbereitet. Die Informationen können somit jederzeit einzeln abgerufen werden und stehen für Einzeldarstellungen oder Synthesen zur Verfügung.

3.4 Datenanalysen

Der wichtigste Nutzungsvorteil bei der Verwendung eines GIS besteht in der Möglichkeit, relativ schnell Synthesen aus einer Fülle von räumlichen Einzelinformationen zu erstellen. Dies wird ermöglicht durch Überlagerung verschiedener Informationsebenen (*coverages*) und gleichzeitiger logischer Verknüpfungen, wobei neben den geometrischen Informationen sämtliche zugehörigen Informationen aus der Datenbank in einem

neuen kombinierten Datensatz abgespeichert werden. Diese sog. Verschneidungen entsprechen auch dem Systemgedanken innerhalb eines Landschaftsmodells. Auf der Basis der Grundlagendaten in der Datenbank, den erhobenen Geländedaten und den ermittelten, für die Abtragungsprozesse relevanten Parameterkombinationen, können mittels derartiger Verschneidungen weitere potentiell mögliche Abtragungsbereiche extrapoliert und kartographisch dargestellt werden.

4 Vorhandene Abtragserscheinungen im Arbeitsgebiet Jenner

Für die Bestandsaufnahme bereits vorhandener Schäden durch Abtragungsprozesse ist eine mehrstufige Methodik vorgesehen, welche in Abb. 5 dargestellt ist. Als Datenbasis werden mit Hilfe des GIS ausgewählte, teilweise zielgerichtet modifizierte Grundlagenkarten erstellt, die sowohl topographische Basisinformationen mit den Neigungsverhältnissen, der hydrographischen Situation und dem Wegenetz als auch Thematiken wie Bodenkunde, Geologie und den Realnutzungstypen zum Inhalt haben. Zur Erfassung der rezenten Prozesse und deren Auswirkungen werden Prozeßkarten erstellt.

Die geomorphologische Grundlagenkarte bildet dabei das Grundgerüst und beinhaltet eine Charakterisierung der Prozeßbereiche im Arbeitsgebiet, die Darstellung der geomorphologischen Einzelformen und der gesondert bezeichneten Abtragsformen sowie die rezent ablaufenden geomorphologischen Prozesse. Aus der Analyse der geomorphologischen Grundlagenkarte und der Grundlagenkarten wird im weiteren Verlauf eine Karte der derzeit vorliegenden Massenabtragsformen erstellt, die flächenhaft die von den jeweiligen Prozessen betroffenen Bereiche ausweist.

Das Ausmaß der durch die Einzelprozesse verursachten Schäden wird mit Hilfe eines speziellen Bewertungsschemas charakterisiert und in einer Schadenskarte dokumentiert.

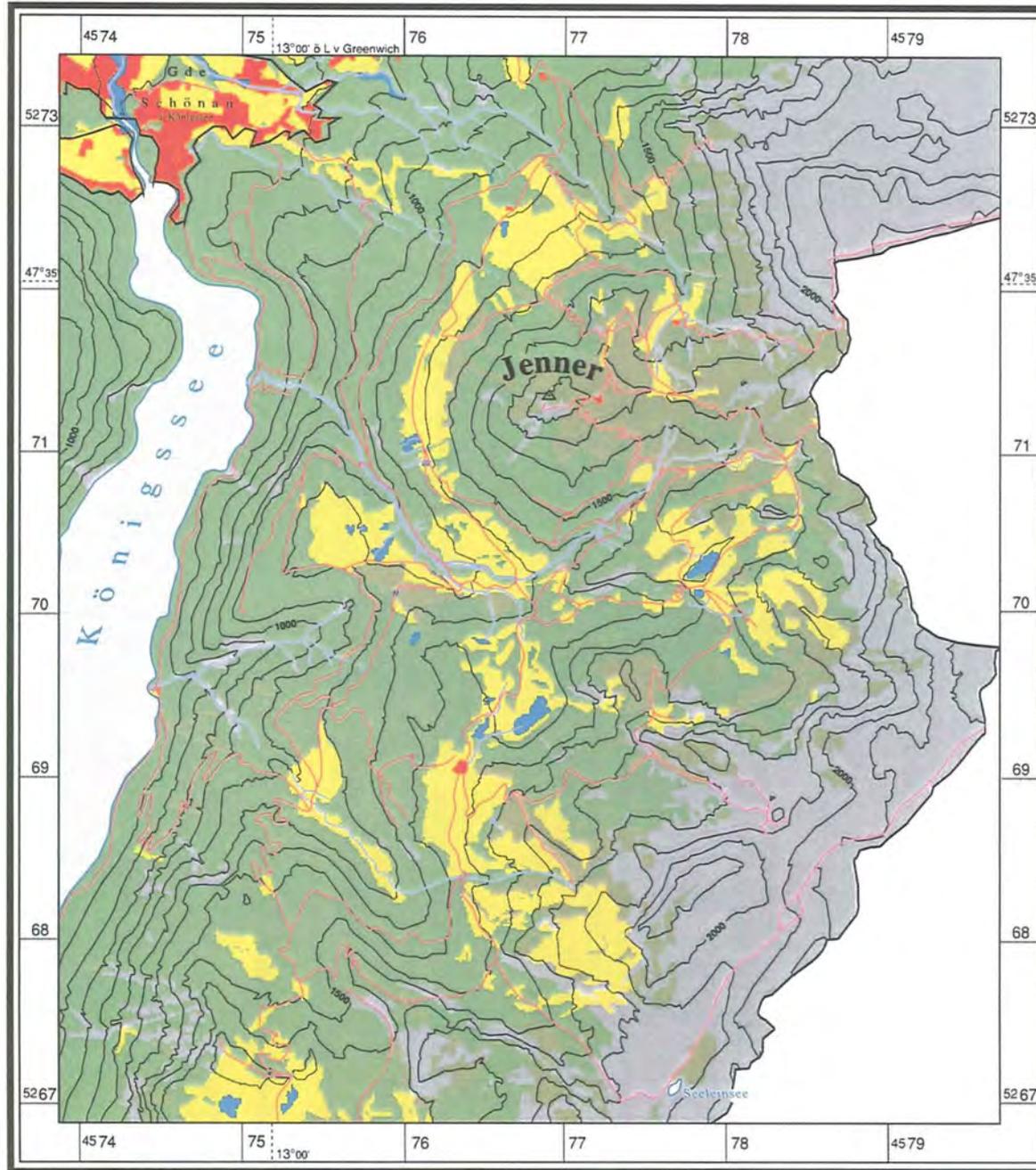
4.1 Die Grundlagenkarten

4.1.1 Realnutzungstypen (Karte 2)

Die Realnutzungstypen sind vollständig für das Arbeitsgebiet im GIS erfaßt. Sie geben einen groben Überblick über die unterschiedlichen naturräumlichen und kulturräumlichen Ausstattungen innerhalb des Arbeitsgebietes. Da die unterschiedlichen Realnutzungstypen zugleich meist auch ein unterschiedliches Prozeßinventar aufweisen, ist mit der Darstellung der Realnutzungstypen bereits früh ein ungefähres Verteilungsmuster der aktuellen Prozesse erkennbar.

4.1.2 Hangneigung (Karte 3)

Die Hangneigung stellt die bedeutende Größe der Georeliefmerkmale dar. Sie ist die zentrale Regelgröße aller geomorphologischen Prozeßabläufe. Aus diesem Grund



Karte 2: Realnutzungstypen

- Fels, Schnee
- Wald
- Naßstandorte
- Latschengebüsche,
Zwergstrauchheiden
- Weide, Wiese,
Anbau von
Kulturpflanzen
- Siedlung, sonst.
Verbauung

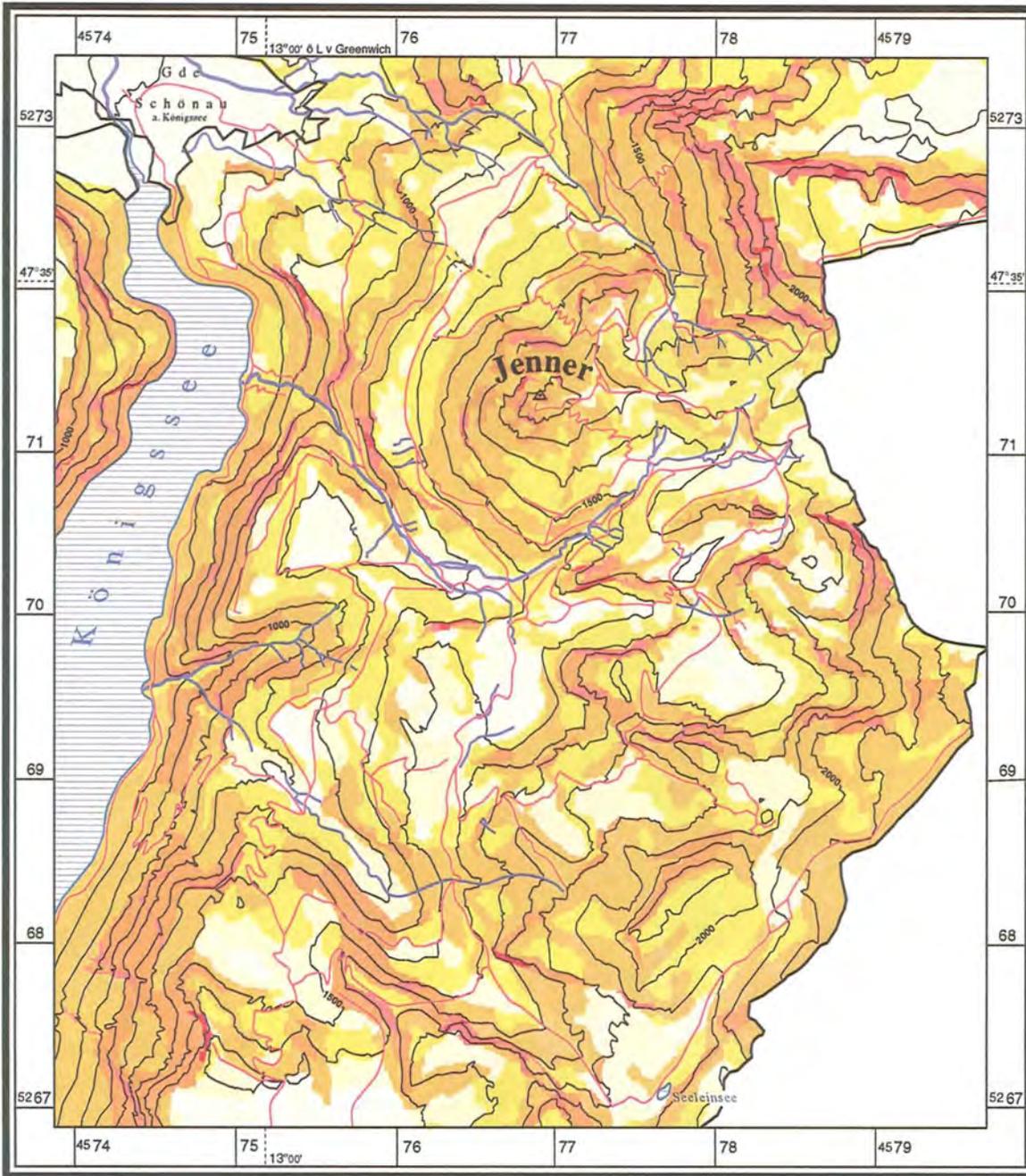
Fließgewässer

Wege

0 500 1000 1500 m

Quelle und Kartengrundlage:
GIS Nationalpark Berchtesgaden

Karte 3: Hangneigungen

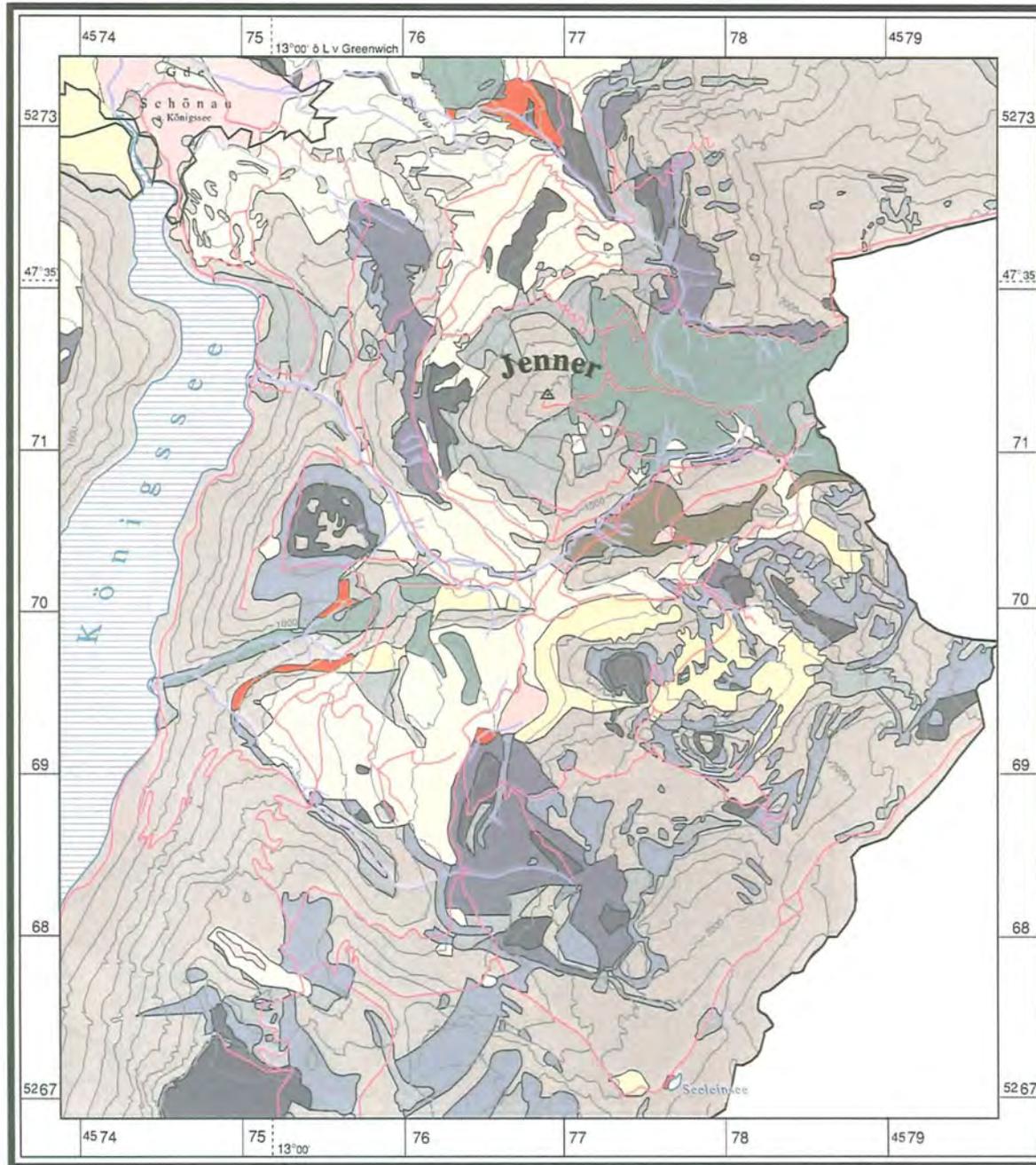


-  bis 10 Grad
-  > 10 - 20 Grad
-  > 20 - 30 Grad
-  > 30 - 40 Grad
-  > 40 - 50 Grad
-  > 50 - 60 Grad
-  mehr als 60 Grad

-  Fließgewässer
-  Wege



Quelle und Kartengrundlage:
GIS Nationalpark Berchtesgaden

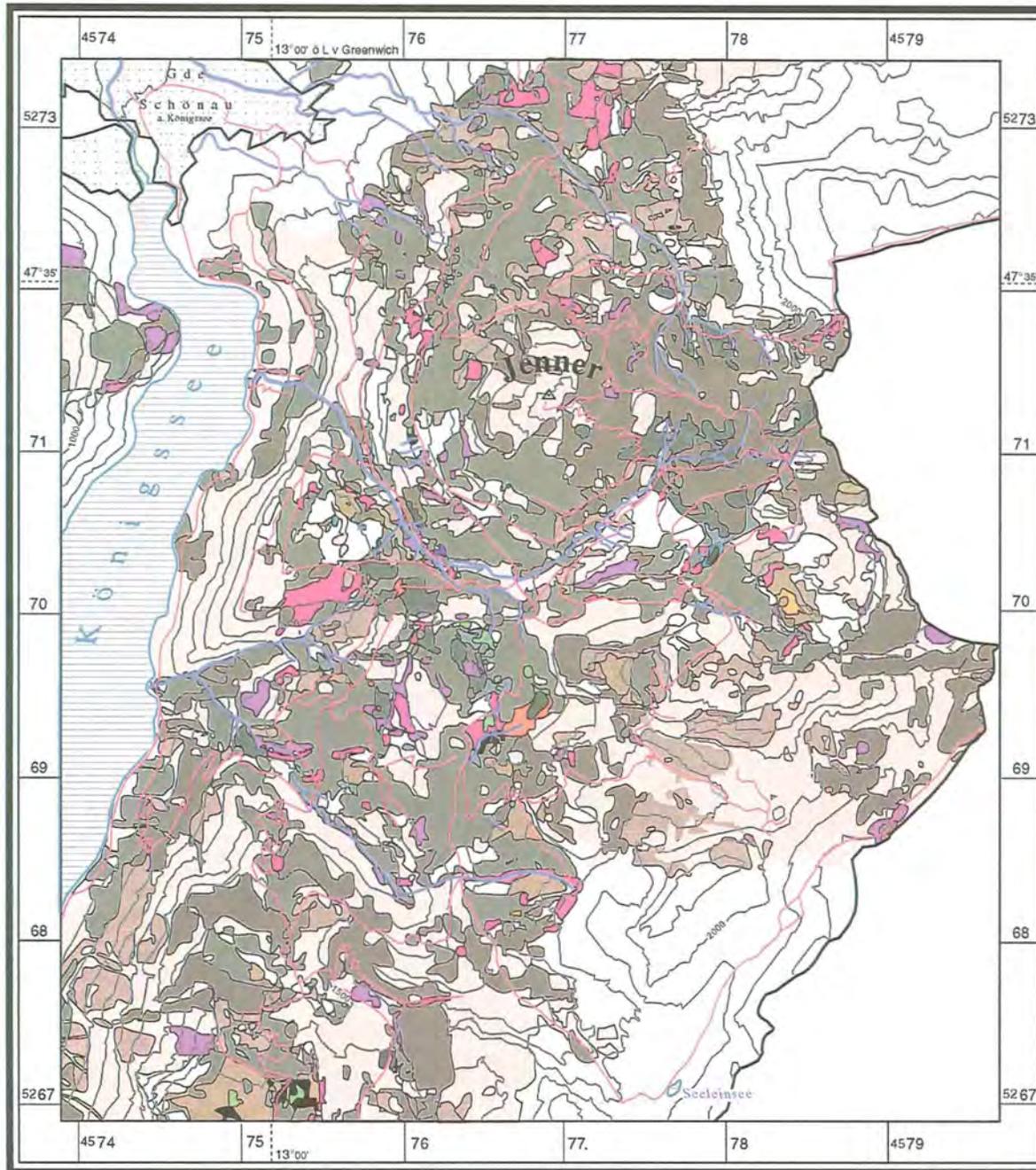


Karte 4: Geologie (Lithotypen)

- Talschotter, Moor, anmooriger Bereich
- Moräne
- Bergsturz, Blockschutt, Schuttkegel
- Hangschutt, Schuttstrom
- Radiolarit
- Fleckenmergel
- Rote Liaskalke
- Dachsteinkalk
- Ramsaudolomit
- Werfener Schichten
- Haselgebirge
- Fließgewässer
- Wege

0 500 1000 1500 m

Quelle und Kartengrundlage:
GIS Nationalpark Berchtesgaden



Karte 5: Böden

(nach Forstlicher Standortkartierung)

- | | | | |
|---|-----------------------|---|---|
|  | Syrosem |  | Pseudogley |
|  | Syrosem/Regorendzina |  | Hanggley |
|  | Regorendzina, verbr. |  | Hangpseudogley-Gley |
|  | Tangel-/Moderrendzina |  | Gley |
|  | Tangel-/Moderrendzina |  | Stagnogley |
|  | Rendzina/- braunerde |  | Humus-/Quellengley |
|  | Braunerde |  | Anmoorgley,
Niedermoor,
Flachniedermoor |
|  | Braunerde |  | Übergangsmoor |
|  | Podsolbraunerde |  | Kolluvium, Äolium |
|  | Braunerdepodsol |  | Kolluvium |
|  | Terra fusca/Braunerde | | |
|  | Pelosol/-pseudogley | | |

 Fließgewässer

 Wege



Quelle und Kartengrundlage:
GIS Nationalpark Berchtesgaden

kommen die Neigungsverhältnisse des Untersuchungsgebietes einzeln in Form einer Hangneigungskarte als Grundlagenkarte zur Darstellung. Die Hangneigungsverhältnisse werden dabei vom GIS bislang lediglich in 10 Grad-Klassen (0 – 10°; 10 – 20° usw.) bereitgehalten, so daß die Übernahme der Informationen in dieser Form ausreichen muß.

4.1.3 Geologie (Karte 4)

Die Geologie des Arbeitsgebietes ist ebenfalls flächendeckend im GIS erfaßt und wird in der Grundlagenkarte in Form aggregierter Lithotypen nach LANGENSCHIEDT & FISCHBACH (1988: 15 f.) übernommen. Der geologische Untergrund besitzt überwiegend nur indirekten Einfluß auf die rezente Geomorphodynamik und ist lediglich in bezug auf Rotationsrutschungen und gravitative Prozesse in Form von Felsstürzen und Steinschlag von direkter Bedeutung.

4.1.4 Bodenkunde (Karte 5)

Den Bodenverhältnissen kommt in der vorliegenden Untersuchung eine zentrale Bedeutung zu. Ein Großteil der aktuellen Prozesse laufen entweder innerhalb der Pedosphäre oder auf der Bodenoberfläche ab. Die unterschiedlichen Bodenverhältnisse sind dabei sowohl Einflußparameter für Art und Umfang der Einzelprozesse, als auch gleichzeitig Indiz für Art und Umfang der Prozeßintensität, da die Böden den ablaufenden Prozessen unterliegen und durch sie verändert werden. Aus diesem Grund wurden Angaben zu den bodenkundlichen Verhältnissen einmal in der Grundlagenkarte „Böden“ berücksichtigt und darüberhinaus im Rahmen der Arbeiten auf Untersuchungsflächenebene (siehe Kap. 5.1.1 bis 5.1.5) großmaßstäbig in Form von Detailkarten aufgenommen.

Als flächendeckende Bodenkartierung steht im Jennergebiet eine forstliche Standortkartierung zur Verfügung (FREYER 1988). Eine bodenkundliche Aufnahme nach der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODENKUNDE 1982) liegt noch nicht vor.

Die Legende der forstlichen Standortkartierung unterscheidet 96 Bodeneinheiten, differenziert nach Bodentyp, Ausgangssubstrat und Mächtigkeit. Für die vorliegende Untersuchung ist diese Unterteilung zu detailliert, so daß für die Übernahme der Bodeninformationen in eine Grundlagenkarte die Legende modifiziert wurde und die ursprünglichen 96 Bodeneinheiten zu 29 Bodeneinheiten zusammengefaßt sind (siehe Anlage).

Im Rahmen der geomorphologischen Übersichtskartierung wurden die Bodendaten der Standortkartierung punktuell überprüft und mit Hilfe von Labordaten einiger beprobter Leitprofile weiter konkretisiert.

4.1.5 Hydrographie (Karte 6)

Die hydrographische Karte als Grundlagenkarte zeigt Bereiche überwiegend linienhafter Erosionsvorgänge. Sie beinhaltet alle perennierenden Bachläufe im Arbeitsgebiet sowie auch einen Teil der nur periodisch bis

episodisch aktiven Fließgewässer. Die enge Verzahnung des linienhaften Erosionsgeschehens mit mehr denudativen Abtragungsvorgängen im Einflußbereich der Fließgewässer erschwert eine deutliche Abgrenzung der einzelnen Prozeßarten und ihren zugehörigen Formen. Aus diesem Grund sind in der hydrographischen Karte auch geomorphologische Einzelformen und morphodynamische Zusatzangaben enthalten.

Alle bedeutenden Fließgewässer sind im GIS als linienhafte Strukturen erfaßt und werden unverändert übernommen. Für eine Charakterisierung des Wildbachgeschehens ist es allerdings notwendig, weitergehende Informationen zur Hydrographie aufzunehmen. So wurden im Rahmen einer Fließgewässerkartierung mittels einer zielgerichteten Legende sowohl Strukturformen der Fließgewässer mit Gefällsstufen, Klammereichen, Stillwasserbereichen u.ä. aufgenommen, als auch Zusatzangaben gemacht, die eine Typisierung des jeweiligen Bachabschnittes kenntlich machen. Diese Angaben werden weitgehend als Einzelsignaturen in die Hydrographiekarte übernommen.

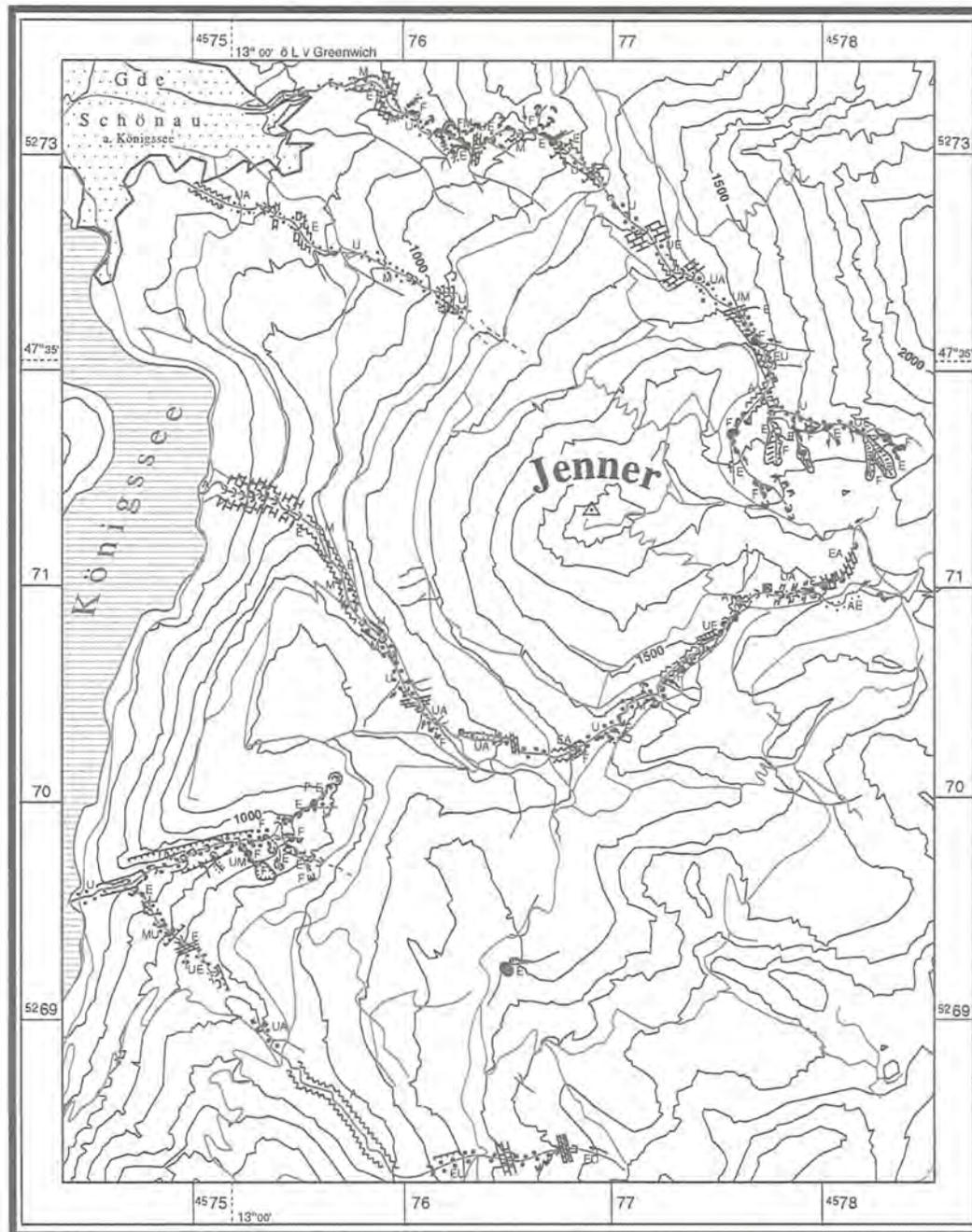
4.1.6 Wegenetz (Karte 7)

Das sehr umfangreiche Wegenetz im touristisch gut erschlossenen Jennergebiet ist zu großen Teilen im GIS erfaßt. Einige kurze Wegabschnitte wurden deshalb nachkartiert und in die bestehende Wegenetzkarte eingefügt. In der Regel sind dies weniger stark begangene Pfade und Steige, welche im Zuge der Kanalisierung von Touristenströmen seitens der Nationalparkverwaltung in den aktuellen Kartenwerken nicht mehr ausgewiesen sind.

Die hohe Zahl der Bergwanderer zu Zeiten der Hochsaison in den Sommer- und Herbstmonaten und die daraus resultierenden Schäden im Bereich der Wanderwege und -pfade erfordern kontinuierliche Schutz- und Erhaltungsmaßnahmen. Die Schadensarten und -umfänge sind dabei neben der eigentlichen Frequenzierung vor allem vom Wegetyp abhängig, d. h. vom Ausbau, der Breite und der Steigung des Weges. Aus diesem Grund wurde eine Legende erarbeitet, die eine Differenzierung der Wege in Abhängigkeit ihrer Schadensanfälligkeit beinhaltet und die genannten Merkmale berücksichtigt. Die gewonnenen Geländeinformationen gehen in die Wegenetzkarte ein, die einen Großteil der heute noch gangbaren Wege im Arbeitsgebiet mit ihrer entsprechenden Klassifizierung ausweist.

4.1.7 Vegetation (Karte 8)

Die Vegetation ist nach pflanzensoziologischen Kriterien gegliedert und bis auf kleine nicht kartierte Teilbereiche für das Untersuchungsgebiet flächendeckend erfaßt. Hinsichtlich der aktuellen Geomorphodynamik sind überwiegend Pflanzengesellschaften der waldfreien Bereiche von Interesse. Eine vorrangige Aufgabe ist hierbei die Überprüfung eines etwaigen Zusammenhangs zwischen einzelnen Rasen- und Wiesengesellschaften sowie entsprechender Sukzessionsstadien und Art und Umfang der Nivationsprozesse.

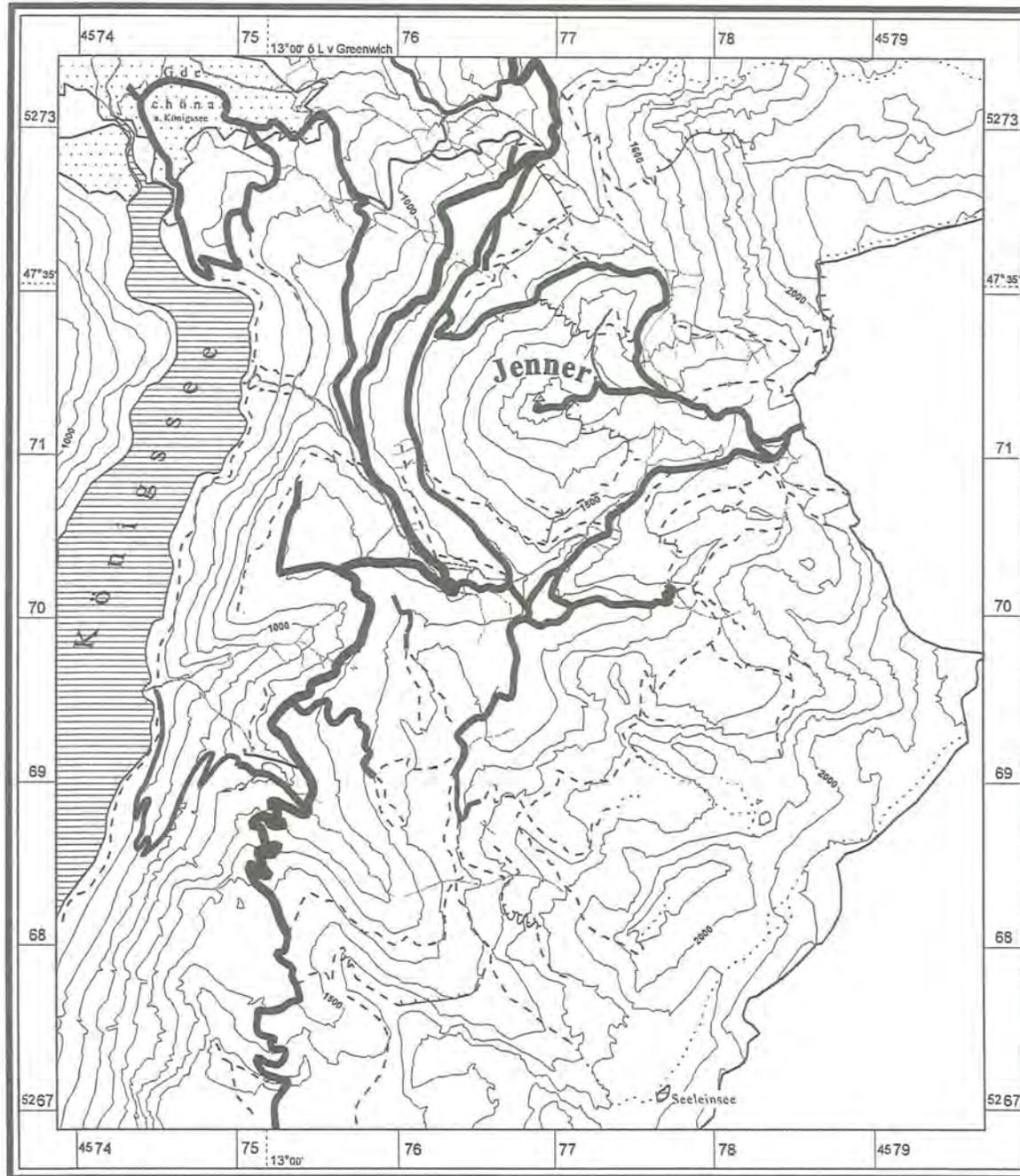


Karte 6: Hydrographie

- | | | |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| | See | |
| | Fließgewässer, perennierend | |
| | Fließgewässer, periodisch, episodisch | |
| | Fließgewässer, mäandrierend | |
| | Fließgewässer, kanalisiert, verbaut | |
| Sohle: | | |
| | Geröll, Blöcke | |
| | Kies | |
| | Festgestein | |
| | Klamm, inaktiv | |
| | Klamm, aktiv | |
| | Wasserfall > 10m | |
| | Wasserfall < 10m | |
| | Gefällsstufe < 1m | |
| | Wehr, Verbauung | |
| | Umlagerungsabschnitt | } Erläuterungen
siehe Tab. 8 |
| | Akkumulationsbereich | |
| | Erosionsbereich | |
| | Bereich mit murfähigem Material | |
| | Feststoffherde | |
| | Uferanbruch | |
| | Feilenanbruch | |
| | Translationsanbruch | |
| | Rotationsanbruch | |
| | Anbruch mit Ausspülung | |
| | Rinnenspülung | |
| | Rinnenspülung mit Materiallieferung | |
| | Steilwand in Gewässernähe | |
| | Pegel | |
| | Wege | |



Quelle: Geländeaufnahme Juli/August 1992
Kartengrundlage: GIS Nationalpark Berchtesgaden

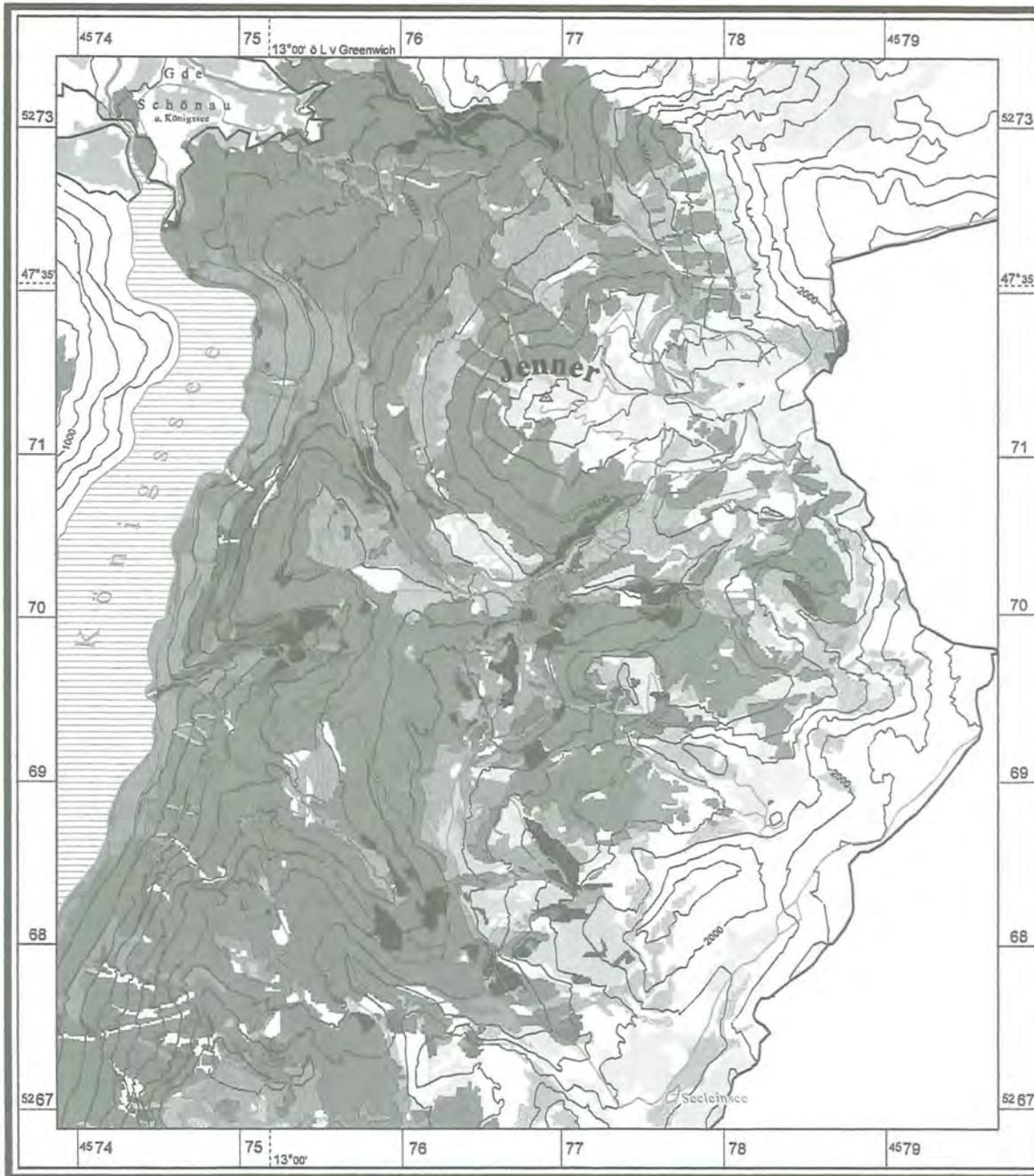


Karte 7: Wegenetz

-  Forststraßen: > 2m Breite, befestigt
-  Wege: > 1,5m Breite, befestigt
-  Wege: < 1,5m Breite, befestigt
-  Wege: < 1,5m Breite, unbefestigt
-  Pfade: unbefestigt, über Lockergestein oder Boden
-  Pfade: über Festgestein
-  Steige: mit Serpentin, unbefestigt
-  Fließgewässer



Quelle: Geländeaufnahme und Klassifizierung Sommer 1992
Kartengrundlage: GIS Nationalpark Berchtesgaden



Karte 8: Vegetation

- | | | | |
|--|--------------------------------------|--|---|
| | Polsterseggenrasen | | Rasenschmielenges. (Sukzessionsst.) |
| | Blaugras- / Horstseggenrasen | | Rasenbinsenmoor/Braunseggensumpf |
| | Polsterseggenrasen / Latschengebüsch | | Karbonat-Alpenrosen-Lärchenwald |
| | Schuttflurenkomplex | | Glatthafer- / Goldhaferwiesen |
| | Rostseggenrasen | | Rasengesellschaften im Waldbereich |
| | Borstgrasrasen | | Alpenlattich-Fichtenwald |
| | Alpenampferlägerflur | | Hainlattich-Tannen- / Hainsimsen-Buchenwald |
| | Unkraut- und Hochstaudenfluren | | Schluchtwald/Auwald |
| | Erosionskomplex | | Lärchen-Zirbenwald und Karbonatfichtenwald |
| | Bergheide auf Almen | | Alpine Rasen als Degrad.stadium auf Dolomitstandort |
| | Grünerlengebüsch | | Skipistenvegetation zus.gefaßt, z.T. planiert |
| | Buntreitgrasrasen | | Fels- Schuttkomplex im Waldbereich |
| | Alpine Milchkrautweiden | | Nicht kartiert |
| | Montane Kammgrasweiden | | |

Fließgewässer

Wege



Quelle und Kartengrundlage:
GIS Nationalpark Berchtesgaden

Die Legende der Vegetationskartierung nach HERRMANN et al. (1988a, b, c, d) sieht für den Nationalparkbereich eine Einteilung von 89 Vegetationseinheiten vor, wovon 67 im Untersuchungsgebiet vertreten sind. Da diese Einteilung vor allem die der zahlreichen und sehr fein differenzierten Waldgesellschaften hinsichtlich der Fragestellung zu detailliert ist und die Grundlagenkarte hiernach maßstabsbedingt auch wenig Aussagekraft besäße, wurde eine Zusammenfassung vorgenommen. Diese Zusammenfassung berücksichtigt 26 Vegetationseinheiten, welche in der Vegetationskarte dargestellt sind.

4.2 Die Prozeßkarten

Die Prozeßkarten bilden das eigentliche Gerüst zur Untersuchung der Massenbewegungen und des Abtragungsgeschehens. Im Gegensatz zu den Grundlagenkarten liegen Informationen über das Prozeßgefüge im Arbeitsgebiet bisher nur eingeschränkt und zumeist in unveröffentlichter Form vor (z. B. von SCHNEIDER 1979; ZWECKL 1986; LANGENSCHIEDT 1987; ZWECKL & SPANAU 1987; SONNTAG 1989), die zudem im GIS noch nicht enthalten sind. Eine geomorphologische Kartierung des gesamten Nationalparkbereichs mit der Veröffentlichung einer geomorphologischen Karte 1:25.000 ist derzeit, im Anschluß an das bereits 1984 veröffentlichte Blatt Königssee (FISCHER 1984), von FISCHER (1994) in Bearbeitung.

Somit wurden die einzelnen Prozeßkarten überwiegend neu aufgenommen und die Daten für eine Aufnahme in das GIS aufbereitet.

4.2.1 Geomorphologische Grundlagenkarte

Die geomorphologische Grundlagenkarte dient der schnellen Übersicht über die morphologische Ausstattung des Arbeitsgebietes, des damit eng verbundenen Prozeßinventars und des räumlichen Verteilungsmusters der Einzelprozesse. Sie beinhaltet somit eine Bestandsaufnahme der rezent im Arbeitsgebiet ablaufenden geomorphologischen Prozesse sowie den hieraus resultierenden Formenschatz. In der Darstellung ist daher die Morphogenese, die für die Entwicklung des heutigen Landschaftsbildes verantwortlich ist, weniger von Bedeutung, als vielmehr die aktualmorphodynamische Situation, die dieses heutige Landschaftsbild verändert.

Für die Entwicklung der Legende und den Signaturenkatalog der geomorphologischen Grundlagenkarte wurde sich mit leichten Modifikationen im Hinblick auf die Fragestellung an der Kartieranleitung zur geomorphologischen Kartierung (LESER & STÄBLEIN 1975) orientiert.

Die geomorphologische Grundlagenkarte beinhaltet neben einer Einteilung des Jennergebietes in übergeordnete geomorphologische Prozeßbereiche, eine Anzahl landschaftsstrukturierender geomorphologischer Einzelformen sowie die im Arbeitsgebiet auftretenden geomorphologischen Prozesse und die zugehörigen Abtragsformen.

4.2.1.1 Prozeßbereiche

Die Prozeßbereiche bezeichnen Areale gleicher oder ähnlicher morphodynamischer Prozesse, die in den jeweiligen Landschaftsbereichen vorrangig auftreten. Bei dieser Einteilung kann es sich, wie FISCHER (1984: 43) feststellte, nur um eine starke Generalisierung handeln, da an jedem Ort prinzipiell mehrere unterschiedliche Prozesse gleichzeitig ablaufen können. Da die Einteilung in Prozeßbereiche jedoch einen schnellen Überblick über das Verteilungsmuster der Prozesse im Untersuchungsgebiet gibt, wurden die Prozeßbereiche in die geomorphologische Grundlagenkarte aufgenommen und dort flächig durch verschiedene Farben wiedergegeben. Differenziert wurden sieben Prozeßbereiche, welche jeweils die rezenten Formungsvorgänge in den abgegrenzten Arealen berücksichtigen:

Karstisch: Der Prozeßbereich „karstisch“ bezeichnet Bereiche überwiegend korrosiver Prozesse. Die Übergänge von nacktem Karst zu halbsilvanem und silvanem Karst innerhalb dieses Prozeßbereichs sind dabei fließend. Eindrucksvolles Zeugnis des Umfanges der Kalklösung ist der reichhaltige Karstformenschatz in den ausgedehnten Hochlagen des Hagengebirges und nördlich des Hohen Bretts.

Fluvial: Als fluviale Bereiche werden alle bachbegleitenden Areale ausgewiesen, in denen eine enge Verzahnung von fluvialen Abtragungs- und Akkumulationsvorgängen gegeben ist. Die dort anzutreffenden Abtragungsvorgänge sind durch eine engräumige Verknüpfung der überwiegend linienhaften Erosionsvorgänge mit stärker denudativen Abtragungsvorgängen in Form von Rutschungen auf den überstellten Einhängen der Wildbäche gekennzeichnet. In der kartographischen Darstellung werden maßstabsbedingt nur Wasserläufe mit einer Flächensignatur berücksichtigt die insgesamt eine Breite größer als ca. 30 cm aufweisen. Kleinere Gerinne sind mit einer roten Pfeilsignatur als geomorphologischer Prozeß „Rinnenspülung“ (siehe Kap. 4.2.1.3) dargestellt.

Denudativ: Im denudativen Prozeßbereich sind alle Bereiche zusammengefaßt, die durch eine mehr oder weniger flächenhafte Bodenabtragung charakterisiert sind. Im Jennergebiet sind dies vor allem die Bereiche umfänglicher Blaikenbildungen. Als Blaiken werden im Rahmen dieser Arbeit alle durch Abtragungsvorgänge entstandenen nur schütter bewachsenen oder vegetationsfreien Flächen, also „... durch Rasenverletzungen entstandene Hohlformen kleineren Umfanges ...“ (KARL 1961: 51) betrachtet. Die hierfür verantwortlichen Prozesse sind Nivationsvorgänge, Gleit- oder Rutschungsvorgänge sowie Abtragungsvorgänge durch Trittbelastung. Strenggenommen zählen die Nivationsprozesse zum gravitativen Prozeßbereich und die mechanische Belastung des Bodens durch den Tritt der Weidetiere und Wanderer zum anthropogenen Prozeßbereich. Die enge Verzahnung der Einzelprozesse überdeckt allerdings die Dominanz eines Einzelprozesses, so daß die zugehörigen Abtragsformen vergleichbare Ausmaße und Schädigungsgrade aufweisen. Aus diesem Grund

werden die Blaikenbildungsprozesse weitgehend im denudativen Prozeßbereich zusammengefaßt.

Der denudative Prozeßbereich besitzt den flächenmäßig größten Anteil im Arbeitsgebiet. Besonders starke Schäden infolge denudativer Vorgänge sind dabei vor allem auf den Weidehängen der Königstal-, Priesberg- und Mitterkaseralm festzustellen.

Gravitativ: Areale mit überwiegend durch die Schwerkraft bedingten Prozessen werden dem gravitativen Prozeßbereich zugeordnet. Dieser umfaßt im Jennergebiet mehrheitlich Steinschlagprozesse aber auch Felsstürze. In dem gravitativen Prozeßbereich sind die Quellbereiche mit Steinschlagwänden oder -rinnen sowie die Ablagerungsbereiche in Form von Schutthalden oder Sturzkegeln zusammengefaßt. Der Einfluß weiterer Prozesse wie Rutsch- oder Sackungsvorgänge innerhalb der akkumulierten Schuttkörper legt allerdings eine Trennung in einen gravitativen Abtragungs- und einen gravitativen Akkumulationsbereich nahe.

Steinschlagwände sind im Jennergebiet sehr zahlreich anzutreffen (z. B. Bärenwand, Farrenleitenwand, Rothspielscheibe). Ausgedehnte Sturzschutthalden finden sich vorwiegend am steilen Westabfall des Hagengebirges und am Fuße des Hohen Bretts. Eindrucksvolle Zeugen größerer Felsstürze sind besonders am Ausgang des Priesbergmooses, in Umrahmung des Farrenleitens und am Gschirr zu beobachten, deren Ereignisse mit einiger Wahrscheinlichkeit frühen postglazialen Alters sind (HAHN 1985: 95; vgl. auch LANGENSCHIEDT 1981: 111). Als jüngstes Ereignis ist lediglich der im November 1989 aus der Mooswand in das Priesbergmoos niedergegangene Felssturz zu nennen.

Anthropogen: Das Wirken des Menschen ist nur mit Einschränkungen als eigenständiger geomorphologischer Prozeß zu sehen, besitzt aber in bezug auf die direkte Abtragsleistung und den Einfluß auf andere Prozesse einige Bedeutung. Als anthropogener Prozeßbereich wurden allerdings nur das Dorf Königssee sowie die Nordspitze des Königssees mit dem dort touristisch erschlossenen und ausgebauten Seeufer abgegrenzt. In weiten Teilen des Untersuchungsgebietes ist zwar eine deutliche anthropogene Beeinflussung des Prozeßgefüges durch Bergtourismus und Almwirtschaft gegeben (u. a. im Bereich der Jennerskipiste), jedoch kann hier aufgrund der komplexen Verflechtungen der Prozesse nicht eindeutig von anthropogen bedingten Prozeßbereichen gesprochen werden.

Biogen: Zum biogenen Prozeßbereich gehören die kleinen lokalen Moorbildungen auf der Königstal- und der Priesbergalm. Dieser Prozeßbereich besitzt im Rahmen der vorliegenden Untersuchung keine Bedeutung und dient lediglich der Vervollständigung.

4.2.1.2 Geomorphologische Einzelformen

Die geomorphologischen Einzelformen sind Ausdruck des sehr abwechslungsreichen Landschaftsbildes des Jennergebietes. In ihrer Darstellung spiegeln sie zum einen die Einzelstrukturen dieser Hochgebirgsland-

schaft wider und lassen zum anderen ein Verteilungsmuster der morphodynamischen Verhältnisse erkennen. Die einzelnen Georeliefelemente sind dabei sowohl Abbild vergangener Prozesse als auch gleichzeitig Orte rezenter Geomorphodynamik. In der Mehrzahl der Fälle sind die ursprünglich formgebenden Prozesse allerdings nicht mit den aktuellen Prozessen identisch oder zeigen zumindest eine deutlich geringere Intensität.

4.2.1.3 Geomorphologische Prozesse

Die Auswahl aktuelmorphologischer Prozesse in der geomorphologischen Grundlagenkarte beinhaltet die relevanten bodenabtragenden Prozesse. Ausgenommen ist hierbei die direkt anthropogen bedingte Bodenschädigung durch den Winter- und Sommertourismus, die nicht als Prozeß angesehen wird.

Die umfangreichsten Schäden verursachen Schneebewegungen auf unbewaldeten Hängen. Die Signatur für *Schneescurf* faßt dabei mehrere Abtragungsprozesse im Kartenbild zusammen, die auf Schneebewegungen zurückzuführen sind.

Im Zusammenhang mit fluvialerosiven Vorgängen sind die Prozesse *Tiefenerosion* und *Seitenerosion* sowie die *Rinnenspülung* i. S. initialer fluvialer Linearerosion zu sehen. Die drei bedeutenden Wasserläufe zeigen dabei ganz unterschiedliche Schädigungsgrade (siehe Kap. 4.3.3.1). Die Signatur für Rinnenspülung wird vornehmlich für kleinere zumeist nur periodisch bis episodisch fließende Wasserläufe verwendet, deren Darstellung aus Maßstabsgründen nicht möglich ist.

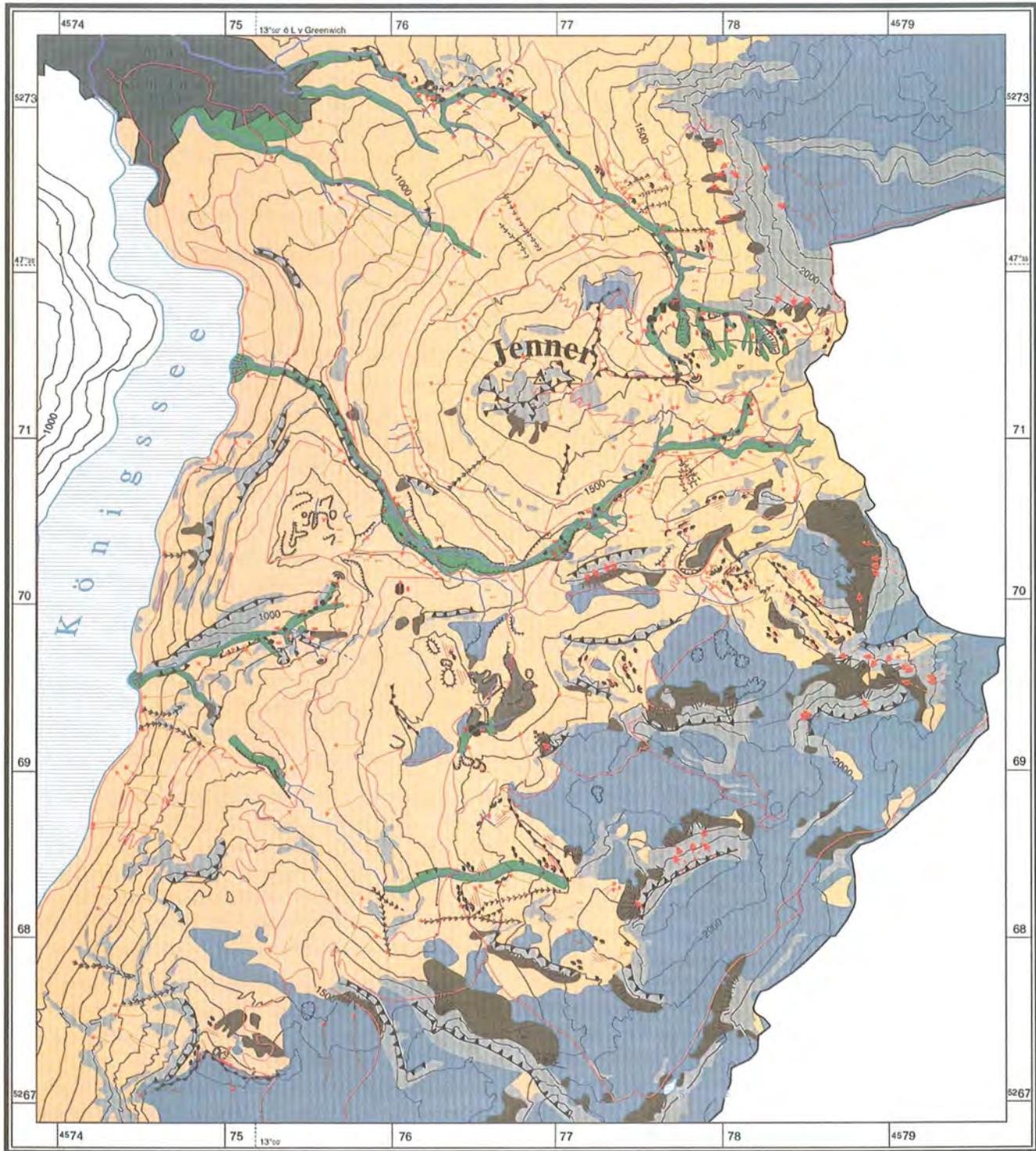
Mit der Signatur für *Rutschung* werden im Kartenbild sowohl Translations- als auch Rotationsrutschungen angezeigt. Rotationsrutschungen sind nur vereinzelt im Arbeitsgebiet zu beobachten. Materialverlagerungen durch Translationsrutschungen hingegen sind sehr häufig, jedoch ausschließlich in enger Nachbarschaft zum fluvialerosiven Geschehen, anzutreffen.

Der Prozeß *Viehtritt* bezeichnet die mechanische Belastung des Bodens durch Weidetiere. Die zugehörige Signatur wird im Kartenbild dort verwendet, wo verstärkte Bildung von Viehgangeln eine hohe Belastungsintensität anzeigt bzw. diese bereits in Form von Narbenversatzschäden und Blaikenbildungen in Abtragungsvorgänge übergeht.

4.2.1.4 Abtragsformen

Die Abtragsformen als Georeliefelemente werden von den oben beschriebenen landschaftsstrukturierenden geomorphologischen Einzelementen getrennt betrachtet. Gegenüber diesen sind sie weitgehend Ausdruck und Resultat der rezenter geomorphodynamischer Prozesse. Umfassende Beschreibungen hochgebirgstypischer Abtragsformen liefern insbesondere LAATSCH & GROTTENTHALER (1972) und BUNZA (1982), so daß an dieser Stelle lediglich eine Kurzbeschreibung der speziell im Untersuchungsgebiet beobachteten Einzelformen erfolgt.

Karte 9: Geomorphologische Grundlagenkarte



Prozeßbereiche

- Karstisch
- Fluvial
- Denudativ
- Gravitativ, Abtragung
- Gravitativ, Akkumulation
- Organogen
- Anthropogen

Geomorphologische Einzelemente

Voll- und Hohlformen

- Wall
- Grat
- Rücken
- Kuppe
- Kessel, Doline
- Sporn
- Nische
- Schwermkegel
- Sturz-/Blockschutthalde

Stufen, Kanten, Böschungen

- Böschung, Terrassenkante
- Felsstufe, Steilabfall
- Tiefenlinien**
- Muldenförmig
- Kerbenförmig



Abtragsformen

- Uferabbruch
- Feilenabbruch
- Translationsabbruch
- Rotationsabbruch
- Anbruch, undefiniert
- Anbruch mit Ausspülung
- Viehgangeln mit Narbenversatz

Rezente geomorphologische Prozesse

- Nivation
- Tiefenerosion
- Seitenerosion
- Rinnenspülung
- Rinnenspülung mit Materiallieferung
- Rutschung
- Steinschlag
- Viehtritt

Quelle: Karten- und Luftbildinterpretation; Geländeaufnahme 1990 bis 1993
Kartengrundlage: GIS Nationalpark Berchtesgaden

Translationsförmige Anbrüche beschreiben flachgründige (10 – 50 cm), flächenhafte Abtragsformen, deren entblößte Gleit- bzw. Scherflächen annähernd parallel zur Bodenoberfläche verlaufen. Ehemals oberhalb dieser Gleit- bzw. Scherflächen befindliche Bodenschichten sind zusammen mit der Vegetationsdecke abgetragen. Charakteristisch und allen translationsförmigen Anbrüchen gemeinsam ist eine oftmals deutlich ausgebildete Abrißkante am oberen Rand. Kleinere Runsen, die sich vereinzelt in die Blaikflächen eingetieft haben, zeugen von sekundären Ausspülungen. Ebenso sind leicht wannenförmige Blaikflächen zu beobachten, die auf eine sekundäre Überprägung der Anbruchsformen durch Gleitschneebewegungen zurückzuführen sind.

Im Unterschied zu den *translationsförmigen Anbrüchen* sind *rotationsförmige Anbrüche* durch eine oder mehrere konkav gekrümmte Gleit- bzw. Scherflächen gekennzeichnet. Aufgrund der Rotationsbewegung der Rutschmasse um eine höhenlinienparallele Achse, die zu einer bergwärtig geneigten Kippung der bewegten Massen führt, entsteht eine charakteristische Stufung des Hanges mit entblößter Abrißkante oberhalb des Rutschkörpers und herausgehobenem unteren Teil des Rutschkörpers.

Weitere Anbruchsformen, die nicht eindeutig einem Prozeß zuzuordnen sind bzw. häufig auf eine Kombination mehrerer Prozesse zurückzuführen sind und dementsprechend keine eindeutig identifizierbare Form erkennen lassen, werden mit einer Signatur für *Anbruch (undefiniert)* gekennzeichnet.

Uferanbrüche beschreiben seitliche uferbegleitende Abtragsformen infolge von Seitenerosion des fließenden Wassers. Vornehmlich in Prallhangsituationen finden sich diese zumeist halbkreisförmigen Anbrüche, wo durch fortschreitende Unterschneidung immer wieder Material nachbricht und abtransportiert wird.

Den Uferanbrüchen sehr ähnlich, aber beidseitig der Fließgewässer ausgebildet, sind die *Feilenanbrüche*. Der dreiecksförmige Querschnitt dieser Abtragsform, der sich in der Regel gegen die Fließrichtung verjüngt und sich gleichgerichtet im Grundriß zuspitzt, veranlaßte STINY (1931: 8 f.) den Begriff Feilenanbruch zu prägen.

Anbrüche, die nicht direkt mit dem fluvialen Geschehen in Verbindung stehen, den Gewässern aber infolge Ab- bzw. Ausspülungsprozessen immer wieder Feststoffmassen liefern, werden als *Anbrüche mit Ausspülung* definiert. Sie sind typischerweise häufig an steilen Flanken von tief kerbförmig eingeschnittenen Bachläufen anzutreffen. Die zugehörigen Formen zeigen sehr unterschiedliche Ausprägungen, die blattanbruchförmig aber auch langgestreckt, rinnenförmig ausgebildet sein können. Diesen Abtragsformen gemeinsam ist die deutlich erkennbare Materialzulieferung zum Vorfluter hin.

Die zahlreichen im Untersuchungsgebiet anzutreffenden durch Rinnenerosion entstandenen Spülrinnen (vgl. Karte 9) kennzeichnen zwar vereinzelt auch rezent stärkere Materialverluste, jedoch werden die hierdurch entstandenen Abtragsformen über die kartographische

Erfassung hinaus im Rahmen vorliegender Untersuchung nicht näher betrachtet.

Bodenschäden durch Viehtrittbelastung zeigen in Abhängigkeit der Belastungsintensität unterschiedliche Stadien des Schadensausmaßes. Die Ausbildung von Viehgangeln stellt dabei noch keinen eigentlichen Bodenabtragungsvorgang dar. Dieser setzt erst mit dem Lostreten ganzer Bodenschollen aus den Gangeln ein und kann im weiteren Verlauf der Belastung und unter dem Einfluß von Abspülung und nivalen Massenschurf zu umfangreicher Blaikbildung führen. Da die Viehtrittblaik aufgrund ihrer beobachteten Formen als translationsförmige Anbrüche angesehen werden, wird den *Viehgangeln* mit *Narbenversatz* eine eigene Signatur zugewiesen.

Bei der Darstellung der Abtragsformen in der geomorphologischen Grundlagenkarte wird versucht, jede einzelne Abtragsform mit einer eigenen lagegetreuen Signatur zu kennzeichnen. Aufgrund der Kleinräumigkeit zahlreicher Einzelformen, welche eine Quadratmetergröße nicht überschreiten, ist dies allerdings maßstabsbedingt nicht überall möglich, so daß in solchen Fällen eine Signatur im Kartenbild erscheint, die repräsentativ für mehrere Abtragsformen steht.

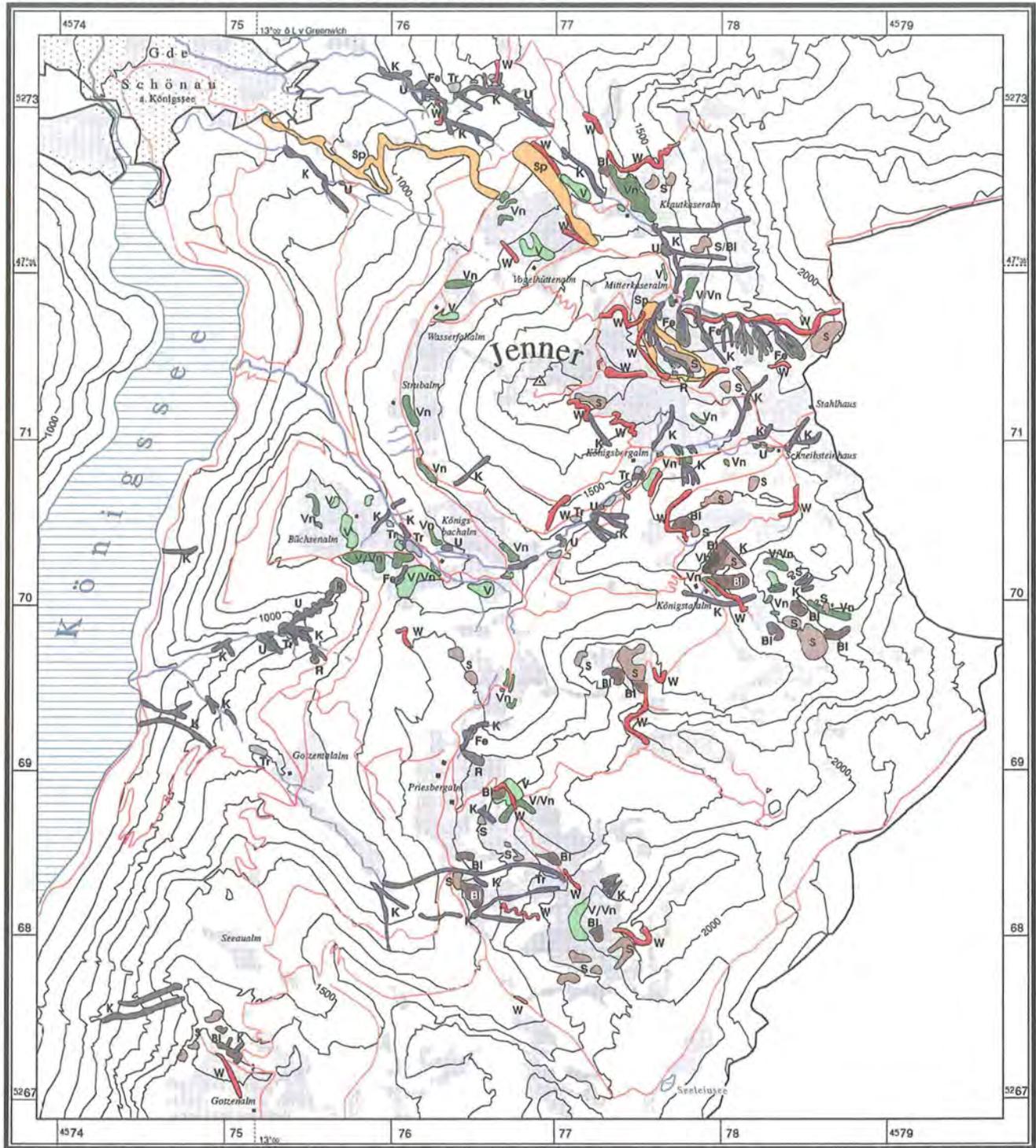
4.2.2 Karte der vorliegenden Massenabtragsformen

Das Jennergebiet zeigt trotz der Einrichtung des Nationalparks vor mittlerweile 15 Jahren keine Stagnation in der Entwicklung der teilweise umfangreichen Abtragschäden. Hinsichtlich der Erfassung des verantwortlichen Prozeßinventars sind dabei vor allem Prozesse von Bedeutung, die eindeutig auf ein Mitverantworten des Menschen zurückzuführen sind. Aus diesem Grund wird für die Darstellung der vorliegenden Massenabtragsformen eine Einteilung vorgenommen, der die anthropogene Einflußnahme in Abhängigkeit ihrer Intensität zugrunde liegt. Hierbei wird unterschieden in:

- direkt anthropogen bedingte Abtragungsvorgänge im Zusammenhang mit dem Winter- und Sommertourismus;
- quasinatürliche Abtragungsvorgänge (i. S. von MORTENSEN 1954/55: 627) mit Bodenschädigung infolge der Almwirtschaft, vor allem aber Prozesse die durch anthropogene Eingriffe (z. B. durch Rodung) initiiert sind, weiterhin jedoch natürlich ablaufen. Dazu zählen in erster Linie die Nivationsvorgänge; sowie
- weitgehend natürliche Abtragungsvorgänge im Zusammenhang mit dem Wildbachgeschehen und den gravitativen Prozessen.

Die Karte der vorliegenden Massenabtragsformen beinhaltet eine flächenhafte Bestandsaufnahme der Einzelschäden jeweils in Verbindung mit den verantwortlichen Prozessen im Arbeitsgebiet Jenner. Hierbei wird wegen der besseren Darstellbarkeit im GIS um entsprechend geschädigte Bereiche ein Rahmen gelegt. Die so ausgegrenzten Flächen bekommen im Kartenbild eine Buchstabensignatur, welche die jeweilige verantwortliche Prozeßart anzeigt.

Karte 10: Vorliegende Massenabtragsformen



Direkt anthropogen bedingte Abtragung

Sommertourismus

W Trittschäden (Abtragung auf Wanderwegen)

Wintertourismus

Sp Schäden durch Planierung und Skikantenschurf

Quasinatürliche Abtragung

Nivation

S Schnee- und Lawenschurfflächen

Bl Blattanbrüche

Viehtritt

V Viehgangeln

V₀ Narbenversatz

V_b Viehtrittblaiken

Weitgehend natürliche Abtragung

Fluvialerosion

Fe, U Feilanbrüche, Uferanbrüche

K Kerbtälchen (Linearerosion)

Rutschung

Tr Translationsrutschungen

R Rotationsrutschungen

□ Lichtweideflächen, teilweise aufgelassen (z.T. Latschengebüsch)

— Fließgewässer

— Wege

■ Almhütten



Quollo: Geländeaufnahme 1990 bis 1993

Kartengrundlage: GIS Nationalpark Berchtesgaden

4.3 Beschreibung der rezenten Geomorphodynamik und der Massenabtragserscheinungen

4.3.1 Direkt anthropogen bedingte Abtragungsvorgänge

Im touristisch gut erschlossenen Jennergebiet mit einer hohen Zahl an Bergtouristen, sind jährlich einige Schäden an Wegen und Steigen zu verzeichnen. Ebenso führen der Wintersportbetrieb und die damit zusammenhängende Pistenpflege im Laufe der Zeit zu umfangreicher Bodenabtragung.

4.3.1.1 Abtragungsvorgänge durch den Sommertourismus

Die frühen Sommermonate Juni und Juli sind gekennzeichnet durch einen drastischen Anstieg der Touristenzahl in Berchtesgaden und Umgebung. Damit einher geht auch eine hohe Zahl der Wanderer in den Bergregionen, welche erst gegen Ende der Saison im Oktober wieder abnimmt. Das Arbeitsgebiet ist hierbei ein bevorzugtes Ziel der Bergwanderer im Nationalpark. Die ausgesprochene Anzugskraft des Jennergebietes begründet sich in der besonderen Attraktivität und der leichten Erreichbarkeit des Gebietes. Ein überwiegend flachwellig ausgeprägtes Relief mit annäherndem Mittelgebirgscharakter und die zahlreichen Lichtweideflächen im kleinräumigen Wechsel mit geschlossenen Waldflächen geben dem Landschaftsbild hier ein Gepräge, welches in hohem Maße einer touristischen Nutzung förderlich ist. Auf den Jenner, welcher als beliebter Aussichtsgipfel einen schönen Rundblick auf einen Großteil des Nationalparks bietet, führt seit 1953 eine Kabinenseilbahn (Jennerbahn). Gleichzeitig ist das Gebiet über die Vorderbrandstraße oder die B 319 vom Obersalzberg zum Parkplatz Hinterbrand in 1130 m ü. NN Höhe leicht mit dem PKW erreichbar.

Im Jahr 1983 wurden im Zeitraum Juni bis Oktober fast eine Viertelmillion Besucher im Jennergebiet nach Einzelzählungen hochgerechnet (MANGHABATI 1988:

46, Tab. 7). Im Vergleich hierzu waren es im Gebiet um den Hochkalter im gleichen Zeitraum nur etwa 50.000 Besucher. Mit einiger Sicherheit kann davon ausgegangen werden, daß sich die Zahl der Wanderer im Jennergebiet, nicht zuletzt infolge der politischen Veränderungen in Mitteleuropa, bis heute eher erhöht hat. Aufgrund dieser starken Besucherströme wird von seiten der Nationalparkverwaltung bereits seit langem angestrebt, die hohe Zahl der Wanderer durch eine Auswahl gut ausgebauter Wege und durch Besucherlenkung (vgl. PIMPI 1988) zu kanalisieren. Mit diesen Maßnahmen sollen die durch die Wanderer zwangsläufig entstehenden Trittschäden auf ein Mindestmaß reduziert werden.

Die Trittschäden durch Wanderer sind vorrangig an das bestehende Wegenetz gebunden. Entlang stark frequentierter Wege sind häufig mehrere Meter breite Trittbelastungszonen ausgebildet. Das Schadensausmaß an den Wegen im einzelnen zeigt sich deutlich abhängig vom Wegtyp, weshalb in der Grundlagenkarte „Wegenetz“ eine Klassifizierung der Wege nach dem Gesichtspunkt der Abtragunganfälligkeit vorgenommen wurde (vgl. Kap. 4.1.6 und Karte 7).

Die Forststraßen und geschotterten Wege werden seiten der zuständigen Forstbehörde instandgehalten und sind in stärker reliefierten Bereichen des Untersuchungsgebietes oftmals nur durch umfangreichere bauliche Trassierungsarbeiten entstanden (vgl. SANKT-JOHANER 1964). Diese Hauptwege werden in dieser Arbeit nur der Vollständigkeit halber betrachtet, da dort mit Ausnahme entlang der übersteilten Hänge an den geschaffenen Böschungen in der Regel kein Bodenmaterial der Abtragung unterliegt. Alle befestigten Wege im Untersuchungsgebiet werden vor allem durch Spülprozesse geschädigt, die eine ständige Räumung der „Wasserauskehrer“ (zumeist aus Holz gefertigte Drainagerinnen; vgl. ROBENS & BLACEK 1993: 137) und Pflege des Befestigungsbelages notwendig machen. Eine Ausnahme bildet der sehr stark frequentierte Weg von der Jennerbahngipfelstation zum Schneib-

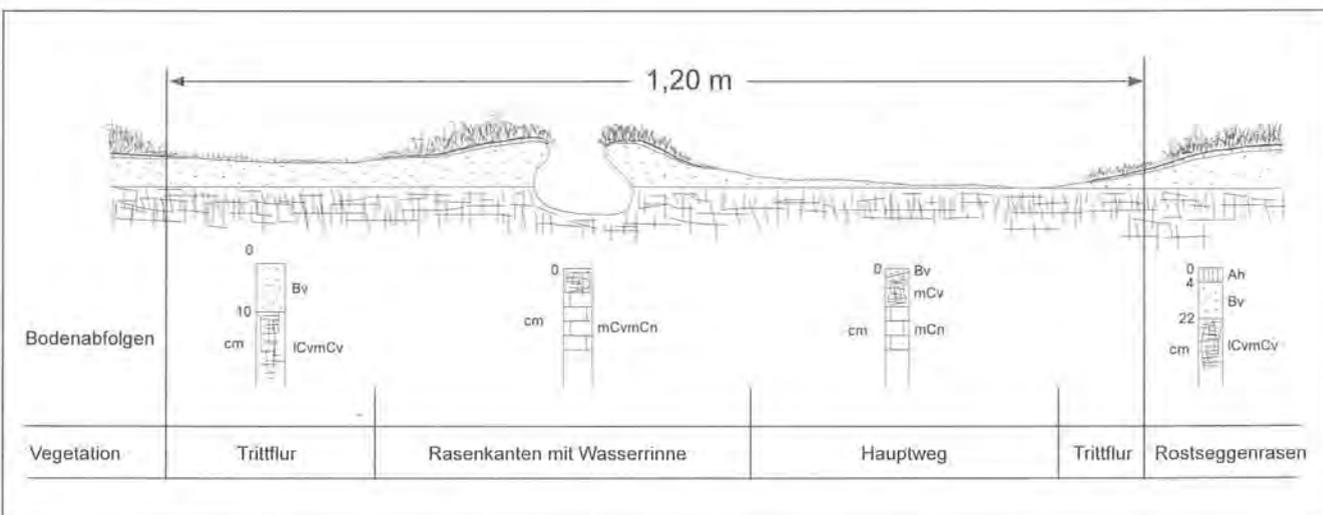


Abb. 6: Bodenkundliches Querprofil eines Weges (in Anlehnung an BERG 1981: 43, verändert und ergänzt).

Tab. 5: Lagerungsdichten (dB) entblößter Bodenhorizonte auf Wegoberflächen (Mittelwerte aus je drei Bodenproben).

	Horizont	dB (ungestört) (g/cm ³)	dB (Weg) (g/cm ³)
Königstalalm	Bv	1,13	1,73
Priesbergalm	Bv	1,42	1,74
Krautkaseralm	Bv	1,31	1,79

steinhaus, der neben Spülschäden auch umfangreiche randliche Trittschäden aufweist und immer wieder mit Neuanlagen der Treppenbauten versehen werden muß. Hier führt vor allem das häufig zu beobachtende Umlaufen der Stufen seitens der Wanderer zu einer seitlichen Ausweitung der Schäden. In Teilabschnitten dieses Weges sind somit bereits Schäden an Boden und Vegetation zu beobachten.

Auf unbefestigten Wegen oder Pfaden sind demgegenüber sowohl Schäden an Boden und Vegetation durch Trittbelastung als auch Bodenmaterialverluste durch Spülprozesse zu verzeichnen. Für die Trittbelastung charakteristisch ist eine randliche Schädigung der Vegetation und nachfolgend des Bodens, wie sie im Querschnitt in Abb. 6 dargestellt ist. Insbesondere bei nasser Witterung werden die eigentlichen Wegbe-

reiche von den Wanderern verlassen und die Grasnarbe betreten um ein Ausrutschen zu vermeiden (vgl. Kap. 5.2.1).

Die mechanische Druckbelastung der Bodenschichten auf der Wegfläche erreicht bei punktueller Belastung im Falle von Steigen, Stehen oder Gehen Werte um 400 g/cm² (SPANDAU 1988: 9 nach LIDDLE 1985). Hierdurch kommt es entweder zu Setzungsvorgängen innerhalb der oberen Bodenschichten und damit zu einer Verdichtung oder vor allem beim Abstieg zu einer Auflockerung bis hin zum Lostreten ganzer Bodestücke. Tab. 5 sind Bodendichtewerte zu entnehmen, die auf mäßig begangenen Pfaden auf der Königstalalm, der Priesbergalm und der Krautkaseralm ermittelt wurden. Vergleichswerte korrelater Bodenhorizonte aus direkt benachbarten Böden machen hierbei den Verdichtungseffekt deutlich.

Mit der Verdichtung einher geht eine Abnahme des Porenvolumens, eine Verringerung der Durchwurzelbarkeit sowie der Luft- und Wasserkapazität der oberen Bodenhorizonte. Diese veränderten Standortbedingungen führen bei gleichzeitig weiterer Trittbelastung zu einer Verdrängung der ursprünglichen Vegetation durch trittunempfindliche Arten. Es entstehen Trittrasen (BERG 1981: 37), welche vielfach bereits eine geringere Deckung aufweisen als die ursprüngliche Vegetationsdecke. Bei zunehmender Belastung durch eine



Abb. 7: Wegschäden auf dem steilen, serpentinartig geführten Weg zur Vogelhüttenalm am Jenner. Infolge der Angewohnheit zahlreicher Wanderer die Kehren vor allem im Abstieg oftmals abzukürzen, entstehen Wegabschneider.

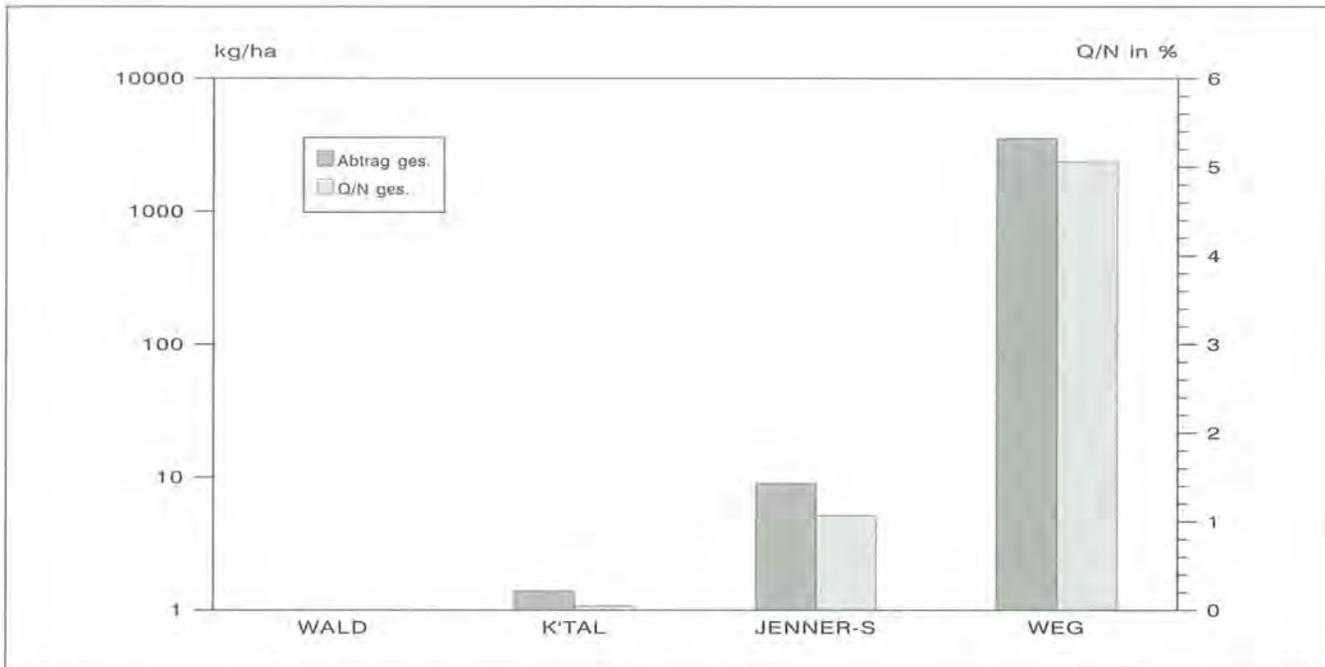


Abb. 8: Abfluß und Abtrag von ausgewählten Meßparzellen der Projektgruppe Berchtesgaden des Bodenforschungsprojektes im Untersuchungsgebiet Jenner 1990 und 1991 (Quelle: NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN 1993: 66, Abb. 23, verändert).

hohe Frequentierung wird auch dieser Trittrasen aufgelöst. Je nach Belastungsgrad bleiben unterschiedlich große Vegetationslücken zurück.

Aufgrund von lückenhafter oder fehlender Vegetationsdecke in Verbindung mit der verdichteten Bodenoberfläche werden Wege und Pfade in Hanglagen bei intensiveren Niederschlagsereignissen oftmals zu Leitbahnen oberflächlich abfließenden Wassers. Die hierauf folgenden Erosionsvorgänge sorgen insbesondere auf Wegen in Gefällsrichtung für tiefe Einschneidungen mit entsprechenden Materialverlusten. Gleichsam unterliegen die lückenhaft entblößten und durch Tritt aufgelockerten oberflächennahen Bodensubstrate Spülprozessen, was eine Ausweitung der Schäden zur Folge hat.

Eine intensive Benutzung solcher Wege und vor allem das Verlassen des eigentlichen Pfades führen zur Ausbildung mehrerer annähernd parallel verlaufender Tritts Spuren. Diese unterliegen gleichermaßen linienhaften Erosionsprozessen und bedingen somit eine flächenhafte Ausweitung der Schäden. Der jährliche Materialverlust eines derart geschädigten Weges im Gunzesrieder Tal/Allgäu wird von der Arbeitsgruppe Allgäu des Bodenforschungsprojektes mit 30 t/ha angegeben (NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN 1993: 61).

Annähernd höhenlinienparallel geführte Wege und Pfade unterliegen darüberhinaus zusätzlich einer Belastung durch nivalen Massenschurf. Infolge des Schneedrucks auf die Randwulst des Weges kommt es zu einer Verletzung der Wegoberfläche mit der Entstehung von Längsrissen. Fortgesetzter Schneedruck hat letztendlich ein Abscheren des Hindernisses zur Folge und verursacht damit umfangreiche Bodenschäden (vgl.

MÖSSMER 1985a: 125; AUERSWALD & SINOWSKI 1992: 147).

Steilere Anstiege über ca. 20 Grad Neigung sind im Arbeitsgebiet vorwiegend serpentinenartig angelegt. Aufgrund der hiermit verbundenen Abtragungsproblematik werden diese „Steige“ durch eine eigene Kennzeichnung in der Grundlagenkarte berücksichtigt. Serpentinewege sind häufig dadurch geprägt, daß die einzelnen Kehren von den Wanderern insbesondere im schnellen Abstieg – nach Beobachtung und Zählung durch MANGHABATI (1983: 68) sind dies 18 Prozent der Wegbenutzer – immer wieder abgekürzt werden (siehe Abb. 7). Dies führt vor allem auf Wegen mit ungünstiger Trassenführung (z. B. durch zu enge Kehren) zur Ausbildung einer Vielzahl von Abkürzern, die oft in Hangfallrichtung verlaufen. Die deutlich erhöhte Dynamik des Einzeltrittes im Abstieg hat eine um ein Vielfaches höhere mechanische Belastung zur Folge (57.000 g/cm² nach LITTLE 1975 zitiert in SPANDAU 1988: 8), wobei häufig ganze Schollen der Grasnarbe losgetreten werden. Immer wieder erneutes Abkürzen der Kehren läßt schließlich die Vegetationsdecke zwischen den einzelnen Wegabschnitten völlig verschwinden und den Weg verwildern, so daß der eigentliche Pfad mancherorts nicht mehr erkennbar ist.

Im Zusammenhang mit dieser Wegproblematik werden von der Arbeitsgruppe Berchtesgaden des Bodenforschungsprojektes im Arbeitsgebiet die Abtragungsmengen durch Abspülungsprozesse eines derart geschädigten Wegabschnittes mit Hilfe der Anlage einer Meßparzelle quantitativ und qualitativ untersucht. Die vorliegenden Ergebnisse weisen für die Meßparzelle „Weg“ (Wegfläche + Abkürzer ca. 50% Fläche der Gesamtfläche der Parzelle; JOHANNES 1993) Abtragungsmengen von



Abb. 9: Starke Schädigung der Vegetation und des Bodens durch Skikantenschurf auf einer nur noch gering schneebedeckten Skipiste (Aufnahme des unteren Pistenabschnittes am Hochschwarzeck außerhalb des Arbeitsgebietes).

etwa 5 t/ha für den bisher ausgewerteten Untersuchungszeitraum 1990/91 (siehe Abb. 8) aus. Vergleichswerte liefern hierbei weitere Meßparzellen der Projektgruppe Berchtesgaden auf Weideflächen („Jenner-Süd“ und „Königstal“) sowie unter Wald (Parzelle „Wald“). Bei den Ergebnissen muß allerdings berücksichtigt werden, daß mit der Meßeinrichtung nur solcher Abtrag gemessen wird, der durch Niederschlag-Abfluß-Ereignisse in die Auffangvorrichtung gelangt (NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN 1993: 65; JOHANNES 1993). Materialumlagerung durch direkte Trittbelastung und damit verbundene Blaikenbildungen sind folglich nur teilweise erfaßt.

Umfangreiche Trittschäden treten auch im weiteren Untersuchungsgebiet vorrangig an steilen Serpentinwegen auf. Neben dem bereits erwähnten Steig mit der Meßparzelle, welcher von der Jennerbahn-Mittelstation zur Mitterkaseralm hinaufführt, sind vor allem zwei Steige vom Hohen Brett herab (vom Jägerkreuz zur Mitterkaseralm und von der Brettgabel zur Krautkaseralm hinab) zu nennen.

Hinsichtlich der Trittschäden kann der Zustand der Wege im Jennergebiet derzeit allerdings als insgesamt wenig problematisch eingestuft werden. Diese relativ stabile Situation ist aber in erster Linie abhängig von dem Verhalten der Sommertouristen und der Disziplin die Wegegebote auch weiterhin zu beachten und überwiegend nur beschilderte Wege zu nutzen.

4.3.1.2 Abtragungsvorgänge durch den Wintersportbetrieb

Der alpine Wintersportbetrieb besitzt im Bereich des Biosphärenreservats Berchtesgaden aufgrund der relativ kleinen Pistenfläche eine nur untergeordnete Bedeutung. Den Mittelpunkt der Aktivitäten bildet die Seilbahnanlage zum Jennergipfel mit der zugehörigen Abfahrts piste zur Talstation im Dorf Königssee. Allerdings erfolgt auch hier in den Wintermonaten eine regelmäßige Pistenbearbeitung mit schwerem Gerät.

4.3.1.2.1 Schadensart

Alpiner Wintersportbetrieb auf gewerblich betriebenen Pistenanlagen beinhaltet in der Regel turnusmäßige Planierungen der Abfahrtsstrecken und damit den Einsatz schwerer Kettenfahrzeuge wie Pistenraupen. Zudem erfolgte bereits die Errichtung der Pistenflächen vor allem im Waldbereich überwiegend durch umfangreiche Flächenplanierungen mit Schubraupen. Die Folge dieser Aktivitäten ist eine irreversible großflächige Zerstörung der ursprünglichen Vegetationsdecke und des Oberbodens.

Erhöhte Belastung durch den Wintersportbetrieb geht insbesondere von fortgesetzter Nutzung im Falle nur ungenügend mächtiger Schneebedeckung aus (vgl. MOSIMANN 1980: 429; SCHAUER 1981a: 47; siehe Abb. 9). Vor allem die Planierungen bewirken dabei häufig extreme Verdichtungseffekte und eine Verringe-

zung des Porenvolumens der oberen Bodenschichten mit völliger Zerstörung der natürlichen Bodenstrukturen sowie eine Reduktion der Wasserspeicherungskapazität. Hiermit einher geht zudem ein großer Verlust von organischer Substanz (siehe Tab. 6; CERNUSCA 1984: 142).

Der Verlust der natürlichen Vegetation (insbesondere des Waldes) bedingt ein erhöhtes Niederschlagsangebot infolge reduzierter Interzeption und eine deutliche Verringerung der Evapotranspiration (vgl. DIETMANN 1985: 119)

Die Veränderungen der natürlichen Bodenstrukturen bringen zum einen durch eine verringerte mechanische Bodenstabilität eine Erhöhung der Erodierbarkeit in bezug auf Abspülprozesse mit sich und bedingen zum anderen, gemeinsam mit den mikroklimatischen Veränderungen, einen deutlich erhöhten Oberflächenabfluß (CERNUSCA 1984: 142). Gleichsam sorgt eine stark geminderte biotische Aktivität, u. a. aufgrund einer verringerten Bodenfauna, auf derart beeinflussten Standorten für sehr geringe Humusneubildungsraten. In Kombination mit fortschreitender Abspülung und damit dem Verlust von organischer Substanz und Feinbodenmaterial ist somit die Regeneration einer stabilen Vegetations- und Bodendecke annähernd abgeschlossen (vgl. MOSIMANN 1984: 171).

4.3.1.2.2 Schadensumfang

Schäden von größerem Ausmaß sind in erster Linie auf Pistenflächen im Waldbereich unterhalb der Mittelstation der Jennerbahn (1190 m ü. NN) zu beobachten. Dies liegt darin begründet, daß nach Rodung des Waldes umfangreiche Flächenplanierungen zur Errichtung der Skipiste durchgeführt wurden. Die Folgen sind die beschriebenen extremen Schädigungen der ursprünglichen Waldböden.

Aufgrund der geschaffenen ungünstigen Standortverhältnisse, der infolge der planierten und damit verdichteten Schneedecke späteren Ausaperzeit sowie der Ansaat vielfach nicht standortheimischer Pflanzenarten, erreicht die im Rahmen von Wiederbegrünungsmaßnahmen künstlich angesäte Vegetation zumeist nur Deckungsgrade von 80 Prozent. Diese Wiederbegrünungen bieten somit einen nur ungenügenden Schutz vor Abspülung. In Verbindung mit einem erhöhtem Oberflächenabfluß, der nach einer Untersuchung von SCHAUER auf einer in den Bergwald geschlagenen Skiabfahrtsschneise um mindest das 13- bis 14-fache ansteigt, nimmt auch der Bodenabtrag um das 30-fache und mehr zu (SCHAUER 1981b: 164).

Gleichermaßen geschädigt sind auch die Pistenflächen im Bereich der Mitterkaseralm am Jenner. Der Skipistenbau beinhaltete hier in einer Höhenlage zwischen etwa 1530 und 1800 m ü. NN neben der Rodung von Latschenbeständen auch Flächenplanierungen, die zu einer starken Belastung der subalpinen Rasengesellschaften geführt haben. Deutlich erkennbar ist diese Schädigung entlang der Piste vom Jennergipfel bzw.

Tab. 6: Einfluß des Wintersportbetriebs auf die Böden aufgezeigt am Beispiel von zwei Bodenhorizonten unter Skipiste im Vergleich zu einem korrelierten Bodenhorizont eines benachbarten unbelasteten Standortes.

Profil 1: Stark erodierte Braunerde mit L-Bv-ICv Abfolge (1 cm – 5 cm – 15 cm)
Profil 2: Syrosem mit L-ICv-mCn Abfolge (0,3 cm – 15 cm)
Profil 3: Braunerde mit L/Of/Oh-Ah-Bv-ICv Abfolge (3 cm – 6 cm – 34 cm +)

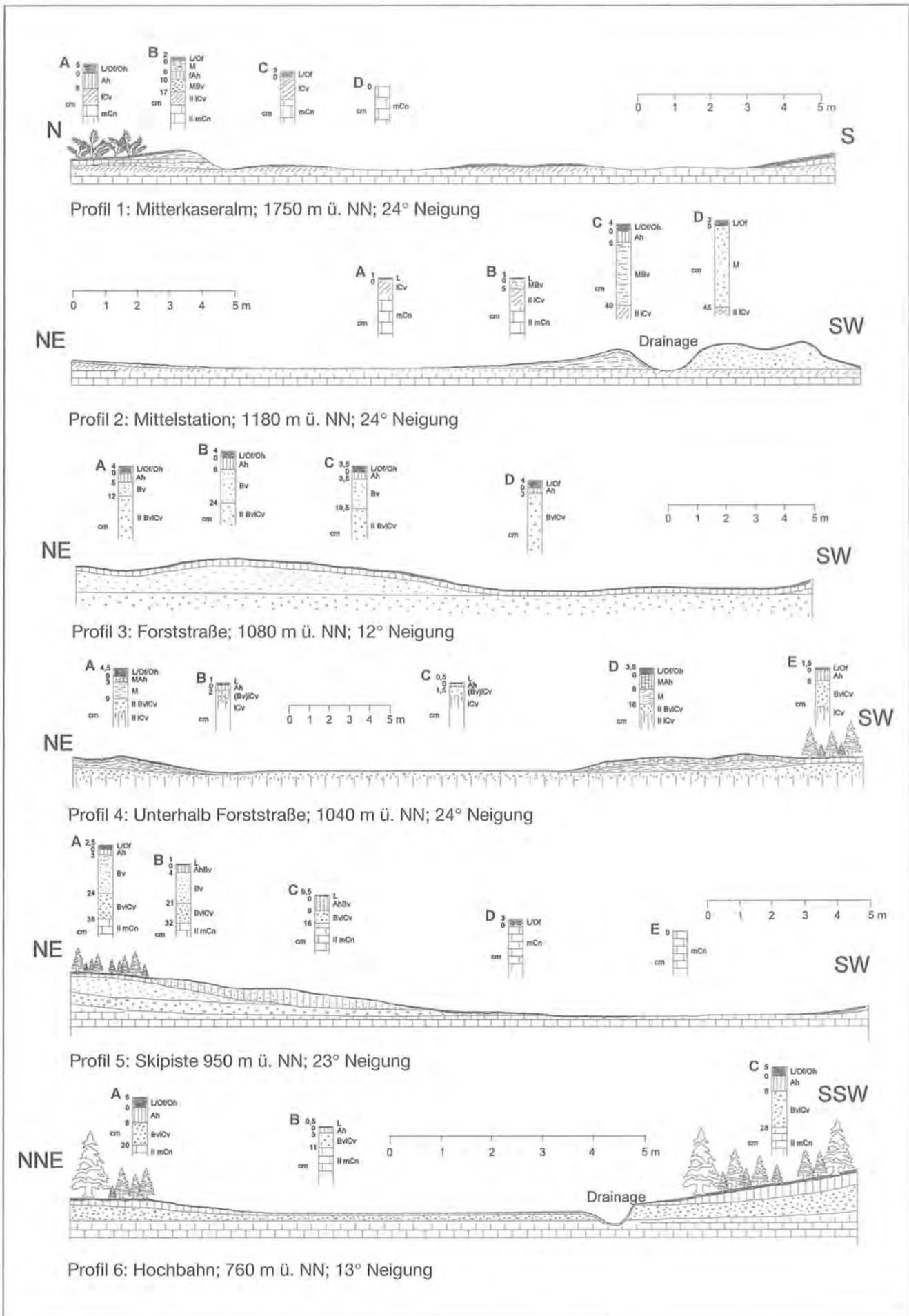
Horizont	Mächtigkeit cm	dB g/cm ³	PV %	Skelett %	Org. Substanz %	Wassergehalt Gew.-%
1) Bv (Skipiste)	0 – 5	2,13	19,62	54,9	0,6	9,2
2) ICv (Skipiste)	0 – 15	2,41	9,05	78,1	0,2	5,4
3) Bv (unbelastet)	6 – 40	1,41	46,97	22,2	1,1	22,8

dem Pfaffenkegel zur Mitterkaseralm. Die Vegetation erreicht in diesem Abschnitt der Piste zumeist nur Deckungsgrade von 50 bis 70 Prozent und zeigt zudem ein merkliches Florengefälle zwischen den ursprünglich gebliebenen Bereichen und den Ansaatflächen (SCHAUER 1981b: 170; vgl. auch QUILLET 1984: 179 f.).

Im mittleren Abschnitt teilt sich die Piste und verläuft in diesem Bereich über die almwirtschaftlich genutzten Jennerwiesen. Bis auf einen kurzen Pistenabschnitt entlang des Weges zur Forststraße hinab (in etwa 1360 m ü. NN Höhe) sind hier keine Schäden von Bedeutung.

Die Ursachen der Bodenabtragung im Bereich der Piste sind im einzelnen nicht konkret zu erfassen. Aktuelle Abtragungsleistung geht im Falle zu geringer Schneebedeckung generell von den Planierungen und dem Skifahren in Form von Skikantenschurf aus. Die beschriebenen umfangreichen Erdarbeiten im Zusammenhang mit dem Pistenbau führten allerdings ebenfalls zu einer starken Veränderung der Böden. Im Gelände werden deshalb die Einflüsse des gesamten Wintersportbetriebs auf die Böden betrachtet. Zu diesem Zweck wurden im vollständigen Verlauf der Jennerkipiste bodenkundliche Querprofile mit jeweils vier bis fünf Bodenaufnahmen gelegt, die die jeweiligen Stadien der Belastung anzeigen. Die Auswahl der Profilaufnahmen erfolgte hierfür an repräsentativen Standorten. Künstlich in den Fels eingelassene Pistenabschnitte (siehe ZWECKL 1986: 35, Abb. 8) blieben unberücksichtigt.

Die dargestellten Querprofile in Tafel 1 verdeutlichen den Einfluß des Wintersportbetriebs auf die Böden in hohem Maße. Im zentralen Bereich der Skipiste zeigen sich alle Bodenprofile völlig gekappt oder zumindest stark verkürzt. Im Vergleich zu den jeweiligen ungestörten Bodenprofilen benachbarter Böden außerhalb des Pistenbereiches kann dies entweder den gänzlichen Verlust des humosen Oberbodens einer Moderrendzina (Profil 1: Böden A + D) oder die völlige Abtragung des Lockersubstrates einer mittelgründigen Braunerde (Profil 5: Böden A + E) bedeuten. Profil 1, 2



Tafel 1: Skipistenprofile – Bodenaufnahmen jeweils quer zur Jennerskipiste (Bäume und Büsche nicht maßstabsgerecht).

und 4 zeigen gleichzeitig randlich zur Piste bis zu 45 cm mächtige kolluviale Akkumulationen (siehe Profil 2; Boden D). Die Ansammlung derart mächtiger Solumsedimente in unmittelbarer Nachbarschaft zu völlig gekappten Bodenprofilen sind deutlicher Beleg für die umfangreiche Abtragung und Umlagerung von Bodenmaterialien infolge der Planierungen für die Pistenpflege bzw. des Skipistenbaus.

4.3.2 Quasinatürliche Abtragungsvorgänge

Die in dieser Gruppe zusammengefaßten Abtragungsvorgänge sind in ihrem Auftreten initiiert durch eine Einflußnahme des Menschen. Sie laufen jedoch heute mehr oder weniger natürlich ab. Dies gilt vor allem für die Nivationsvorgänge auf unbewaldeten Weidehängen. Hier führten erst die im Zuge der Kulturnahme und Almnutzung durchgeführten Rodungen zu einer deutlichen Zunahme der schneedynamischen Prozesse unterhalb der natürlichen Waldgrenze und der daraus resultierenden sukzessiven Ausweitung der Abtragungsschäden.

Die Bodenabtragung in der direkten Folge von Weidewirtschaft und Viehbesatz werden ebenfalls m. E. als quasinatürliche Abtragungsvorgänge betrachtet. Diese Einordnung erfolgt hier aufgrund der Tatsache, daß die Abtragungsschäden auf die Trittbelastung von Weidetieren zurückzuführen sind.

Nicht aufgenommen werden bei der Betrachtung der quasinatürlichen Abtragungsvorgänge Erscheinungen des Humusschwundes auf Weidestandorten. Hier sei für das Untersuchungsgebiet auf die Arbeit von BOCHTER et al. (1981) hingewiesen.

4.3.2.1 Abtragungsvorgänge durch Nivation

Schneedynamische Vorgänge erreichen die umfangreichste Bodenabtragungsleistung im Jennergebiet. Annähernd alle Weidehänge der Almen oberhalb von 25 Grad Neigung sind mehr oder weniger stark von nivationsbedingter Blaikenbildung betroffen. Die hierfür verantwortlichen Schneebewegungen reichen von Schneegleitungen mit Geschwindigkeiten zwischen Millimetern und wenigen Dezimetern pro Tag bis hin zu Schneerutschen und Lawinenabgängen. Art und Geschwindigkeit der Schneebewegung sind dabei abhängig von den Schneedeckenmächtigkeiten, den Schichtungsverhältnissen und den Temperaturgradienten innerhalb der Schneedecke, dem Relief und der Oberflächenbeschaffenheit des Untergrundes, den Vegetationsverhältnissen sowie den äußeren klimatischen Bedingungen (ZENKE 1985: 50 f.; vgl. auch GUBLER o. J.: 1; FÖHN 1975).

Der Schneekriechvorgang, ein weiterer Schneebewegungstyp, bewirkt keine Bodenabtragung. Das Schneekriechen beschreibt einen innerhalb der Schneedecke ablaufenden Setzungsprozeß, bei dem sich die Schneedecke auf dem Untergrund nicht bewegt. Mit dem Eintreten einer Bewegung der gesamten Schnee-

• Morphologie des Abrißbereichs	punktförmig flächig	Lockerschneelawine Schneebrettlawine
• Rutschfläche	auf dem Untergrund in der Schneedecke	Boden-/Grundlawine Oberlawine
• Feuchtigkeit des Schnees	trocken naß	Trockenschneelawine Naßschneelawine
• Morphologie des Transferbereichs	Glatthang Graben/Runse	Flächenlawine Graben-/Runsenlawine
• Bewegung	durch die Luft am Boden	Pulver-/Staublawine Fließlawine

Abb. 10: Lawinenklassifikation (nach HAEFELI & DE QUERVAIN 1955: 73, leicht verändert).

decke, welche häufig auf Hängen oberhalb von 20 Grad Neigung einsetzen, vermehrt allerdings erst oberhalb von 30 Grad Hangneigung stattfinden (vgl. ZENKE 1985: 51, FISCHER 1984: 44; GUBLER o.J.: 2), setzt auch die Abtragung ein. Hierbei lassen die Schneebewegungen im einzelnen allerdings nur bedingt unterschiedliche Abtragsformen entstehen, so daß die Gliederung der zugehörigen Abtragungsschäden sinnvollerweise durch die Formenbeschreibung und die genetischen Merkmalen des eigentlichen Abtragungsvorganges erfolgt.

Das Lawinengeschehen stellt im Vergleich zu den weiteren Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet eine Besonderheit dar. Zum einen ist mit der Lawinentätigkeit und damit einhergehender Schurfleistung direkte Abtragung von Boden- und Gesteinsmaterial verbunden. Zum anderen beinhalten die Lawinenabgänge in bestimmten Bereichen gleichzeitig aber auch direkte Gefahren für den Menschen und seine Einrichtungen in der Landschaft (Siedlungen, Verkehrswege, Seilbahnen usw.). Damit stellt das Lawinengeschehen in bezug auf die hier untersuchten Massenbewegungen die einzige bedeutende Gefahrenart im Sinne einer Naturgefahr dar (KIENHOLZ 1981: 28), d. h. eine Gefährdung von Gebäuden usw. sowie Personen. Aus diesem Grund wird das Lawinengeschehen innerhalb der schneedynamischen Vorgänge gesondert betrachtet. Hierbei soll allerdings keine Lawinengefahrenkarte erstellt werden, wofür konkrete Reichweiten-, Fließhöhen- und Geschwindigkeitsberechnungen erforderlich wären (siehe hierzu u. a. LAATSCH 1978; SALM et al. 1990). Es wird vielmehr eine grobe räumliche Charakterisierung der Lawinensituation angestrebt, wobei das besondere Augenmerk auf das damit verbundene Abtragungsgeschehen gerichtet ist.

Lawinen bedeuten ein plötzliches Abrutschen von Schnee und Eis an Hängen. In Abgrenzung zu den Schneerutschen liegt nach Definition von HAEFELI & DE QUERVAIN (1955: 73) eine Lawine dann vor, wenn die Sturzbahn eine Länge von 50 m übersteigt.



Abb. 11: Der NW-exponierte Hang der Königstalalm im April 1992.
Deutlich sichtbar sind die durch Nivationsprozesse umgelagerten Boden- und Gesteinsmaterialien.



Abb. 12: Zwei blattanbruchförmige Gletschneerisse („Lawinenmäuler“) auf der Gotzentalalm im Januar 1992 .
Auf der schneefreien Bodenoberfläche ist das infolge der Schneeauflast teppichartig in Hangfallrichtung niedergelegte Lahnergras erkennbar, welches als Gleitfläche dient und somit Schneebewegungen begünstigt.

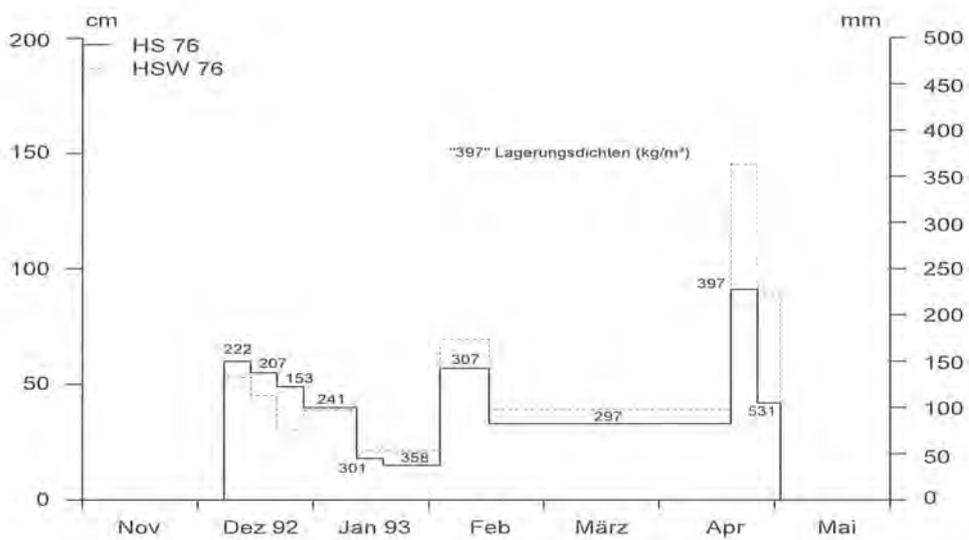
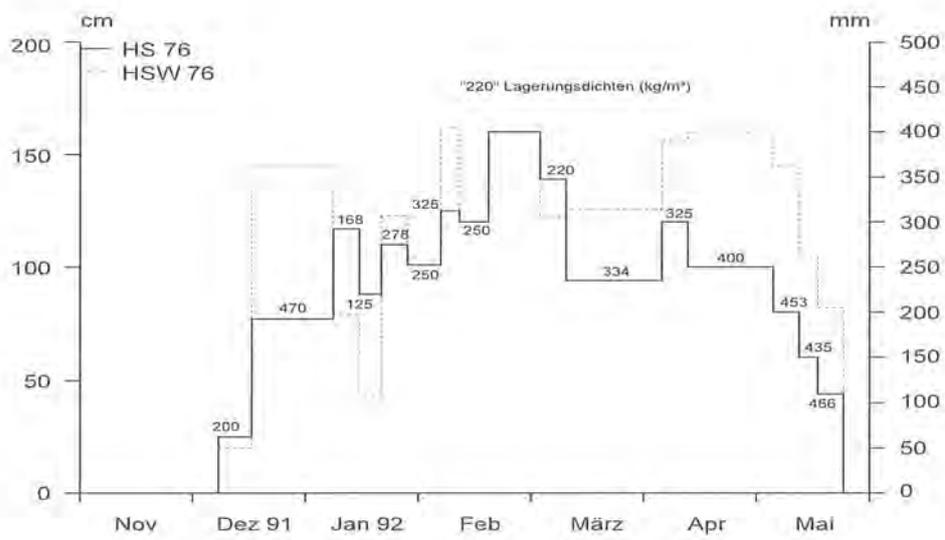
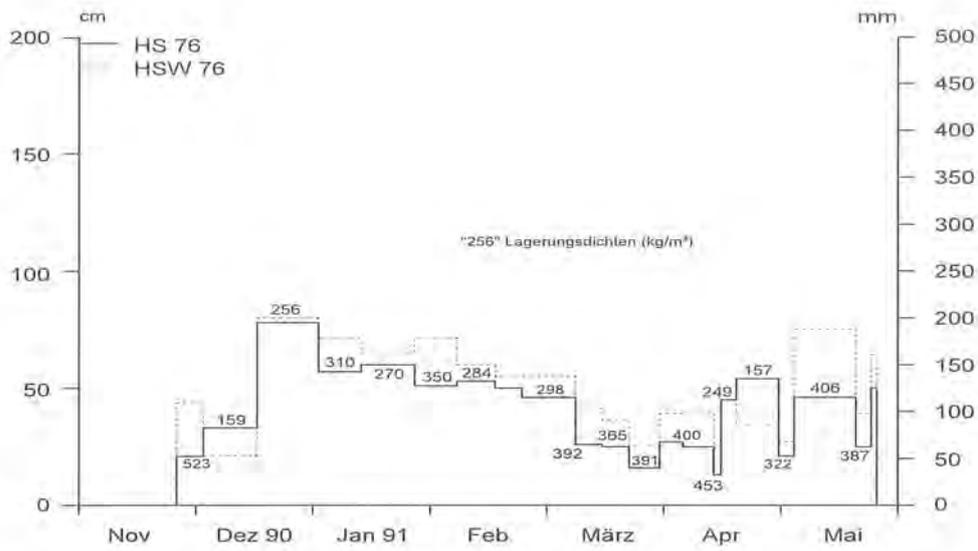


Abb. 13: Schneedeckenhöhen (HS) und Wasseräquivalente (HSW) der Schneedeckenzeiten 1990 bis 1993 am Königsberggrücken (MF 76; 1600 m ü. NN; Exposition NNE; Latschengebüsch; Quelle: RAU 1992, 1993a).

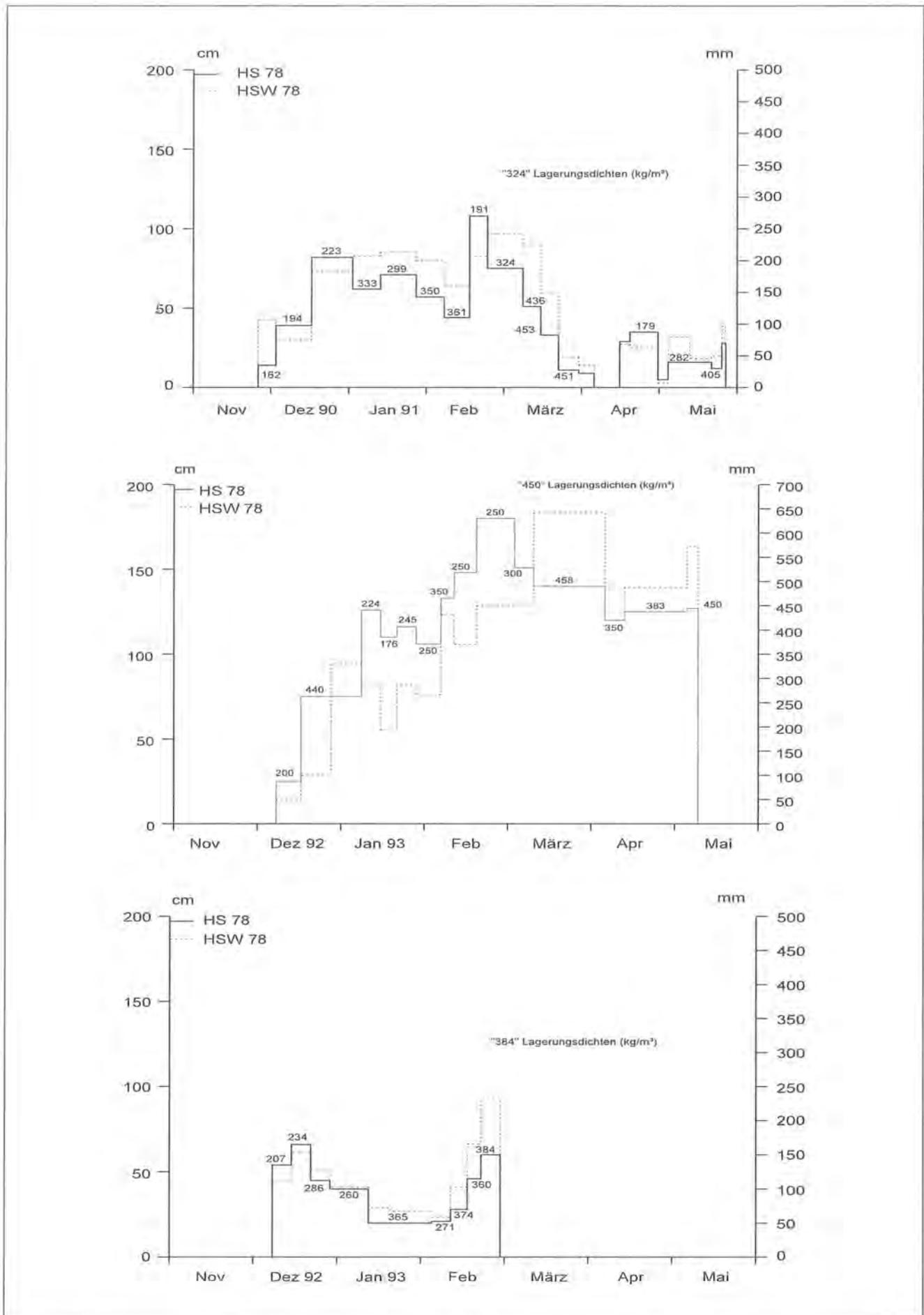


Abb. 14: Schneedeckenhöhen (HS) und Wasseräquivalente (HSW) der Schneedeckenzeiten 1990 bis 1993 am Sulzbergkaser (MF 78; 1580 m ü. NN; Exposition SO, Freiland; Quelle: RAU 1992, 1993a).

Die nicht selten sehr umfangreichen Schnee- und Eismassen können dabei Geschwindigkeiten von 10 – 40 m/sec erreichen (ZENKE 1985: 57), woraus sich die Fähigkeit zu bedeutender denudativer Tätigkeit ergibt (PIPPAN 1974: 305). Hierbei zeitigen die einzelnen im Hochgebirge auftretenden Lawinenarten (siehe Abb. 10) allerdings ganz unterschiedliche Abtragungsintensitäten und Abtragsformen.

Die größte Abtragungsleistung vermögen nasse Grund- oder Bodenlawinen zu bewirken. Vorrangig gilt dies für Grabenlawinen, die infolge der Kompression in der engen Sturzbahn eine erhöhte Reibung zur Folge haben (BAKKEHOI et al. 1982: 127). Aber auch Flächenlawinen können eine intensive Schurfleistung mit sich bringen, da diese sich mit zumeist erheblicher Masse und hoher Geschwindigkeit über die Bodenoberfläche gleitend talwärts bewegen. Hierdurch werden, bei talwärts zunehmender Geschwindigkeit, Rasenschollen ausgeschürft, Boden- und Gesteinsmaterialien abgetragen und mitgeschleppt sowie Buschwerk und Äste aus- bzw. mitgerissen.

In alpinen Bereichen sind derartig eingetiefte Lawinestriche (ZENKE & HILDEBRANDT 1983: 59) oder Lawinengassen sehr zahlreich zu beobachten. Sie stellen häufig auch Leitbahnen für Steinschlag (vgl. Kap. 4.3.3.4.1) oder bei Starkniederschlägen auch für Murbgänge dar (PIPPAN 1974: 303). Demgegenüber führen Pulver- oder Staublawnen in der Regel nicht zur Abtragung.

Besondere Bedeutung gewinnen in jüngerer Zeit auch Waldlawinen, die in entsprechend aufgelichteten Wäldern teilweise infolge zunehmender Waldschäden in Gang kommen und dort Abtragsschäden verursachen (vgl. ZENKE 1989: 171 – 178; BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1990; MEYERGRASS 1989: 206 – 208; MERWALD 1984).

Im Untersuchungsgebiet sind von den beschriebenen schneedynamischen Vorgängen Schneegleitungen, Schneerutsche mit Übergängen zu Schneebrettlawinen sowie Runsenlawinen abtragungswirksam. Abgänge von Waldlawinen bzw. damit einhergehende Schäden konnten nicht festgestellt werden. Dokumentierte Informationen über die schneedynamischen Verhältnisse im Jennergebiet liegen einzig bezüglich der Lawinensituation in Form des „Lawinenkatasters der bayerischen Alpen“ (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1991, Blatt 8444 Hoher Göll) vor. Im Lawinenkataster sind jedoch nur all jene Lawinestriche verzeichnet, auf denen Lawinenereignisse zu einer Gefährdung infrastruktureller Einrichtungen, Gebäuden oder Verkehrswegen geführt haben. Lawinen, die lediglich Bodenabtragung oder Schäden an der Vegetation zur Folge haben, sind und werden somit nicht erfaßt (ZENKE 1989: 164 f.; DEISENHOFER 1989: 13 ff.).

Hinsichtlich abtragungswirksamer schneedynamischer Vorgänge konnten im Untersuchungszeitraum drei Winter beobachtet werden. Im Vergleich der Winter 1990/91, 1991/92 und 1992/93 ist in erster Linie die lange und schneereiche Schneedeckenzeit 1991/92

von Bedeutung (vgl. Kap. 2.5). Wie Abb. 13 und 14 zu entnehmen ist, konnten von RAU (1992, 1993a) auf der Königsbergalm (Meßstelle Sulzbergkaser in 1580 m ü. NN) Schneehöhen von annähernd 200 cm gemessen werden. Aufgrund von akuter Lawinengefahr waren ein Großteil der Meßflächen nach den Schneefällen zu Jahresbeginn zwar nicht mehr erreichbar. Jedoch deuten die Angaben zum Schneedeckenaufbau sowie zur Schneedeckenentwicklung der Profilmessstelle Schneibsteinhaus (Schneetemperatur der basalen Schicht 0° C bei gleichzeitig hohem Wassergehalt) in Kombination mit der Schneehöhe auf die labilen Verhältnisse in Hangbereichen im Frühjahr 1992 hin. Diese brachten eine gegenüber den Vergleichswintern starke Schneebewegungstätigkeit mit sich, welche sich in mehreren Abgängen von Lawinen und Schneerutschen auf der Königstal-, Priesberg-, Gotzental- und Mitterkaseralm sowie dem Farrenleiten äußerte (siehe Abb. 11 und 12). Mit der erhöhten Schneedynamik dieses Gleitschneewinters ging auch eine deutliche Ausweitung von Nivationsschäden einher, welche nachfolgend im einzelnen näher beschrieben werden.

4.3.2.1.1 Schnee- und Lawinenschurf

Der Prozeß Schnee- und Lawinenschurf wird durch die abschürfende Leistung sich bewegender Schneedecken auf die Boden- und Gesteinsoberfläche oder auch auf die Vegetationsdecke bestimmt. Die eigentliche Schurfleistung des Schnees wird dabei durch erhöhte Reibungskräfte zwischen vom Schnee mitgerissenen Materialien wie Gesteinsbrocken oder Ästen und der überwanderten Oberfläche verstärkt (BUNZA 1982: 64). Bevorzugt setzt der nivale Schurf dort an, wo die Bodenoberfläche in Form einer Mikroreliefierung eine gewisse Rauigkeit aufweist, welche der sich bewegenden Schneedecke Angriffsfläche bietet (IN DER GAND 1968b: 319). Die abtragende Wirkung des Schnees vollzieht sich bei dem Prozeß Schneeschurf charakteristischerweise in einer schichtweisen Abho-belung zunächst der Vegetationsdecke, dann des humosen Oberbodens und nachfolgend der oberen Mineralbodenhorizonte. Ergebnis dieses Prozesses sind Schneeschurfblaiken, auf welche erstmalig KARL (1961) aufmerksam machte. Von nivalem Massenschurf besonders betroffen sind steilere Weidehänge der Almen oberhalb von 35 Grad Neigung. Diese Bereiche bieten häufig sehr günstige Voraussetzungen für eine verstärkte Bodenabtragung. Langgestreckte, glatte und steile Oberhänge stellen ideale Gleitbahnen für Schneebewegungen dar, insbesondere dann, wenn die Gräser unter der Last der Schneedecke teppichartig in Hangfallrichtung auf den Boden niedergedrückt sind. Die in diesen Oberhanglagen sehr häufig zu beobachtenden Schneeschurfblaiken zeigen jedoch, daß die Abtragungsleistung der Schneedecken bereits zum Zeitpunkt ihres Abreißens einsetzen und nicht erst, wie oft beschrieben (z.B. LAATSCH & GROTTENTHALER 1973: 8; SPATZ 1981: 50; BUNZA 1982: 65), beim Auftreffen auf Hindernisse während der Bewegung (siehe Kap. 5.1.1 bis 5.1.5).



Abb. 15: Charakteristische Schneeschorfblaiken am Ruck.

Das Erscheinungsbild der Schneeschorfblaiken ist uneinheitlich. Charakteristisch ist aufgrund der Genese lediglich ihre äußere Form. Sie ist in Hangfallrichtung länger ausgebildet als quer zum Hang (vgl. LAATSCH & Grottenthaler 1973: 14). Ansonsten zeigen sie unregelmäßige äußere Begrenzungen und weisen am oberen Rand nur selten eine Abbruchkante auf (vgl. KARL 1983: 161; siehe Abb. 15). Die Größen der Schneeschorfblaiken liegen im Arbeitsgebiet mehrheitlich zwischen 20 und 100 m². Eine Ausnahme bilden die großen Schneeschorfflächen im Oberhangbereich des NW-Hanges der Königstalalm mit etwa 500 m². Vom Schneeschorf sekundär überprägte weitere nivale Abtragsformen (Schneedruckblaiken oder Blattanbrüche, siehe Kap. 4.3.2.1.2 und 4.3.2.1.3) zeigen oft eine wannenförmige Ausprägung sowie eine charakteristische, kurz nach der Ausaperungszeit noch deutlich erkennbare Längsstriemung.

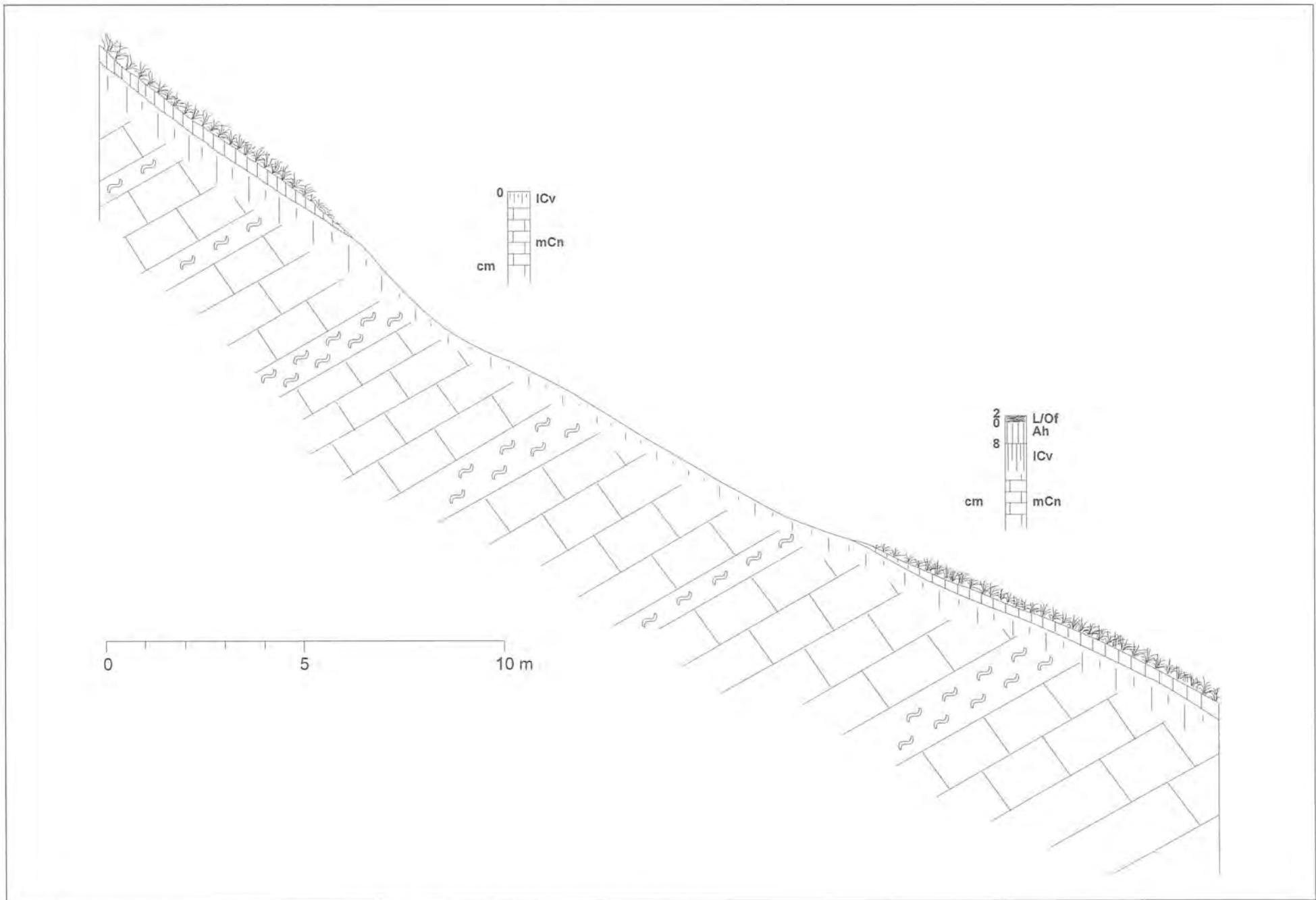
Die Lawinenschorfbliaken kennzeichnet demgegenüber eine Ausbildung in zahlreichen schmalen annähernd parallel zueinander verlaufenden Schurfbahnen, den Lawinengassen, die immer wieder von abgehenden Lawinen benutzt werden (PIPPAN 1974: 301). Häufig orientieren sich Lawinenabgänge auch an vorgegebenen Rinnen oder Runsen an den Hängen, die somit nicht selten auch innerhalb von Wäldern Leitbahnen für Lawinen darstellen. Im weiteren Verlauf werden derartige Rinnen immer weiter ausgeschürft und bis auf das

Anstehende vertieft (vgl. LAATSCH & GROTENTHALER 1973: 14; BLECHSCHMIDT 1990: 44).

Im Zuge der Arbeitsextensivierung in der Almwirtschaft oder völligem Auflassen ganzer Almbereiche in den letzten Jahrzehnten werden zahlreiche Weidehänge nicht mehr gleichmäßig beweidet und auch nicht mehr „geschwendet“ (Freihalten der Almfläche von aufkommendem Holzbewuchs; vgl. Kap. 4.3.2.2). In der Folge lassen die Weide- und Rasengesellschaften vielfach eine Sukzession in stärker verkrautete und verbuschte Mischgesellschaften erkennen. Hiermit verbunden ist ein verstärktes Auftreten des Borstgrases (*Nardus stricta*) und der Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*) sowie ein ungehindertes Wachstum dieser Gräser. Aufgelassene Almflächen zeigen häufig eine Verbuschung mit der Ausbildung von ausgedehnten Heidelbeerheiden (*Vaccinium myrtillus*), sich flächenhaft ausbreitenden Bergfarnen (*Lastrea limbosperma*), aufkommenden Grünerlen (*Alnus viridis*) oder unkontrolliertem Fichtenanflug. Sowohl die verringerte Almpflege durch Extensivierung als auch das Auflassen der Almweiden wirkt sich somit in jedem Fall negativ auf die Schadensentwicklung durch nivale Schurfprozesse aus. So ist anhand von Luftbildbetrachtungen und Geländebeobachtungen sowohl im Laufe der letzten Jahrzehnte als auch in den Jahren 1990 bis 1993 eine Ausweitung der Schneeschorfschäden zu verzeichnen (siehe Kap. 4.5 und 5.1.1 bis 5.1.5). Auf diese Zusammenhänge wies erstmalig KARL (1961: 54) hin. Seitdem bestätigen auch zahlreiche Untersuchungen in anderen Bereichen der Alpen eine Zunahme der Abtragschäden im Zuge des strukturellen Wandels in der Almwirtschaft (z. B. KARL & DANZ 1969: 67; LAATSCH & GROTENTHALER 1973: 14; SCHAUER 1975: 15; SPATZ 1981: 53; KARL 1983: 163; AMMER et al. 1986: 52; BLECHSCHMIDT 1989: 123 f.).

Die Ausbildung größerer starrer Horste von *Deschampsia caespitosa* und *Nardus stricta* auf den sich unpfleglich entwickelnden Weidehängen bieten den Schneebewegungen vermehrten Widerstand, ohne sie jedoch aufhalten zu können. Die Scherkraft der Schneedecke bewirkt dann ein Ausreißen einzelner Grasbüschel, wodurch die Vegetationsdecke verletzt wird und neue Ansatzpunkte für weitere Schurfarbeit des Schnees oder Abspülungsprozesse gegeben sind.

Die Böden der untersuchten, besonders von Schneeschorfprozessen betroffenen Standorte sind überwiegend Moderrendzinen über Dolomit oder Hartkalken, flachgründige, teilweise bereits kolluvial überdeckte Braunerden oder geringmächtige Kolluvien über Festgesteinszersatz (siehe Tafel 2). Allen betroffenen Böden gemeinsam ist ein bereits oberflächennah hoher Skelettgehalt von bis zu 50 Prozent (siehe Tab. 20 und 30). Die von der schützenden Vegetationsdecke entblößten skelettreichen Mineralbodenhorizonte erlauben hier eine leichte Aufnahme von gröberen Gesteinsmaterialien durch die Schneemassen. Nachfolgend ergibt sich hieraus ein Verstärkungseffekt auf die weitere Schurfleistung. Dieser Effekt wurde besonders an frischen Schneeschorfblaiken augenscheinlich, deren



Tafel 2: Charakteristischer Querschnitt einer Schneeschorfblaike (Geologischer Untergrund schematisiert).



Abb. 16: Durch Schneeschub entwurzelter Grünerlenbusch mit der Bildung einer tiefreichenden Schneedruckblaike.

Flächen zahlreiche, durch mittransportierte Gesteinsbrocken hervorgerufene, in Hangfallrichtung ausgebildete Strimungen aufwiesen.

Von Schneeschurfprozessen geschädigte Bereiche im Untersuchungsgebiet sind mehr oder weniger umfangreich auf fast allen stärker geneigten, zumeist heute aufgelassenen Lichtweideflächen anzutreffen. Eindrucksvolle Beispiele von Schneeschurfblaiken sind insbesondere am Oberhang des NW-exponierten Hanges auf der Königstalalm zu beobachten (siehe Abb. 28), auf die im Rahmen der Beschreibung der Untersuchungsfläche II (Kap. 5.1.2) näher eingegangen wird. Ebenfalls umfangreichere Schäden infolge von Schneeschurfprozessen sind weiterhin auf dem westexponierten Hang des Hohen Bretts, auf der Mitterkaseralm und der Krautkaseralm, auf der ostexponierten Flanke des Farrenleitenrückens, am unteren Waldrand östlich der Sillenköpfe, verschiedentlich am Ruck und dem Hohen Roßfeld oberhalb von 1700 m ü. NN und an der Südflanke des Königsberggrückens anzutreffen. Mehrere Lawingassen ziehen vom Jennergipfel vornehmlich die Nordwestflanke hinunter bis zur Höhe des Wanderweges vom Parkplatz Hinterbrand über Jennerbahnmittelstation zur Königsbachalm. Nach Angaben des Lawinenkatasters (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1991) werden diese Lawingassen auch jährlich bestrichen (Stufe I, Rot).

Im Anschluß an die Ausaperungszeit 1992 war in der Folge von umfangreichen Schneebewegungen im Ver-

laufe des Frühjahrs eine deutliche Zunahme an Schneeschurfschäden im Untersuchungsgebiet festzustellen. Meistenteils äußerte sich diese Zunahme in einer flächenhaften Vergrößerung bereits bestehender Schurfblaiken. Betroffen waren hiervon insbesondere der NW-Hang der Königstalalm (vgl. Untersuchungsfläche II, Kap. 5.1.2), der W-Hang auf der Priesbergalm (Untersuchungsfläche IV, Kap. 5.1.4) sowie der ENE-Hang des Farrenleiten (Untersuchungsfläche V, Kap. 5.1.5).

4.3.2.1.2 Schneedruck

Treffen in Bewegung geratene Schneedecken auf größere Hindernisse wie Felsbrocken, Erlengebüsche, einzeln stehende Bäume oder auch beschriebene höhengleich geführte Pfade, beginnt der Schneedruck oder auch Schneeschub auf derartige Hindernisse zu wirken. Nach Messungen schweizerischer Schnee- und Lawinenforscher können hier Lasten von mehreren Tonnen auf diese Hindernisse wirken (ZENKE 1985: 52 nach FREY 1977). Eindrucksvolle Beispiele dieser Kräfte sind im Arbeitsgebiet besonders der ausgeprägte Säbelwuchs an zahlreichen auch ausgewachsenen Fichten, Tannen und Lärchen sowie zwei etwa 5 Meter hohe Lärchen auf der Königstalalm, die samt ihrem Wurzelteller hangabwärts bis in das Königstalmoos abgeschoben wurden (vgl. Kap. 4.5.2). Von dem mechanischen Prinzip sind die Vorgänge des Schneedruckes mit denen des Schneeschurfes vergleichbar. Aufgrund der unterschiedlichen Dimension der Vor-

gänge und der hieraus resultierenden abweichend ausgebildeten Abtragsformen werden die Schneeschubvorgänge vom Schneeschurf differenziert betrachtet.

Größere Bodenschäden gehen in der Folge von Schneeschubvorgängen insbesondere durch das Entwurzeln von Bäumen aus. Analog zu den Schneeschurfschäden im Ausgang des sehr schneereichen Winters 1991/92 konnten auf Weidehängen im Arbeitsgebiet auch zahlreiche frisch ausgerissene Bäume, vorzugsweise junge Fichten, aber auch größere Erlengebüsche beobachtet werden (siehe Abb. 16). Das Ausreißen der Pflanzen samt Wurzelstüben bewirkte hier bereits Blaikenbildungen von bis zu drei Quadratmetern Fläche mit einer Mächtigkeit der vom Wurzelwerk mitgerissenen Bodenschichten von bis zu 40 cm. Aufgrund dieser Beobachtungen ist eine natürliche Wiederbewaldung von aufgelassenen Lichtweideflächen in steileren, gleitschneeaktiven Hanglagen (oberhalb von 30 Grad) und damit ein natürlicher Schutz vor nivaler Abtragung sehr in Frage zu stellen (vgl. auch POPP 1984: 204).

Größere Felsbrocken können ebenfalls von der wandernden Schneedecke mitgerissen werden, wobei sich der Gesteinsbrocken pflugartig in den Boden gräbt und tiefe Schurfrinnen hinterläßt (vgl. SPATZ 1981: 52 f., Abb. 5). Auf dem NW-Hang der Königstalalm ist derart ein Felsbrocken etwa zwanzig Meter hangabwärts transportiert worden (siehe Abb. 28). Die zugehörige Schurfbahn mit teilweise bis zu 40 cm Tiefe und die vorgelagerte Schubmasse des abgeschürften Bodenmaterials ist deutlich erkennbar.

Eine Abhängigkeit des Schneedruckvorganges von der Ausbildung der betroffenen Böden ist nicht vorhanden. Das Schadensausmaß ist allerdings m. E. von den Bodenverhältnissen abhängig. So hat z. B. das Ausreißen flachwurzelnder Fichten auf extrem skelettreichen Rendzinen absolut betrachtet einen quantitativ geringeren Bodenabtrag zur Folge als das Ausreißen von Erlengebüschen oder tiefer wurzelnden Tannen und Lärchen aus einer tiefgründigen Braunerde.

Im Falle der Schneedruckblaiken wird die Zunahme der Bodenabtragsschäden im Zusammenhang mit den Veränderungen in der Almwirtschaft besonders deutlich. Zu Zeiten des Vollbetriebs der Almen wurden besonders die auf stärker geneigten Hängen befindlichen Weiden arbeitsaufwendig gepflegt. Diese Pflege beinhaltete sowohl das Räumen größerer Gesteinsbrocken als auch das Schwenden von Erlen- und Fichtenjungwuchses. Somit wurden Bodenschädigungen infolge von Schneedruckvorgängen weitgehend wirksam verhindert.

4.3.2.1.3 Blattanbruchbildung

Die Blattanbruchbildung stellt neben den Schneeschurfprozessen im Hinblick auf den Flächenanteil der Schäden den bedeutendsten Abtragungsvorgang im Jennergebiet dar. Im Unterschied zu dem nivalen Schurf kommt es durch die Blattanbruchbildung zu ei-

ner plötzlichen Abtragung ganzer kompakter Bodenschichten mit der Vegetationsdecke in Form von Bodenschollen. In bezug auf die Abtragsleistung und die damit verbundene ökologische Auswirkung, d. h. qualitative Standortminderung, bewirken die Blattanbrüche die umfangreichsten Schäden. Besonders betroffene Regionen sind: die Königstalalm mit dem SW-Hang (Untersuchungsfläche I), dem SE-Hang (Untersuchungsfläche III) und dem Ruck; die Priesbergalm mit dem westexponierten Hang am Weg zum Seeleinsee (Untersuchungsfläche IV); die SW-Flanke des Farrenleiten (Untersuchungsfläche V) sowie auf dem Hohen Roßfeld und am Warteck, dem Nordabfall der Gotzenalmhochfläche.

Der typische Blattanbruch zeigt eine ovalähnliche Form und ist höhenlinienparallel breiter ausgebildet als in Hangfallrichtung. Die Größe der Blaiken betragen dabei in der Regel 15 bis 100 m². Als Ausnahme können zwei große Blattanbrüche am Warteck gelten, die jeweils etwa 200 m² groß sind. Ein weiteres charakteristisches Merkmal sind scharf begrenzte, bogenförmige Abrißkanten, welche, gemessen von der Scherfläche bis zur Bodenoberfläche, Höhen von 20 bis 50 cm erreichen. In einigen Fällen weisen die Oberkanten der Blattanbrüche eine mehrfache Staffelung auf, die eine treppenförmige Ausbildung der Oberkante zur Folge hat. Hiermit ist bereits eine sekundäre Ausweitung der Schäden durch weitere Schneebewegungen angezeigt.

Aquatische Spülprozesse im Verlauf von intensiven Niederschlagsereignissen und hohen Oberflächenabflüssen sorgen für weitere Materialverluste auf den entblößten Blaikenflächen. Hierbei dominieren allerdings weniger linienhafte Erosionsvorgänge, sondern eindeutig denudativ wirkende Spülvorgänge, wodurch Spülrinnen verhältnismäßig selten zu beobachten sind. Die Ansammlung von Skelettkomponenten überwiegend größer 20 mm auf den Blaikenoberflächen zeugt hier von dem weitgehenden Verlust der feineren Bodenkomponten infolge der stetigen flächenhaft wirkenden Abspülung. Der hierdurch entstehende Steinchenpanzer bietet allerdings einen gewissen Schutz vor neuerlichen Spülvorgängen durch die Verminderung der Planschwirkung („splash“) und damit verbundener Materialaufbereitung (vgl. STOCKER 1985: 62). In Extremlagen kommt es auf solchen vegetationsfreien Standorten aber dennoch zu beträchtlichen Abtragsmengen, welche bei Messungen auf einer Blaike im Untersuchungsgebiet Allgäu des Bodenforschungsprojektes mit 10 bis 20 t/ha/a beziffert werden, was dort einer Tieferlegung des Geländes von 2 – 6 mm pro Jahr entspräche (NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN 1993: 61).

Das mancherorts flächenhafte Aufkommen des Huflattich (*Tussilago farfara*) als typischer Pioniervegetation auf den Blaikenflächen zeugt zwar von einem Ansatz einer Wiederbesiedlung durch die Vegetation, jedoch konnten im Untersuchungsgebiet nur vereinzelt weitgehend wiederbewachsene ehemalige Blattanbrüche festgestellt werden. Eine natürliche Regeneration der



Abb. 17: Abrißkante eines Blattanbruches entlang einer zugrißähnlichen Struktur auf dem SW-exponierten Hang der Königstalalm.

Vegetationsdecke ist somit aufgrund anhaltender schneedynamischer Prozesse sowie den Feinmaterialverlusten in Frage zu stellen.

Der komplexe und in seinen Ursachen noch nicht endgültig geklärte Vorgang der Blattanbruchbildung wird vor allem von SCHAUER (1975) ausführlich behandelt und ist derzeit Gegenstand bodenkundlicher und bodenphysikalischer Untersuchungen durch A. STAHR (1994). Den Begriff „Blattanbruch“ oder auch „Plattenanbruch“ prägte bereits STINY (1931: 52 – 58). Zumeist werden Blattanbrüche angesehen als Resultat von Translationsbodenrutschungen entlang präformierter Gleitflächen innerhalb des Solums betroffener Böden oder an der Grenzfläche Boden/anstehendes Gestein, welche vorwiegend im Verlauf von sommerlichen Starkregen entstehen (z. B. STINY 1931: 52 – 58; HÖLLERMANN 1964: 61; SANKTJOHANSER 1964: 35; LAATSCH & GROTTENTHALER 1972: 317; KARL 1981: 123; 1983: 162 f.; BUNZA 1982: 25 f.; ZWECKL & SPANDAU 1987: 123; vgl. auch KARL & DANZ 1969: 62 – 67). Synonym betrachtet werden Vorgänge des Rasenschälens (LESER & PANZER 1981: 108) bzw. des Rasengleitens (BRUNNER & SCHEIDEGGER 1975: 29 f.) sowie des rückschreitenden Narbenabtrags (SCHAD et al. 1992: 92). Lediglich BLECHSCHMIDT (1989: 49) und MÖSSMER (1985b: 81) führen ein Gros der Blaiktenbildungsprozesse auf winterliche Niederschläge zurück.

Nach Auffassung von SCHAUER (1975: 19) kommt es an steilen Grashängen durch Bewegungen der auflagernden Schneedecke, deren Scherkräfte vor allem von horstbildenden Gräsern (*Deschampsia caespitosa*, *Nardus stricta*) flächenhaft auf die Bodenoberfläche übertragen werden zur Ausbildung von Zugrissen. Bei Starkregen im Sommer oder auch im Verlaufe der Ausaperung im Frühjahr, dringt in diese Zugrisse Wasser ein, fließt an der Untergrenze eines einheitlich ausgebildeten Wurzelhorizontes ab und bildet einen Ausspülungshorizont. Dieser Ausspülungshorizont wird aufgrund der erhöhten Wasserzügigkeit und einer daraus resultierenden Scherwiderstandsabnahme zum Gleithorizont, auf dem die Bodenscholle durch Starkregen oder auch infolge hoher Schneeauflast abgleiten kann.

Der Frage, ob es sich bei der Blattanbruchbildung um einen translationsförmigen Rutschungsvorgang entlang präformierter Gleitflächen handelt, wie ihn SCHAUER beschreibt, oder um einen rein nivalen Abtragungsvorgang infolge von abscherenden Kräften der Schneedeckenbewegungen oder um eine Kombination aus beidem, kann sich in der vorliegenden Untersuchung nur anhand der Geländebeobachtungen und Arbeiten auf den Untersuchungsflächen genähert werden. Zur weiteren Klärung dieser Frage bleiben vor allem die Ergebnisse bodenkundlicher Untersuchungen, Scherversuchen und Plastizitätsgrenzenbestimmungen betroffener Böden von A. STAHR (1994) abzuwarten.

Die Untersuchungen an zahlreichen Blattanbrüchen im Jennergebiet zeigen, daß die Abtragstiefen nur selten mit den Mächtigkeiten der durchwurzeltten Horizonte identisch sind (vgl. Kap. 5.1.1). Darüberhinaus konnten auf den Weidehängen der Almen auch nur untergeordnet vergleichbare Zugrisse, wie sie SCHAUER beschreibt, beobachtet werden.

Bodenkundliche Untersuchungen an solchen zugrißähnlichen linienhaften Strukturen ließen keine Ansätze von Ausspülungshorizonten oder Vernässungszonen innerhalb des Bodenaufbaus der talwärtigen Böden erkennen. Vielmehr ist entlang dieser linienhaften Strukturen eine Absetzung zu beobachten, d. h., daß Bodenschichten infolge der Schneeauflast zueinander verstellt sind, wobei die talwärtigen Bodenschichten um etwa 20 cm abgesunken sind. Ein Verlust von Solummaterial oder gar ein horizontaler Versatz findet dabei nicht statt.

Im Mai 1992, zur Zeit der Ausaperung, konnten auf dem SW-Hang der Königstalalm erstmalig die frisch abgetragenen Bodenschollen einer neuen Blattanbruchbildung und eines deutlich erweiterten Blattanbruches beobachtet werden. Die etwa hundert Meter hangabwärts transportierten Schollen lagerten dabei direkt den lobenförmig im Unterhangbereich und am Hangfuß akkumulierten Schneerutschmassen auf. Einige der verlagerten Schollen blieben im Verband, so daß eine Rekonstruktion der ursprünglichen Verhältnisse in Form eines Vergleiches der Schollen mit der Situation am direkten Abriß erfolgen konnte. Messungen an den teilweise quadratmetergroßen Schollen (siehe Abb. 19 und 20) ergaben Mächtigkeiten von 45 cm, welche exakt mit der Abtragstiefe des neuen Blattanbruches gemessen an der Abrißkante übereinstimmte. Darüberhinaus konnte festgestellt werden, daß die frische Abrißkante des erweiterten, inzwischen etwa 80 m² großen Blattanbruches genau einer oben beschriebenen zugrißähnlichen Absetzungslinie folgt (siehe Abb. 17).

Aufgrund dieser Beobachtung kann davon ausgegangen werden, daß zwar den Blattanbruchbildungen im Arbeitsgebiet ein beschriebenes Initialstadium vorausgeht, die Theorie von SCHAUER jedoch den Prozeß Blattanbruchbildung zumindest im Arbeitsgebiet Jenner nicht ausreichend erklärt.

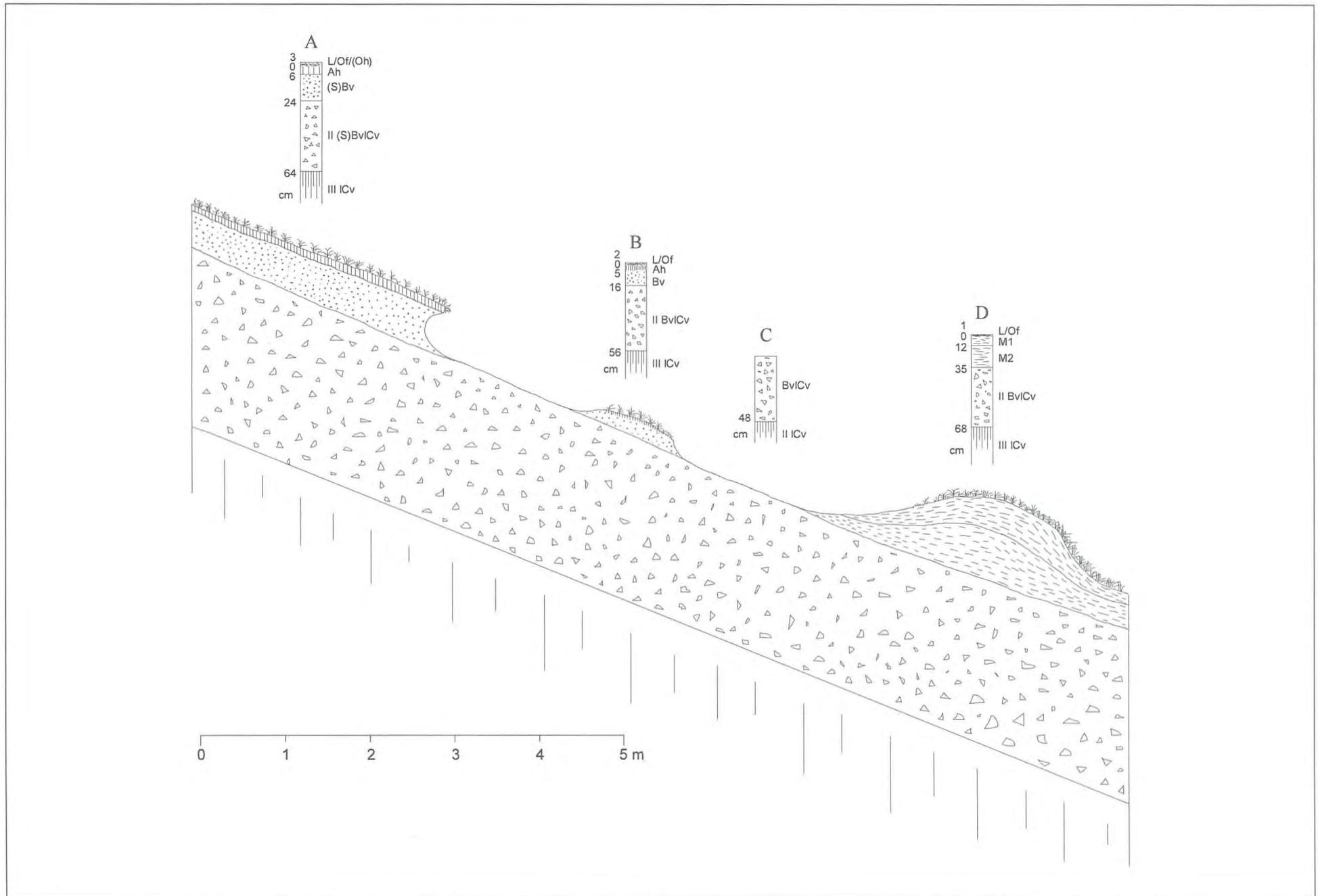
Die im Rahmen der Arbeiten auf den Untersuchungsflächen durchgeführten bodenkundlichen Aufnahmen der durch Blattanbrüche geschädigten Böden (siehe Kap. 5.1.1 bis 5.1.5) lassen erkennen, daß der Abtragungsvorgang der Blattanbruchbildung zum großen Teil nur tiefgründige Böden betrifft. Gleichzeitig steht ihr Auftreten fast ausschließlich in Zusammenhang mit einer natürlichen, bereits im Boden vorliegenden Unstetigkeitsfläche im vertikalen Bodenaufbau (STAHR & DOMMERMUTH 1993: 17).

Hierbei handelt es sich entweder um geologische Schichtgrenzen innerhalb der Böden oder vereinzelt auch um pedogenetische, deutlich ausgebildete Horizontgrenzen. Die Höhen der Abrißkanten zeigen sich

dabei fast immer identisch mit den Schichtmächtigkeiten im benachbarten unversehrten Boden (siehe Tafel 3), was durch die direkten Messungen an den verlagerten Bodenschollen bestätigt wird. Kennzeichnend für den Übergang der hangenden vom Abtragungsvorgang betroffenen Bodenschicht zur liegenden Bodenschicht entlang der geologischen Schichtgrenze, ist ein sprunghafter Wechsel der Korngröße zu gröber texturiertem (häufig lehmigerem) Substrat, verbunden mit einem deutlichen Anstieg des Skelettgehaltes und der effektiven Lagerungsdichte nach unten hin. Bodenmechanisch bedeutet dies für den Boden eine Teilung in eine labile hangende Schicht und eine stabile liegende Schicht. Die Labilität der hangenden Schicht ergibt sich aus der vergleichsweise lockeren Lagerung des in der Regel skelettarmen, schluffreichen Substrats und einer zumeist starken Durchwurzelung. Demgegenüber kennzeichnet die liegende Bodenschicht eine deutlich dichtere Lagerung, eine nur geringere Durchwurzelungsintensität, vor allem aber ein deutlich höherer Gehalt an Grobbodenanteilen. Infolge zahlreicher Korn-zu-Korn-Kontakte bildet sich ein relativ stabiles Korngerüst aus, womit die liegenden Bodenschichten im Vergleich zu den hangenden Bodenschichten eine höhere Standfestigkeit gegenüber einer Scherbelastung (vgl. HARTGE & HORN 1991: 35; siehe auch LAATSCH & GROTTENTHALER 1973: 28, 45) und die entsprechenden Böden somit eine naturgegebene Labilitätszone bei mechanischer Beanspruchung besitzen (DOMMERMUTH & STAHR 1992: 20 f.).

In den Sommern 1990 bis 1993 konnten trotz der teilweise hohen Niederschlagsmengen und auch intensiven Einzelereignisse (siehe Abb. 4; vgl. FELIX & JOHANNES 1993: 40 f., 47 – 52) keine Blattanbruchbildungen verzeichnet werden. Ebenso führten auch starke Vernässungen der Böden nach den Schneeschmelzen in den Jahren 1991 und 1993 zu keiner Ausweitung der Blattanbruchschäden. Demgegenüber hatte eine deutlich erhöhte Schneedynamik im Frühjahr 1992 umfangreiche Nivationsschäden zur Folge. Diese Tatsache und die oben beschriebenen Beobachtungen legen die Vermutung nahe, daß der auslösende Abtragungsvorgang der Blattanbruchbildung ursächlich auf die Scherkräfte von Schneedeckenbewegungen zurückzuführen ist. Hierfür sprechen auch die Formen von Gleitschneerissen im Volksmund als „Lawinenmäuler“ bekannt (ZENKE 1985: 52), welche eine auffällige Ähnlichkeit mit den Blattanbrüchen aufweisen (siehe Abb. 12).

Größere Schneedeckenauflasten haben im Falle von Schnee- und Lawinenebewegungen auf dem Boden (Grund- oder Bodenlawinen) in Abhängigkeit von der Mikromorphologie (Morphologie der Bodenoberfläche und der Vegetation) eine flächige Übertragung des Druckes bzw. der Scherkräfte auf die oberen Bodenbereiche zur Folge. Es kann davon ausgegangen werden, daß dies aufgrund der beschriebenen Labilität der Mehrschichtböden gegenüber der Scherbelastung, im Zuge gleichzeitig starker Vernässung der oberen Bodenschichten zur Zeit der Ausaperung (bis zu 500 mm Wasserabgabe



Tafel 3: Charakteristischer Querschnitt eines Blattanbruches (zu Profil A siehe auch Profil 1 in Kap. 5.1.1).

aus den Schneedecken, siehe Abb. 13 und 14) und dem damit zusammenhängenden Strömungsdruck auf die Bodenkomponenten, das Abscheren ganzer Bodenschollen bewirkt.

Beobachtungen an initialen Blattanbrüchen auf der Krautkaseralm, deren Schollen zunächst nur um etwa 20 cm blattförmig hangabwärts verschoben waren (siehe auch Abb. 18), zeigten im Bereich der zerrütteten Scherfläche eine etwa 5 cm mächtige Vernäsungszone, in der ein deutlicher Hangwasserzug festzustellen war. Dieser Hangwasserzug im Bereich der Scherfläche sorgt für eine Herabsetzung des Scherwiderstandes aufgrund der abnehmenden Kohäsion und dem zunehmendem Strömungsdruck, und kann somit dem weiteren Abtragungsvorgang zusätzlichen Vorschub leisten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse und Beobachtungen kann zusammenfassend davon ausgegangen werden, daß die Blattanbruchbildung ursächlich auf die abscherende Krafteinwirkung von Schneebewegungen auf den Boden zurückzuführen ist. Mitverursachend wirken sich hierbei vermutlich die temporär sehr hohen Bodenwassergehalte der oberen, später von der Abtragung betroffenen Bodenschichten aus, die im Zuge von Schneedeckenausflüssen in den Boden zur Auserungszeit entstehen (RAU 1993b). Die Blattanbruchbildung kann somit nicht als eine reine Massenselbstbewegung in Form einer Rutschung angesehen werden. Vielmehr muß eine Kombination aus Massentransport und Massenselbstbewegung angenommen werden, wobei dem Transport eine größere Bedeutung zukommt.

Gesicherte Aussagen hinsichtlich einer anthropogenen Einflußnahme auf die Abtragungsdynamik der Blattanbruchbildung im Laufe der letzten Jahrzehnte oder auch derzeit z. B. in Form veränderter Wirtschaftsweisen in der Berglandwirtschaft können anhand der bisherigen Ergebnisse nicht gemacht werden. Die nach SCHAUER (1975: 3 – 8) schadensbegünstigenden Artenzusammensetzungen der nicht mehr oder nur noch extensiv beweideten Rasen- und Wiesengesellschaften konnten speziell im Umfeld zahlreich auftretender Blattanbrüche zumindest nicht festgestellt werden (siehe Vegetationsaufnahmen in Kap. 5.1.1 bis 5.1.5). Ebenso konnte, wie später noch gezeigt wird, keine Auswirkung der dominanten Wuchsformen (etwa von horst- oder polsterbildenden Arten) in Richtung einer hierdurch erhöhten Disposition zur Blattanbruchbildung erkannt werden. Vielmehr zeigen die Beobachtungen im Untersuchungsgebiet eine weitgehende Unabhängigkeit der Blattanbruchbildung von der Rasendifferenzierung. Hiernach kann davon ausgegangen werden, daß selbst ein geregelter und pfleglicher Weidebetrieb auf solchen Almstandorten keinen Schutz der bereits natürlicherweise labilen Böden vor Abtragung gewährleisten würde.

Dennoch steht die auch in anderen Alpenregionen beobachtete Zunahme von Blattanbrüchen (etwa von KARL 1961: 54; KARL & DANZ 1969: 67; SCHAUER



Abb. 18: Initialer Blattanbruch am Oberhang des SW-Hanges der Königstalalm.

Die aufgeklappte Rasenscholle ist deutlicher Beleg für die flächenhafte bodenabtragende Wirkung von sich über der Bodenoberfläche bewegenden Schneemassen.

1975: 1; KELCH et al. 1977: 134; AMMER et al. 1986: 52; BLECHSCHMIDT 1990: 31) im Zusammenhang mit einem Ausbleiben von Almpflegemaßnahmen. Diese Almpflege umfaßte früher auch eine Ausbesserung und Wiederbegrünung von Blaiken (vgl. ALPENINSTITUT FÜR UMWELTFORSCHUNG UND ENTWICKLUNGSPLANUNG 1975: 76), welche wohl mit dem Entstehen von neuen Blaiken Schritt hielt.

4.3.2.2 Abtragungsvorgänge durch die Almwirtschaft

Das Arbeitsgebiet zählt insgesamt elf heute noch bewirtschaftete Almen, wovon acht innerhalb des Nationalparkbereiches liegen.

Aufgrund traditioneller Weiderechte werden auch die Almen innerhalb der Nationalparkgrenzen jedes Jahr in den Sommermonaten Juni bis Oktober mit Weidevieh bestoßen. Der Weidebetrieb verteilt sich hierbei allerdings sowohl zeitlich als auch zahlenmäßig nicht gleichmäßig auf den einzelnen Almen. Die höher gelegenen Almen dienen zumeist als Hochleger mit entsprechend kürzeren Beweidungszeiten.



Abb. 19: Der SW-Hang der Königstalalm kurz nach der Ausaperung im Mai 1992.



Abb. 20: Frisch abgetragene Bodenschollen einer Blattanbruchbildung auf dem SW-Hang der Königstalalm.

Tab. 7: Übersicht der Almen im Jennergebiet (Quelle: NPV, BAYER. LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT 1993).

Almen	Almlichte (ha)	Meereshöhe	Weidezeit	Bestoß (GVE)	Im Nationalpark
Büchsenalm (N)	23,71	1180–1280	Juni bis Oktober	68,9	ja
Königsbachalm (N)	37,16	1180–1340	Juni bis Oktober	100,4	ja
Wasserfallalm (N)	29,74	1200–1340	Juni bis Oktober	42,4	ja
Vogelhüttenalm (N)	23,71	1200–1420	Juni bis Oktober	41,2	nein
Krautkaseralm (N)	48,71	1180–1520	Juni bis Oktober	34,4	z.T.
Königsbergalm (H)	104,6	1620–1800	Juli bis September	47,35	ja
Mitterkaseralm (H)	74,79	1520–1800	Juli/August	41,2	z.T.
Königstaialm (H)	60,49	1500–1840	Juli/August	47,1	ja
Priesbergalm (H)	131,08	1320–2040	Juli/August	114	ja
Seeaualm	27,6	1440–1480	Juli + September	23	ja
Gotzentalm (N)	19,07	1100–1200	Juni + Sept./Okt.	78,75	ja

N = Niederlegeralm, H = Hochlegeralm

Die Almwirtschaft im Berchtesgadener Land hat wie in weiten Teilen der Alpen (vgl. u. a. KARL 1961: 54; SPATZ 1981: 53; BLECHSCHMIDT 1989: 92 – 101) in den letzten Jahrzehnten eine deutliche Umstrukturierung erfahren. Seit der Blütezeit der Almwirtschaft in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts (vgl. AMMERER & FEHN 1991: 520) sank die Zahl der Almen innerhalb der Nationalparkgrenzen bis 1929 etwa um die Hälfte (siehe Abb. 21; vgl. RANKE 1929: 74 f.; FEHN 1968: 51). Aufgelassen wurden bis zu diesem Zeitpunkt jedoch zum großen Teil nur sehr hoch gelegene und damit schlecht erreichbare Almen (z. B. im Steinernen Meer). Die ungünstigen klimatischen Verhältnisse in diesen Hochlagen verbunden mit zunehmenden Bodenverlusten und der Ausbildung von ausgedehnten Nacktkarstbereichen dürften hierfür mitverantwortlich sein.

Auch nach dem Zweiten Weltkrieg setzte sich die abnehmende Tendenz fort und erreichte 1970 mit nur noch 17 bestoßenen Almen einen Tiefstand. Der schlechte Zustand der Lichtweideflächen, eine ungenügende Wasserversorgung, schlechte Wegverhältnisse und fehlende Investitionen werden als Ursachen des Rückganges angesehen (GRÖSS 1992: 66). Ausschlaggebend für die fortschreitende Aufgabe vieler Almen in diesem Zeitraum ist aber in erster Linie die immer schwieriger werdende Personalsituation nach 1945 infolge der Kriegsauswirkungen sowie ab den fünfziger und sechziger Jahren aufgrund der expandierenden Tourismusbranche (GOSE 1987: 78, 82).

Für die Jahre 1953/54 wird davon ausgegangen, daß jeder Almbestoßer im Nationalpark noch eigenes Almpersonal zur Behirtung und Weidepflege hatte. Demgegenüber sind es 1992 nur noch 12 Almen (= 52 %) die mit eigenem Almpersonal betrieben werden (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT 1993: 40, Anlage 13). Almbauern ohne eigenes Almpersonal sind zur hirtlosen Älpung mit mehrmaliger Nachschau in der Woche übergegangen (GOSE 1987: 84).

Gleichzeitig zur Entwicklung der Personalsituation in der Almwirtschaft führen Veränderungen in der Landwirtschaft allgemein auch zu einer Änderung des Viehbesatzes auf den Almen. Obwohl das Lebendgewicht der Rinder im Laufe der Zeit deutlich zugenommen hat, hat das Gesamtauftriebsgewicht abgenommen. Die Verlagerung eines Großteils der milchwirtschaftlichen Produktion in die Tallagen führt auf den Almen zu einer immer stärkeren Zunahme der Galtvieh- bzw. Jungviehhälzung (siehe Abb. 22).

Im Rahmen der Auftriebsrechte ist dies möglich, da anstelle von einer Kuh mehrere Jungtiere aufgetrieben werden (siehe Angaben bezüglich der Großvieheinheiten in Abb. 21). Der höhere Anteil an Jungrindern gegenüber den Milchkühen bringt einen deutlich geringeren Arbeitsbedarf bei der Betreuung der Weidetiere mit sich, da sich das Jungvieh im Vergleich zur Kuh mit Futter geringerer Qualität zufriedengibt. Mit zunehmendem Jungviehbestoß auf den Almen geht somit ein eingeschränkter Arbeitsaufwand einher, der eine Abnahme der früher üblichen Weidepflege und in der Art der Weideführung großteils einen Übergang von der Umtriebsweide zur Standweide zur Folge hat (vgl. BAYERISCHES LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT 1993: 11).

Um diesen negativen Entwicklungen in der Almwirtschaft entgegenzuwirken, wurde 1989 das „Bayerische Kulturlandschaftsprogramm“ (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 1989) verabschiedet, in welchem u. a. die Bezuschussung von Almpflegemaßnahmen (z. B. Mahd steiler Weidehänge) und Behirtung, neuerdings auch von Schwendungen festgeschrieben ist (ALMWIRTSCHAFTLICHER VEREIN OBERBAYERN 1993: 60). Darüberhinaus beinhaltet das Kulturlandschaftsprogramm auch die Förderung der Weide- und Almwirtschaft in Form finanzieller Unterstützungen bei Neubau von Almgebäuden oder bei Beschaffung moderner landwirtschaftlicher Maschinen. Die Fördermaßnahmen halten derzeit die Zahl der Almen stabil und konn-

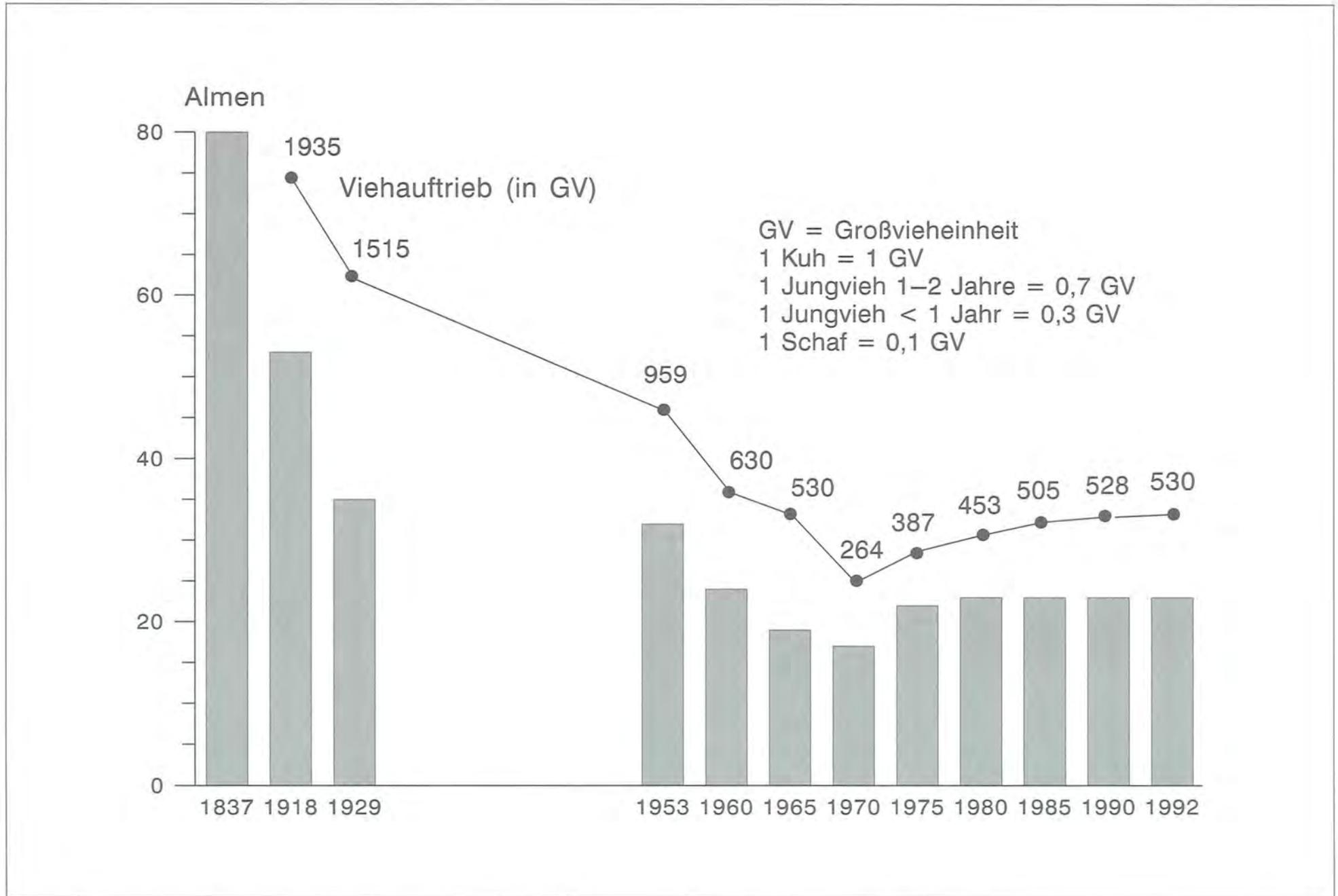


Abb. 21: Entwicklung der bestöckten Almen und des Viehauftriebes im Nationalpark Berchtesgaden (Quelle: NPV BERCHTESGADEN).

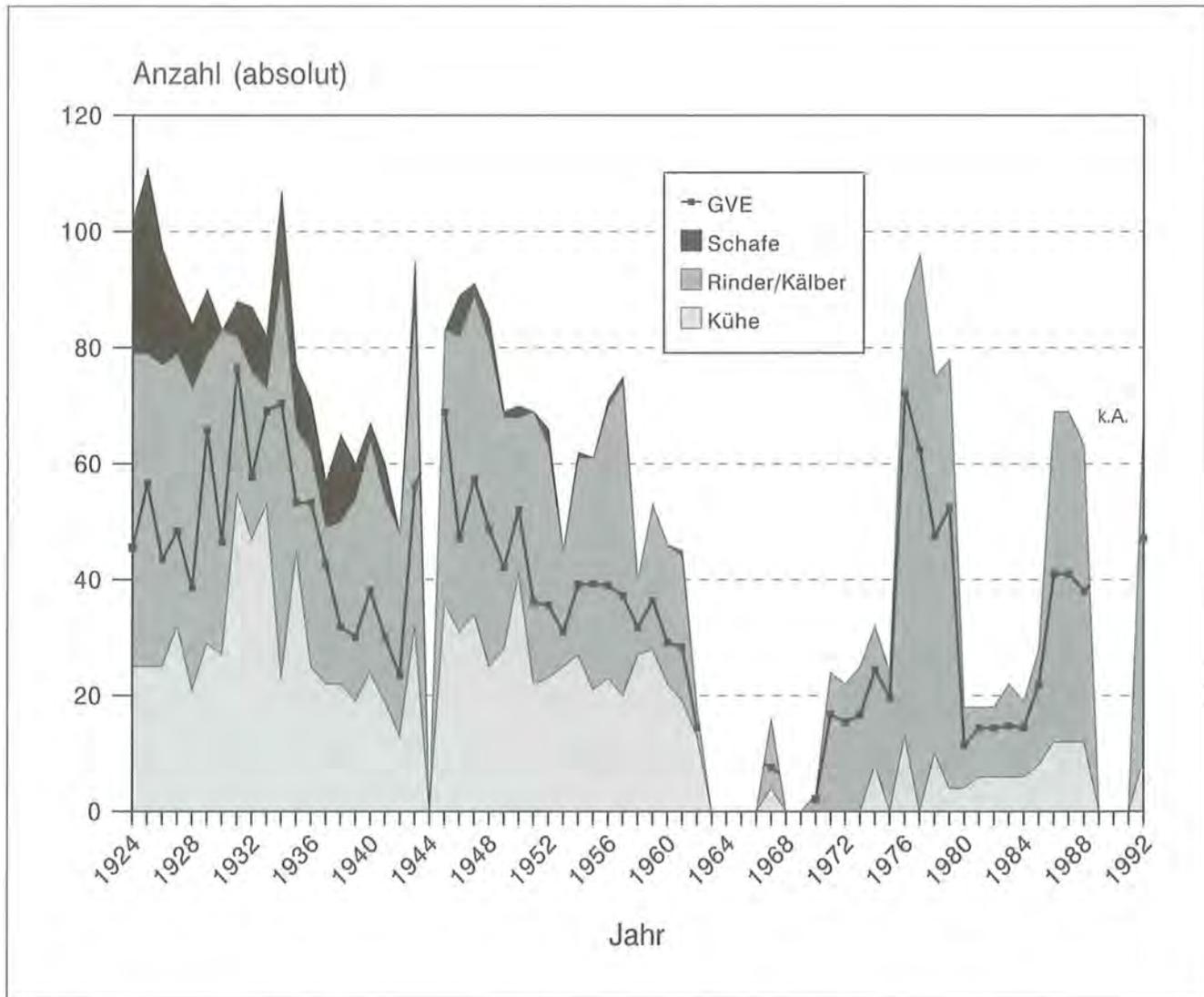


Abb. 22: Auftriebsentwicklung auf der Königstalalm im Zeitraum von 1924 bis 1992 (Quelle: NPV BERCHTESGADEN).

ten auch einen weiteren Rückgang des Almpersonals bislang verhindern (GRÖSS 1992: 67; siehe Abb. 21).

Hinsichtlich des Abtragungsgeschehens im Arbeitsgebiet muß die zweifache Bedeutung der extensiven Form der Weidenutzung beachtet werden, welche zugleich auch die Problematik des kulturellen Wandels in der Weidewirtschaft und dessen Auswirkungen auf die Kulturlandschaften der Almen aufzeigt: Mit der extensiven Nutzung der Almflächen einher geht ein Mangel an Pflegemaßnahmen, wie das Schwenden aufkommenden Holzbewuchses vor allem in Steilhanglagen oder das Entfernen von Steinen (RANKE 1929: 40 f.; vgl. FEHN 1968: 53). Zugleich wurde aufgrund des geringeren Personalaufwands und vorherrschender Jungviehhaltung auf den Almen die Behirtung der Tiere weitgehend eingestellt.

Der Mangel an Almpflegemaßnahmen hat im Untersuchungsgebiet je nach Standort unterschiedliche Entwicklungsreihen der Pflanzengesellschaften auf Lichtweideflächen zur Folge (siehe Kap. 5.1.1 bis 5.1.5). Gleichsam begünstigt eine ungleichmäßige Beweidung im Falle von selektiver Unterbeweidung, wie sie durch

unbehirtete Tiere gegeben ist, bestimmte Pflanzenarten, die vom Vieh gemieden werden und sich deshalb ausbreiten können (SPRINGER & SPATZ 1985: 141; KASPERIDIUS & SPANDAU 1986: 28). Das Resultat ist, wie bereits aufgezeigt wurde, eine deutlich erhöhte Abtragsleistung vor allem des nivalen Massenschurfs (vgl. Kap. 4.3.2.1.1) mit einer starken Zunahme damit verbundener Schäden.

Demgegenüber führt eine lokale Überweidung, wie sie ebenfalls durch unbehütete Viehherden erfolgen kann, zu einer Ausweitung von direkten Weideschäden.

Somit ist für die Pflughlichkeit der Almbewirtschaftung und damit einem hinreichenden Schutz vor Abtragung nicht so sehr der Bestoß entscheidend, als vielmehr die Art der Beweidung und die Almpflege (RINGLER 1984: 28).

4.3.2.2.1 Viehgangeln

Häufig von weidenden Tieren begangene Weidehänge zeigen eine charakteristische Ausbildung des Mikroliefs mit einer Vielzahl von Viehgangeln, die vielerorts

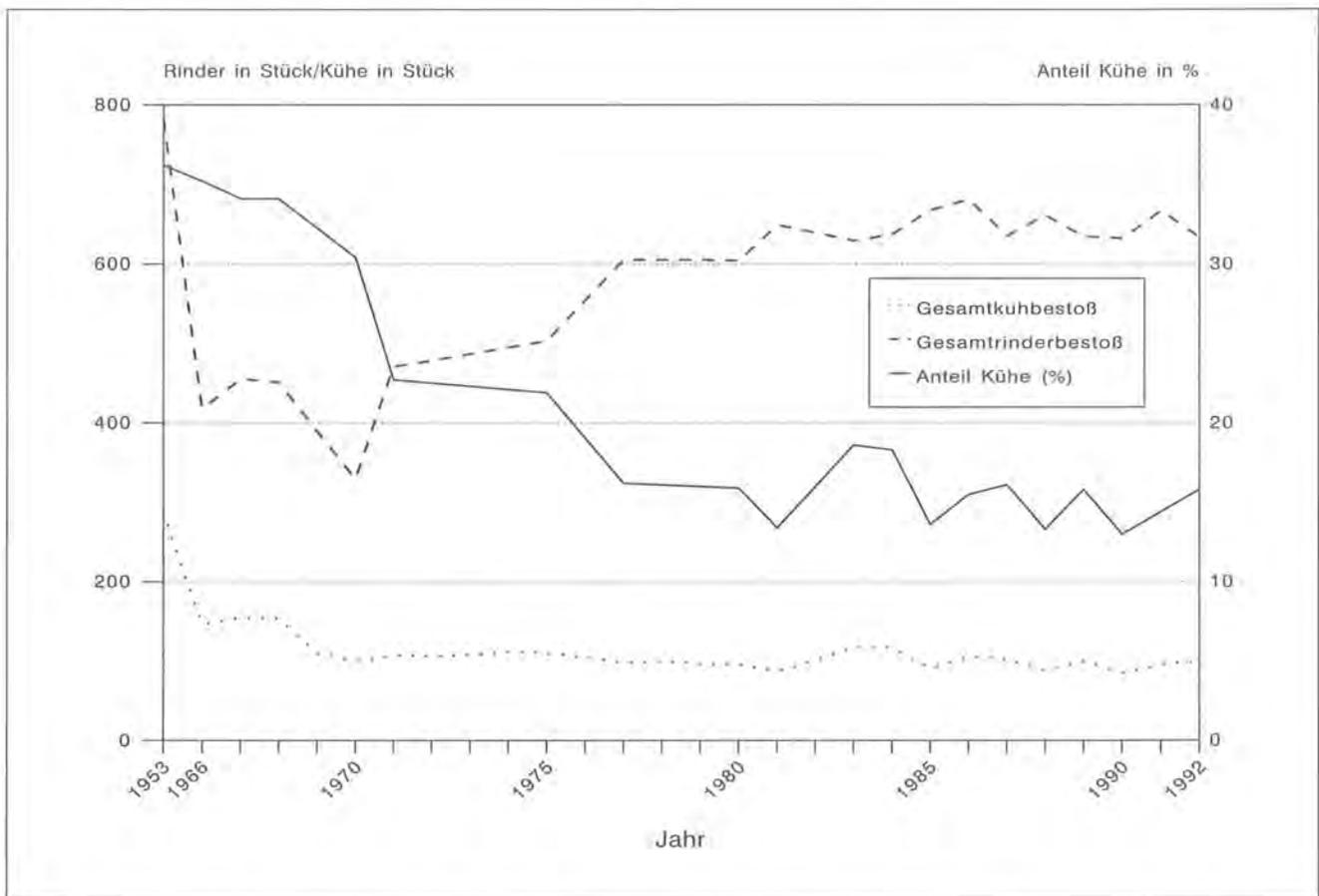


Abb. 23: Entwicklung des Rinderbestoßes im Gebiet des Nationalparks Berchtesgaden (Quelle: Bayer. LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT 1993: Anlage 10).

das Landschaftsbild der Almen prägen. Die Ausbildung der Viehgangeln am Hang, häufig in Form einer Treppe ganzer Unterhangbereiche in der Folge von annähernd höhengleich verlaufenden bis leicht ansteigenden Trittschritten des Weideviehs, stellt dabei noch keine Bodenabtragung dar. Auch eine stärkere Vergangelung bewirkt zunächst nur eine „Verformung“ der oberen Bodenhorizonte, die aus der „linienhaften“ Belastung des Bodens durch die Weidetiere und der damit verbundenen Verdichtung der Bodensubstrate resultiert (siehe Abb. 24).

In Abhängigkeit von diesen Belastungsstrukturen ist die Vegetation auf den Auftrittflächen nur noch schütter vorhanden oder fehlt völlig. Demgegenüber tritt sie in den Kantenbereichen der Viehgangeln mancherorts sehr üppig auf. Dies fällt insbesondere auf dem schattigen NW-Hang der Königstalalm auf, wo die in Abb. 24 dargestellte Bodenabfolge aufgenommen wurde. Der dort im Mittelhangbereich verbreitete Bergfarn (*Lastrea limbosperma*) steht geradezu aufgereiht und zeigt in den Sommermonaten in anschaulicher Weise stärker vergangelte Weidestandorte an (siehe auch Abb. 32).

4.3.2.2.2 Narbenversatz

Der zu starke Begang der Viehgangeln oder das Betreten bei nasser Witterung führt zur Ausbildung von Nar-

benversatzschäden. Die Bodenabtragung ist hierbei gekennzeichnet durch ein Losretzen einzelner Rasenstücke aus den Viehgangeln mitsamt Bodenmaterial. Mit der mechanischen Zerstörung der schützenden bzw. stabilisierenden Grasnarbe, wird der obere Bodenbereich im Verlaufe weiterer Trittbelastung immer intensiver verdichtet. Auf dem so verdichteten Substrat staut sich in verstärktem Maße das Niederschlagswasser, wobei der Stauwirkung aufgrund des ausgeprägten Mikroreliefs mit kleinräumigen Verebnungen, Mulden und Huftrittlöchern noch deutlich erhöht wird. Wie HORN (1984) mit Hilfe bodenphysikalischer Untersuchungen nachwies, steigt mit zunehmendem Wassergehalt des Bodens die Instabilität des Bodenaufbaus gegenüber nachfolgenden Belastungen. Werden nunmehr derart vernässte Standorte von dem Weidevieh betreten, verliert der Boden bei der zumeist dynamischen Kompression und dem herrschenden Wasserüberschuß seine Festigkeit, wodurch ganze Bodenstücke losgetreten werden können (HORN 1984: 32; siehe Abb. 25).

4.3.2.2.3 Trittblaiken

Fortgesetzte lokale Überbeweidung führt letztlich zu einer flächenhaften Ausweitung der Narbenversatzschäden oder in Form zahlreicher Narbendurchstiche zu verbreiteter Narbenauflösung und somit auf hängi-

gen Weiden zur Blaikenbildung. In den vom Vieh bevorzugt aufgesuchten Weide- bzw. Ruhestellen kann die Entwicklung von größerflächigen Schäden einzig auf die mechanische Trittbelastung zurückgeführt werden. Besonders augenscheinlich wird dies im näheren Umfeld der Almkaser, wo durch vielfachen Narbendurchstich ausgedehnte, morastig ausgebildete Bereiche entstanden sind, deren Böden völlig von der Vegetationsdecke entblößt sind und die zudem durch eine weitgehende Zerstörung der oberen natürlichen Bodenstrukturen geprägt sind (HORN 1984: 8).

In Hanglagen kommt es vor allem in steileren Unterhang- bis Hangfußbereichen häufig zu einer Ausweitung der Narbenversatzschäden mit nachfolgenden Blaikenbildungen. Auf diesen stärker geneigten Weideflächen ist gleichzeitig eine Überformung der Weideschäden durch Schneeschurfvorgänge oder Abspülungsprozesse gegeben, die eine Beschleunigung der negativen Schadensentwicklung bewirken. Im Einzelfall können beispielsweise Viehgangeln und Narbenversatzschäden im Unter- und Mittelhangbereich eines steilen Weidehanges Ansatzpunkte für die Schurfleistung von Schneebewegungen bieten, die am Oberhang in Gang gekommenen sind (vgl. SPATZ 1981: 50). In Form einer Aus- oder Abhobelung der Hindernisse werden so die zunächst nur punktuell bis kleinflächig ausgebildeten Weideschäden zu großflächigen Abtragsschäden ausgeweitet. Der Abspülung durch Oberflächenabfluß unterliegen in erster Linie die durch

Tritt aus dem Bodenverband gelösten Bodenmaterialien. Künstliche Starkregensimulationen auf z. T. erheblich geschädigten Weidestandorten zeigten allerdings, daß selbst bei Niederschlägen von 100 mm/h der Oberflächenabfluß nur dann einsetzt und erosiv wirksam wird, wenn die Viehgangeln zahlreich durchbrochen sind und sich so ein geschlossenes Abflußsystem ausbilden kann.

Die im Arbeitsgebiet heute noch bewirtschafteten Almen zeigen ein ganz unterschiedliches Ausmaß von Beweidungsschäden. Während Vergangelungen annähernd auf allen bestoßenen Almweiden mehr oder weniger ausgedehnt auftreten, ist eine gleichzeitige Tendenz zum Narbenversatz an lokal intensiv beweidete Standorte gebunden. Beispiele für weitgehend über die ganze Hanglänge vergangelte Weidehänge bieten die Königsbachalm mit dem nordwestexponierten Hang der von den Sillenköpfen herabzieht und bis an den Königsbach reicht, die Krautkaseralm mit dem westexponierten Weidehang unterhalb des Hohen Bretts und die Vogelhüttenalm mit dem Weidehang unterhalb der Jennerbahn. Die Einstellung der Behirtung führt dazu, daß die Tiere ausschließlich nur die Unterhangbereiche der Weidehänge aufsuchen, wodurch die Schäden durch Narbenversatz hier deutlich zunehmen. Besonders anschaulich wird dies auf der Krautkaseralm östlich des Weidbaches, auf der Büchsenalm südlich der Gotzenstraße und auf der Königsbachalm südlich der Almhütten. Ein hohes Schadensausmaß

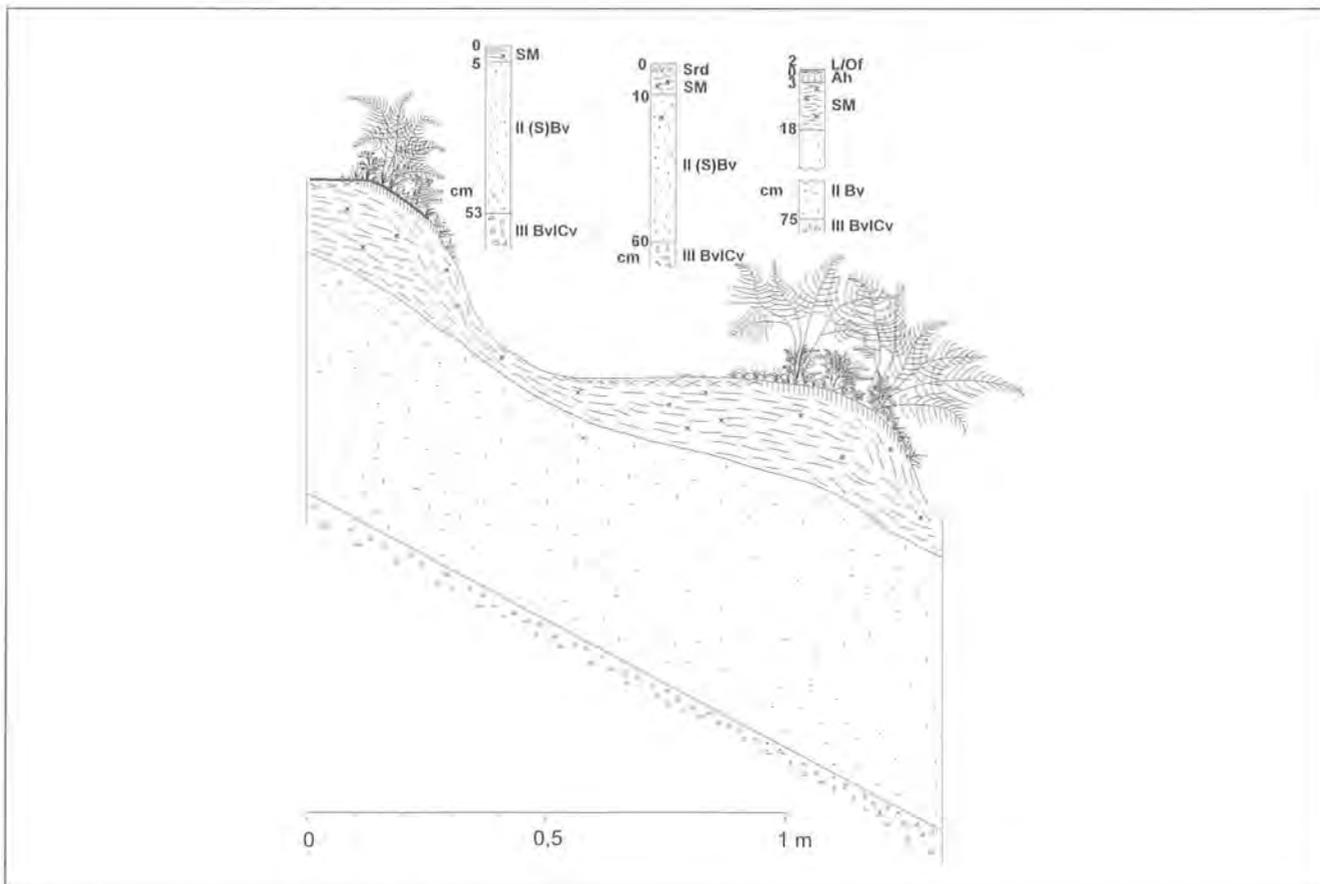


Abb. 24: Bodenabfolge einer Viehgangel im Querschnitt.



Abb. 25: Narbenversatzschäden entlang von Viehgangeln auf der Krautkaseralm am Jenner.

durch Narbenversatz mit häufigem Übergang zu flächenhaften Schäden mit Blaikenbildungen zeigen hier vor allem die Einstiege zu den Weidehängen, die zumeist infolge einer Weganlage eine kurze Steilstufe darstellen, und bei dem starken Begang vielfach völlig zertrampelt werden.

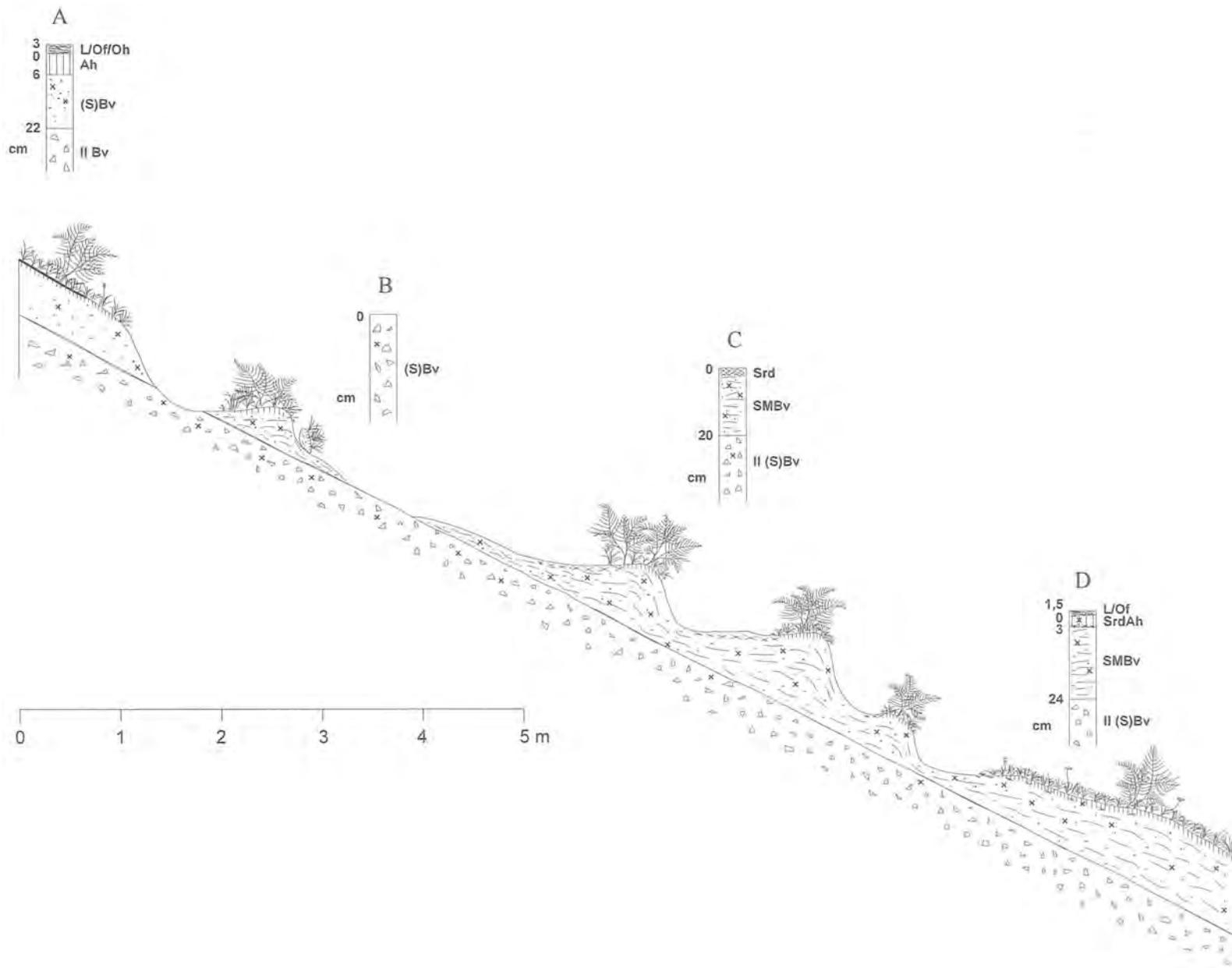
Aufgrund der längeren Weidezeiten im Jahr (siehe Tab. 7) sind die Weiden auf den Niederlegetalmen in der Regel stärkerer Belastung durch Viehtritt ausgesetzt als entsprechende Standorte der Hochlegetalmen. Jedoch können auch auf den Hochlegern starke Schädigungen auftreten, wie es die umfangreichen Narbenversatzschäden und Trittblaikenbildungen auf der Königstalalm dokumentieren. Betroffen sind hier vor allem die flacher auslaufenden Unterhangbereiche des SW- und des NW-Hanges. Die großflächigen Trittblaikenbildungen auf dem Unterhang des in Oberhanglagen bis 46 Grad geneigten und langgestreckt ausgebildeten NW-Hanges sind allerdings auf eine Überlagerung der Prozesse Viehtritt und Schneeschurf zurückzuführen, die infolge der sommerlichen Weideschäden und der im Winter sehr hohen Schneedynamik auftreten. Die engräumige Verzahnung der Trittblaiken mit größeren Schneeschurfblaiken und Blattanbrüchen deutet dies an.

Die Bedeutung einer pfleglichen Almwirtschaft mit Beaufsichtigung der Tiere auf den Weiden wird vor allem im Verlaufe feuchter Witterungsverhältnisse offensicht-

lich. Die dann verstärkt gegebene Zertrampelung der Grasnarbe mit Narbendurchstich und -versatz und gleichzeitiger Zerknetung der oberen Mineralbodenhorizonte führt zu einem weitgehenden Stabilitätsverlust der betroffenen Bodenhorizonte, die dann leicht Abtragungsprozessen wie Abspülung unterliegen (HORN 1984: 32). Entsprechende Beobachtungen von deutlicher Ausweitung der Narbenversatzschäden und Vergrößerung der Trittblaiken bei stark durchfeuchteten Böden nach oder im Verlauf von Niederschlägen konnten mehrfach in den Sommermonaten der Jahre 1991 und 1992 gemacht werden. Ein strenges Behirten der Tiere zu Zeiten feuchter Witterungsverhältnisse und ein systematischer Weidewechsel (Umtriebsweidenutzung), wie es früher üblich war (BRANDNER 1994), ist somit für den Schutz der Böden vor Abtragung unerlässlich.

4.3.3 Weitgehend natürliche Abtragungsvorgänge

Die Gruppe der weitgehend natürlichen Prozesse umfaßt alle Abtragungsvorgänge im Zusammenhang mit fluvialer Dynamik, weiterhin die im Untersuchungsgebiet oftmals mit der fluvialen Dynamik in Zusammenhang stehenden Rutschungsvorgänge sowie die gravitativen Prozesse. Die hier zugrundeliegende Definition „weitgehend natürlich“ bezieht sich auf die genetischen Ursachen der Einzelprozesse und berücksichtigt den Grad einer anthropogenen Einflußnahme. Die Ab-



Tafel 4: Bodenabfolge eines stark vergangenen Weidestandortes mit der Ausbildung einer großflächigen Trittblaie auf dem NW-Hang der Königstalalm. Profil D zeigt die charakteristische Horizontierung eines Weidepseudogleys im Untersuchungsgebiet (siehe auch Profil 3 in Kap. 5.1.2).

grenzung erfolgte hier vorwiegend unter dem Gesichtspunkt der aktuellen anthropogenen Einflußnahme auf Ablauf und Schadensausmaß der jeweiligen Prozesse. Das Wildbachgeschehen beispielsweise kann zwar hinsichtlich einer heute höheren Abflußintensität aufgrund veränderter Wasserhaushaltsverhältnisse durch frühere Rodungen oder aktuelle Waldschädigung auf ein bestimmtes Maß menschlicher Einflußnahme zurückgeführt werden. Das Ausmaß der damit verbundenen höheren Abtragungsleistung ist jedoch nicht oder nur mit hohem Aufwand abschätzbar.

Art und Umfang des natürlichen Abtragungsgeschehens werden von der Konstellation mehrerer Einflußparameter bestimmt, die sich aus den Faktoren Tektonik, Lithologie und Wasserhaushalt zusammensetzen. Diese unterliegen wiederum den Einflüssen von Relief, Klima, Witterungsverlauf, Vegetationsbedeckung und Zeit (BUNZA 1992: 16). Auslösendes Moment der weitgehend natürlichen Abtragungsvorgänge ist zumeist Wasser: in Form von Niederschlags- und Schmelzwasser bei fluvialdynamischen Vorgängen und in Form von Boden- bzw. Kluftwasser bei Rutschungs- und Sturzvorgängen. Insbesondere den im Alpenraum häufig stattfindenden Starkregenereignissen kommt hierbei Bedeutung zu. Infolge der außerordentlich hohen Abflußmengen kommt es in den Wildbächen zu verstärkter Tiefen- und Seitenerosion und damit zu weiteren Stabilitätsverlusten innerhalb der steilen Hänge, die die Flanken der zumeist kerbförmigen Täler im Jennerggebiet bilden. Gleichzeitig leistet eine vermehrte Wasserbewegung oder ein erhöhter Wassergehalt innerhalb der Gesteine bzw. Böden einem Standfestigkeitsverlust der Hänge und Wände Vorschub und trägt so zur Auslösung von Rutschungen oder Stürzen bei. Die Bedeutung eines intakten Bergwaldes in Hinblick auf seine diesbezügliche Schutzfunktion ist hinreichend bekannt (BUNZA 1989, 1992: 17; KRONFELLNER-KRAUS 1989; MAYER 1989).

4.3.3.1 Erosionsvorgänge durch fluviale Prozesse

Im Hinblick auf Erosionsvorgänge durch fluviale Prozesse sind neben kleineren häufig nur episodisch fließenden Gerinnen und Wasserläufen vor allem die Wildbäche von Bedeutung. Wenngleich die Abtrags- und Feststofffrachtintensitäten der drei Bäche des Untersuchungsgebietes im Vergleich zu anderen beschriebenen Wildbachgeschehen der Alpen (vgl. AULITZKY 1975; BUNZA 1975, 1976, 1989, 1992; GRUNDER 1984; KARL & MANGELSDORF 1982; KIENHOLZ 1977; KRONFELLNER-KRAUS 1981, 1989; MOSER 1978) als eher gering betrachtet werden können, so zeigen sie dennoch alle Merkmale eines natürlichen Wildbaches wie sie KARL (1981: 130) formuliert:

„Ein Wildbach ist ein Fließgewässer mit zumindest streckenweise starkem Gefälle, rasch und stark wechselnder Wasserführung und zeitweise starkem Feststoff-, insbesondere Geschiebetransport, wobei diese Feststoffe unmittelbar scharf begrenzten Feststoffherden (Anbrüchen) entstammen.“

Aufgrund der geologischen Verhältnisse der Wildbacheinzugsgebiete im Untersuchungsgebiet (vgl. Kap. 2.2) sind nennenswerte Feststoffherde lediglich an partiell auftretende mächtigere quartäre Überdeckungen der triassisch-jurassischen Kalkserien gebunden. Die triassischen Dolomite (Ramsaudolomit, karnisch-norischer Dolomit) verwittern zwar aufgrund ihrer petrographischen Eigenschaften zu feinkörnigem Gries, die Gesamtstofffracht ist jedoch hinsichtlich ihrer Murfähigkeit vergleichsweise unbedeutend (vgl. BERGTHALER 1975: 163; KARL & MANGELSDORF 1982: 93).

Die drei Wildbäche, die das Arbeitsgebiet entwässern, zeigen im Hinblick auf die Intensität des Abtragungsgeschehens und der Abtragschäden bereits innerhalb der Verläufe ganz unterschiedliche Stadien. Im Zuge der Kartierungsarbeiten zur Erfassung der im Zusammenhang mit fluvialer Dynamik stehenden Abtragsformen, wurde gleichzeitig eine Charakterisierung der einzelnen Gewässerabschnitte vorgenommen:

– In bezug auf die Abtragungsleistung besitzt der *Weidbach* die größte Dynamik. Er beginnt östlich der Mitterkaseralm wo er aus zahlreichen kleineren Wasserläufen, die ausschließlich aus südlicher Richtung vom Pfaffenkegel herab entwässern, gespeist wird. Der Weidbach verläuft hier entlang einer Störungslinie, die den nördlich anschließenden Dachsteinkalkbereich des Hohen Bretts von einem ausgedehnten Bereich anstehenden karnisch-norischen Dolomites trennt. Jeder dieser kleinen Bachläufe hat in den Dolomit tiefe feilenförmige Kerbtälchen eingeschnitten (siehe Abb. 26). Die Flanken dieser Runsen zeigen sich jeweils völlig von Vegetation und Bodenmaterialien entblößt, so daß der oberflächlich anstehende, schnell zu Gries verwitternde Dolomit, starken Abspülungsprozessen ausgesetzt ist. Mancherorts sind die Flanken benachbarter Bachläufe bereits verbunden und bedingen somit ausgedehnte Bereiche geschlossener flächenhafter Abtragschäden.

Unterhalb von der Mitterkaseralm fließt der Weidbach in nordwestlicher Richtung in einem bis zu 20 m tief eingeschnittenen Kerbtal bis auf die Höhe der Forststraße. In diesem Abschnitt ist die Sohle zumeist felsig ausgebildet, wobei zahlreiche Gesteinsfolgen der in diesem Bereich anstehenden liassischen Fleckenmergelserie angeschnitten sind. Die seitlichen Abtragschäden an den Ufern treten hier gegenüber linienhaften Einschneidungen die mit kurzen Umlagerungstrecken wechseln, deutlich zurück. Unterhalb der Forststraße schneidet sich der Weidbach mit zahlreichen Ufer- und Feilenanbrüchen tief kerbförmig in die partiell an die Oberfläche tretenden Gesteine des Haselgebirges bzw. der Tauglbodenschichten ein. In diesem Abschnitt treten gleichzeitig auch Feststofflieferungen aus kleineren Reisenbildungen hinzu, die von dem aus Dolomit aufgebauten, sich nördlich anschließenden Hinteren Brandkopf herabziehen.

Oberhalb des Dorfes Königssee, in dessen Grenzen der Bach mit künstlichen Stufen, Wehren und seitlichen Einfassungen verbaut ist, durchfließt er auf einer Länge von etwa 200 m eine Radiolaritbank. In diese hat sich der Weidbach in Form einer 10 m breiten Klamm eingeschnitten. Rezent ist in diesem Abschnitt jedoch keine Abtragungsleistung mehr zu verzeichnen, da die Sohle der Klamm mit Blockschutt verfüllt ist und daher Umlagerungen vorherrschen.

- Der *Königsbach* entspringt aus kleineren Quellen oberhalb des Schneibsteinhauses. In seinem gesamten oberen Abschnitt, bis auf die Höhe der Königsbachalm, orientiert sich der Verlauf des Königsbaches an tektonisch vorgezeichneten Linien. Er fließt hier in südwestlicher Richtung im zentralen Bereich der Torrener-Joch-Störungszone und hat sich entlang von Schwächezonen im Gestein mancherorts bis zu 30 m tief kerbförmig eingeschnitten. In Abhängigkeit von der jeweiligen geologischen Situation, gestaltet sich auch das Abtragungsverhalten des Königsbaches unterschiedlich. In stärker dolomitischem geprägten Abschnitten (Ramsaudolomit des Königsbergrückens, Gutensteiner Schichten und Reiflinger Kalke im Bereich der Königsbergalm bis zum Schneibsteinhaus) lassen sich vermehrt Uferabbrüche und kleinere Feststoffherde beobachten. Den weiteren Verlauf kennzeichnet eine zumeist senkrechte Wand anstehenden Dachsteinkalkes am rechten Ufer und eine flacher ausgebildete linke Uferflanke. Diese ist aus dunklen kieseligen Dolomiten der Gutensteiner Schichten und darüber folgenden Werfener Schichten-Hangschutt aufgebaut. In diesem Bereich treten in den mächtigeren Verwitterungsdecken zahlreiche Translationsbodenrutschungen mit entsprechenden Blaikenbildungen auf.

In der weiteren Umgebung der Königsbachalm treten vermehrt Deckschichten aus Moränensedimenten auf, die den in diesem Bereich anstehenden Dachsteinkalken auflagern. Der Abschnitt oberhalb des Weges zur Mittelstation der Jennerbahn weist vorwiegend noch klammartig in den Dachsteinkalk eingetieft Formen auf. Rezent befindet sich dieser Abschnitt jedoch eher im Beharrungszustand mit nur zeitweisen Umlagerungen, da zahlreiche große Blöcke und viel Blockschutt die Bachsohle sichern. Lediglich dort, wo die glazialen Lockersedimente die Ufer aufbauen, werden die Materialien mit der Ausbildung von Uferabbrüchen aufgearbeitet. Im engeren Bereich der Königsbachalm dominieren demgegenüber Auflandungsstrecken, die durch das hier geringe Gefälle des Königsbaches bedingt sind.

Unterhalb der Königsbachalm bauen mächtigere moränenüberkleidete Schotterkörper (Schotterkörper eines älteren Bachbettes nach SCHNEIDER (1979: 49 f.)) den linken Uferhang des Königsbaches gegenüber der dort parallel laufenden Forststraße auf. Mehrere Blaikenbildungen zeugen hier von umfangreicheren Verlagerungsprozessen in Form von translationsförmigen Rutschungen im Zuge von

Hangunterschneidungen und damit verbundenen Materialzulieferungen in das Fließgewässer.

- Die Quellbäche des *Kesselbaches* entspringen kurz unterhalb der Forststraße zur Gotzentalm und fließen in einer Höhe von 960 m ü. NN zusammen. Wie der Königsbach in seinem Oberlauf (erst unterhalb der Königsbachalm entwässert der Königsbach in Richtung Nordwesten) folgt auch der Kesselbach den tektonischen Lineamenten der Torrener-Joch-Zone, in deren Zusammenhang auch die Quellschüttungen zu sehen sind. Beide Quellen sind gebunden an ein partielles oberflächliches Auftreten von Gesteinen des Haselgebirges oder der Werfener Schichten, die entlang der Störungslinien ausgequetscht wurden (LANGENSCHIEDT 1981: 7). Die weiteren Quellbereiche sind somit im Untergrund gekennzeichnet durch tiefgründig verwitterte, aufgeweichte Gipstone, bunte Tone oder Mergel, in denen sich im Zuge der Quellnischenentwicklungen multiple Rotationsrutschungen ausgebildet haben.

Der Mittellauf des Kesselbaches ist geprägt durch anstehenden anisichen Dolomit, dessen Vorkommen hier ebenfalls dem Streichen der Torrener-Joch-Zone folgt und lediglich im Grabentiefsten aufgeschlossen ist. Die Bachsohle selbst ist allerdings über weite Strecken mit Blöcken und Blockschutt verfüllt, welche zum großen Teil aus Sturzmaterial der direkt nördlich des Bachlaufes senkrecht aufragenden Kesselwand hervorgehen. Demnach ist der mittlere Abschnitt des Kesselbaches im wesentlichen als Umlagerungsstrecke zu charakterisieren. Nur gelegentlich greift der Kesselbach zu Zeiten größerer Abflusssmengen (Schneeschnelze, Starkniederschläge) seine Ufer an. In solchen Perioden bedingen zusätzlich auch kleinere episodische Zuflüsse des Kesselbaches Spülprozesse mit der Ausweitung bestehender Uferabbrüche und damit von Feststoffeinträgen (Dolomitschutt) in das Fließgewässer.

Zum Oberlauf hin nimmt der Blockschutt in der Bachsohle mit dem Zurücktreten der Kesselwand stetig ab. Mächtigere Hangschuttkörper, die die Uferflanken aufbauen, und bereits einige fluvial geprägte Lockergesteinskörper (Ansätze von Zurundungen) im Sohlenbereich sind hier ausgebildet, in die sich der Kesselbach und die beiden Quellzuflüsse tief kerbförmig mit der Ausbildung zahlreicher großer Uferabbrüche und vereinzelter Feilanbrüchen eingeschnitten hat. In diesem Bereich sind somit umfangreiche latent bereitgestellte Feststoffherde vorhanden, die im Falle erhöhter Wasserführung leicht aufgearbeitet werden können.

Der Abwärtsbach zeigt ein nur sehr unbedeutendes Abtragungsgeschehen, welches sich auf den Abschnitt unterhalb seiner Quelle bis etwa auf das Niveau der Gotzentalm beschränkt, wo er in die dort anstehenden Fleckenmergel ein etwa 15 m tiefes Kerbtal eingeschnitten hat.

Tab. 8: Indizes zur Charakterisierung unterschiedlicher Wildbachgeschehen (siehe Karte 6).

Index *	Charakteristika
E	Erosiv geprägtes Wildbachgeschehen: felsige Bachsohle; Uferanbrüche; Feilenanbrüche; rückschreitende Erosion; Klammbereiche; kerbförmige Talformen ohne Bachbett
U	Umlagerungsstrecken: Wildbachabschnitt in dem sich Erosion und Akkumulation in etwa die Waage halten; mäßig geneigtes Gefälle; blockreiches Bachbett; Aufteilung des Gewässers in mehrere Arme
G	Geschiebe- bzw. Feststoffherde aktiv: Umfangreichere Lockergesteinsmassen (Schotterkörper, Verwitterungsschutt, Moränenmaterial) im direkten Einflußbereich des Fließgewässers: Translationsrutschungen (Blaiken) mit Ausspülung zum Gewässer; Rotationsrutschungen zum Bach vorstoßend, Uferanbrüche; Feilenanbrüche
M	Wildbachabschnitt mit vermehrt murfähigem Material: unterschiedlichster Gesteinsschutt; eingespültes oder gestürztes Bodenmaterial; Holz (Äste; Baumstämme); sonstiges biogenes Material (Bestandsabfall)
A	Akkumulativ geprägter Wildbachabschnitt: Schwemmkegel; Kies- und Sandbänke; Stillwasserbereiche; Kolkbecken

* Kombinationen in der Karte deuten auf Übergangsbereiche hin, wobei der zuvorderst stehende Index dominiert.

– Der *Pletzgrabenbach* entspringt auf Höhe der Forststraße. Er ist mit Ausnahme einer etwa 15 m hohen Gefällsstufe (Dachsteinkalkwand) direkt unterhalb der Forststraße und seinem kanallierten Unterlauf im Dorf Königssee durch Umlagerungsstrecken geprägt. Entsprechend gering sind auch die Abtragschäden entlang seines Verlaufes.

In bezug auf die Abtragungsleistung und die damit verbundene Bereitstellung von Feststofffrachten sind die glazialen-periglazialen Akkumulationen in Form von mehr oder weniger mächtigen Lockergesteinsmassen im direkten Einflußbereich der Fließgewässer besonders hervorzuheben. Wie im Verlauf des Königs- und des Weidbaches immer wieder zu beobachten ist, bildeten sich in diesen Gesteinskörpern nach Rückzug des Königsseegletschers und den kleineren Lokalvergletscherungen tiefe, kerbförmig eingeschnittene Täler, deren Flanken immer wieder durch Rutschungen gekennzeichnet sind. Sie stellen im Arbeitsgebiet mithin die bedeutendsten Feststoffherde dar und befinden sich im Zustand latenter Erosion.

Die im Zusammenhang mit der Wildbacherosion auftretenden Abtragsformen und daraus resultierenden Feststofffrachten sind zurückzuführen auf die eigene Erosionsarbeit der Wildbäche in Form von Tiefen- und Seitenerosion sowie den aus dieser Erosionsarbeit sekundär folgenden Massenbewegungen in den Einhängen der Fließgewässer (vgl. STINY 1931: 9; BUNZA 1982: 67 ff.; LAATSCH & GROTTENTHALER 1972: 334 f.). Die Abtragsformen sind somit Resultat einer engräumigen Verzahnung oder eines Aufeinanderfolgens verschiedener Abtragungsmechanismen.

4.3.3.1.1 Linearerosion, Rinnenspülung

Der Begriff Linearerosion bezeichnet allgemein linienhafte Abtragungsvorgänge auf Boden-, Locker- oder Festgesteinsoberflächen durch fließendes Wasser. In bezug auf die Rinnenspülung handelt es sich hierbei

um Vorgänge der Tiefenerosion, bei der sich oberflächlich abfließendes Wasser rinnen- oder furchenförmig in die Vegetations-, Boden- oder Schutt- und Gesteinsdecke einschneidet und Rinnenanbrüche entstehen läßt (BUNZA 1982: 68). Hierbei werden erosive Prozesse in Festgesteinen, die in den verbreiteten Bereichen anstehenden Dachsteinkalkes weitgehend korrosiv geprägt sind, außer Acht gelassen. Die getrennte Betrachtung der Rinnenspülvorgänge von den linearerosiven Vorgängen des eigentlichen Wildbachgeschehens erfolgte dabei einzig in Abhängigkeit von der Dimension.

Neben den Ausspülungen auf den vegetationsfreien Blaikenflächen der Blattanbrüche, Schneeschurf- und Viehtrittblaiken, tritt Rinnenspülung im Zuge von erhöhten Oberflächenabflüssen nach Starkregen häufig auf Wegflächen oder Pfaden auf. Der negative Einfluß der Trittbelastung der Bergwanderer auf die Abspülungsleistung wurde bereits in Kap. 4.3.1.1 behandelt.

4.3.3.1.2 Seitenerosion

Seitenerosion ist eine Form fluvialer Erosion, in deren Folge es zur randlichen Abtragung vorwiegend von Lockersubstraten an den direkten Uferhängen der Fließgewässer kommt. Die zugehörige typische Abtragsform der Seitenerosion ist der Uferanbruch, der insbesondere in Prallhangsituationen infolge von Unterschneidung der Uferabhängen und nachfolgendem Nachbrechen hangenden Materials auftritt (STINY 1931: 33).

Uferanbrüche sind im Arbeitsgebiet zahlreich entlang der Verläufe der drei Hauptbäche zu beobachten. Gehäuft treten sie immer dort auf, wo mächtigere Lockergesteinskörper in Form von glazialen Moränenablagerungen oder Schotterkörpern die Einhängen der Fließgewässer aufbauen, oder auch dort, wo veränderlichste Gesteine im Einflußbereich des fluvialdynamischen Geschehens lagern.

4.3.3.1.3 Tiefenerosion

Die Tiefenerosion ist auf die Beseitigung von Gefällsunterschieden im Verlauf der Wasserläufe durch Einschneidung ausgerichtet. In der Regel ist allerdings ein alleiniges Wirken der Tiefenerosion ohne gleichzeitige Seitenerosion in der Realität nicht gegeben. Dementsprechend stellt auch der Feilenanbruch als charakteristische Form der Tiefenerosion eine Kombination aus Tiefen- und Seitenerosion dar, wobei die Eintiefung der Bachsohle dominiert (BUNZA 1982: 70).

Typische Feilenanbrüche treten vorwiegend in mächtigeren Lockergesteinskörpern auf, wo es durch die ständigen Eintiefungen der Gewässersohle im Zusammenwirken mit seitlicher Abtragung und daraus resultierendem Nachbrechen der ihrer Standfestigkeit beraubten Hangflanken, zur Ausbildung von beidseitigen Anbrüchen mit nahezu dreiecksförmigen Querschnitt kommt.

Im Untersuchungsgebiet sind mächtige Lockergesteinskörper, etwa in Form von pleistozänen Talverfüllungen, Hangschuttmassen oder mächtigeren Grundmoränen, nicht vorhanden. Feilenanbrüche treten demnach nur vereinzelt und kleinräumig begrenzt auf im Mittellauf des Weidbaches unterhalb der Forststraße (in einer Höhenlage von 900 bis 1000 m ü. NN), im Bereich eines kurzen Bachabschnittes oberhalb des Priesbergmooses (eingeschnitten in Verwitterungsprodukte des Haselgebirges) und im Oberlauf des Kesselbaches und seinen kleineren Zuflüssen. Eine Ausnahme bildet lediglich der obere Einzugsbereich des Weidbaches, süd- bis südöstlich der Mitterkaseralmhütte. Dieser ist, geologisch geprägt durch tiefgründig griesig verwitternden karnisch-norischen Dolomit, gekennzeichnet durch mehrere tief feilenanbruchartig in den Dolomitgries eingeschnittene Reisen (siehe Abb. 26).

4.3.3.2 Abtragungsvorgänge durch Rutschungen

Die Massenselbstbewegungen in Form von Rutschungen stehen im Untersuchungsgebiet überwiegend in engem Zusammenhang mit dem fluvialen Geschehen. Die zugehörigen Abtragsformen werden jedoch aufgrund abweichender Abtragungsmechanismen getrennt von diesem Geschehen betrachtet. Rutschungen werden allgemein als hangabwärts gerichtete, aus einem Scherbruch hervorgehende Gleitbewegungen von sowohl Fels- als auch Lockergesteinsmassen bezeichnet (BUNZA 1982: 14; LAATSCH & GROTTENTHALER 1972: 316; GRUNDER 1984: 49). Ihre primären Ursachen sind vorwiegend zurückzuführen auf die lithologischen und tektonischen Verhältnisse, entsprechende Reliefverhältnisse, Einflüsse der Fluvialerosion auf das Relief, Vegetationsbedeckung sowie langwirkende klimatische Einflüsse. Das Auslösen einer Rutschbewegung ist dabei oft nur durch kurz dauernde extreme klimatische Einwirkungen initiiert (vgl. KNOBLICH 1968: 286). In dieser Definition sind alle Rutschungsarten eingeschlossen, also auch Fels- und Bergrutsche, die im Untersuchungsgebiet nicht auftreten.



Abb. 26: Feilenanbruchartig in stärker verwitterten karnisch-norischen Dolomit eingeschnittener Oberlauf des Weidbaches im Bereich der Mitterkaseralm (Jenner).

Bei den im Untersuchungsgebiet auftretenden Rutschungsformen handelt es sich in der Überzahl um flache translationsförmige Rutschungen und nur vereinzelt um rotationsförmige Rutschungen in Lockersubstraten bzw. veränderlichfesten Gesteinen. Die zahlreichen Blattanbruchbildungen, die in früheren Untersuchungen im Jennergebiet immer wieder als Translationsbodenrutsche angesehen wurden (ZWECKL 1986; ZWECKL & SPANDAU 1987; LANGENSCHIEDT 1987; SONNTAG 1989), sind aufgrund der in Kap. 4.3.2.1.3 beschriebenen Erkenntnisse und Beobachtungen nicht auf reine Rutschungsvorgänge zurückzuführen (vgl. DOMMERMUTH & STAHR 1992: 20).

Die auslösenden Faktoren der Rutschungen sind in der Regel Stabilitätsverluste der Hangflanken in der Folge von Unterschneidungen der Fließgewässer (gravitativ bedingter Rutschungstyp) oder durch stark erhöhter Wasserzufuhr in die Gesteins- oder Bodenkörper und daraus resultierender Kohäsionsminderung (bodenwasserabhängiger Rutschungstyp). Möglich ist auch eine Kombination aus beiden Faktoren.

4.3.3.2.1 Translationsrutschungen

Translationsförmige Rutschungen bezeichnen eine annähernd hangparallele Abtragung von Boden- oder Gesteinsmaterial entlang präformierter Gleitflächen im Boden oder Gestein, die bereits natürlicherweise vorliegen (vgl. LAATSCH & GROTTENTHALER 1972: 317; BUNZA 1982: 18). Translationsrutsche in Festgestei-

nen treten im Untersuchungsgebiet nicht auf. Die Anbrüche sind einzig an mächtigere Lockergesteinsmassen oder Böden in den Einhängen der Fließgewässer gebunden. Betroffen sind hier vor allem die locker gebundenen in der Regel gemischt- bis grobkörnigen Feststoffmassen glazialer-fluvioglazialer Akkumulationen. Diese stehen vielfach in einer Böschungsneigung an, die eine Verhältniszahl von 1:1 erreicht und diese mancherorts auch überschreitet. Die Standsicherheit dieser Böschungen resultiert in erster Linie aus der Stabilisierung durch eine geschlossene Vegetationsdecke. Gleichsam wirkt sich auch die relativ hohe Scherfestigkeit der Substrate, die sich aus der Reibung zwischen den einzelnen Geröllen (stabiles Korngerüst durch zahlreiche Korn-zu-Korn-Kontakte) ergibt sowie eine zumeist gute Wasserdurchlässigkeit und damit verbundene geringe Anfälligkeit gegenüber Wasserzufuhr stabilisierend aus. Wird die Vegetationsdecke durch Rinnenspülung o. ä. verletzt oder verliert der Hang infolge von Unterschneidung oder Unterspülung sein Widerlager, führt dies besonders in den unteren Hangbereichen zwangsläufig zu plötzlich auftretenden Rutschungen, da keine echte Bindung zwischen den locker aneinander gelagerten Gesteinskomponenten besteht (KNOBLICH 1967: 297; SIMMERSBACH 1982: 114 f.).

Der Abtragungsvorgang tritt zwar somit in direkter Folge von Lateralerosion durch die Fließgewässer auf, verläuft aber nachfolgend unter dem Einfluß der Gravitation als selbständige Massenbewegung. Das Auftreten zugehöriger Abtragsformen ist entsprechend ihrer Genese eng an Uferanbrüche gebunden, wobei häufig fließende Übergänge zu beobachten sind. Da die abgerutschten Materialien ebenso wie die sekundär abgespülten Materialien auf den durch den Rutsch entblößten Hangbereichen oftmals direkt in die Fließgewässer gelangen und damit die Feststofffracht deutlich erhöhen, stellen entsprechende Lockergesteinskörper im direkten Einflußbereich der Fließgewässer latente Feststoffherde dar. Im Rahmen der Fließgewässerkartierung wurden deshalb alle umfangreicheren auch noch nicht von Rutschungen betroffenen Lockergesteinsmassen aufgenommen und in der Karte der potentiellen Massenabtragungsbereiche dargestellt (siehe Karte 16; vgl. Kap. 5.4.1). Die beschriebenen Anbrüche sind insbesondere im Mittellauf des Weidbaches unterhalb der Forststraße (in einer Höhenlage zwischen 800 und 1050 m ü. NN), im Mittellauf des Königsbaches (zwischen 1300 und 1400 m ü. NN) und im Mittellauf des Kesselbaches sowie entlang seiner Zuläufe (zwischen 850 und 1000 m ü. NN) zu beobachten.

Ein weiterer Typ translationsförmiger Rutschungen sind Translationsbodenrutschungen. Sie sind ebenfalls ausschließlich an den Einflußbereich der Fließgewässer gebunden, betreffen aber vornehmlich bindige, in der Regel tiegründigere Böden, bzw. auch bindige, bereits von der Pedogenese erfaßte Lockergesteine. Die in diesen Substraten auftretenden Rutschungsvorgänge stehen allerdings nicht in direktem Zusammenhang mit dem aktuellen Fluvialgeschehen, woraus deutlich wird, daß ihre genetischen Ursachen nicht ausschließ-

lich auf Hangunterschneidungen zurückzuführen sind. Die Scherfestigkeit dieser Substrate beruht gegenüber den locker gelagerten groben Kiesen auf einer veränderlichen Kohäsion (KNOBLICH 1967: 297). Aus diesem Grund kann die Standfestigkeit der aus diesen Substraten aufgebauten Hänge durch erhöhte Wasserzufuhr im Verlauf von Niederschlägen oder vermehrtem Hangzugswasser herabgesetzt werden. Der höhere Wassergehalt in den betroffenen Boden- oder Gesteinshorizonten infolge eines ansteigenden Hangwasserspiegels hat eine Erhöhung des Eigengewichts der Substrate in Verbindung mit einem zunehmenden Strömungsdruck (Hangwasserschub) auf die einzelnen Boden- bzw. Gesteinskomponenten zur Folge. Überschreiten so die abscherenden Tangentialkräfte die Scherfestigkeiten der Substrate, kommt es zum Abgleiten ganzer Boden- oder Lockergesteinsschollen. Dies geschieht zumeist entlang vorgegebener Unstetigkeitsflächen (z. B. durch Bodenhorizontgrenzen oder Inhomogenitäten im Vertikalaufbau der Gesteinsschichten durch unterschiedliche Verwitterungsgrade, Bodengefrorenis usw.) Innerhalb der Substrate (vgl. SIMMERSBACH 1982: 108 – 113). Die Heterogenität beinhaltet in der Regel eine bodenmechanisch wirksame Teilung der Lockersubstrate, die aus einer geringeren Permeabilität des Liegenden aufgrund der sich nach unten hin ändernden Substrateigenschaften (Körnung, Porenraum, Lagerungsdichte, Durchwurzelung) resultiert. Dies begünstigt einen schnell ansteigenden Hangwasserspiegel im Verlauf stärkerer Niederschläge sowie eine vermehrte hangparallele Wasserbewegung oberhalb der undurchlässigeren Gesteinsschichten und damit letztlich die Auslösung des Translationsrutsches entlang der Unstetigkeitsflächen (vgl. A. STAHR 1991: 153; HOHENSINN 1979; KÄRCHER 1987)

Die zugehörigen Abtragsformen sind oftmals weit oberhalb der eigentlichen Fließgewässer in den Oberhanglagen der kerbförmigen Taleinschnitte anzutreffen, wobei die Feststoffeinträge in die Wildbäche hier deutlich zurücktreten. Beispiele hierfür bieten insbesondere die Anbrüche am orographisch linken Ufer des Königsbaches in 1440 m ü. NN Höhe sowie am orographisch linken Ufer des Abwärtsgrabenbaches unterhalb der Gotzentalm in 1090 m ü. NN Höhe.

4.3.3.2 Rotationsrutschungen

Die Rutschbewegung, die nicht entlang hangparalleler Gleitflächen, sondern entlang einer oder mehrerer gekrümmter Gleit- oder Scherflächen welche in der Regel erst zum Zeitpunkt des Anbruches entstehen verläuft, wird als Rotationsrutschung bezeichnet (LAATSCH & GROTTENTHALER 1972: 318; BUNZA 1982: 30 ff.; KNOBLICH 1967: 295). Wie von den genannten Autoren eingehend beschrieben, treten Rotationsrutsche bevorzugt in mächtigeren Lockergesteinskörpern auf.

Die einzigen Rotationsrutsche, die im Untersuchungsgebiet festgestellt werden konnten, sind ausschließlich an das Auftreten veränderlichfester Gesteine (Gipstone und Mergel des ausgelaugten Haselgebirges) gebun-

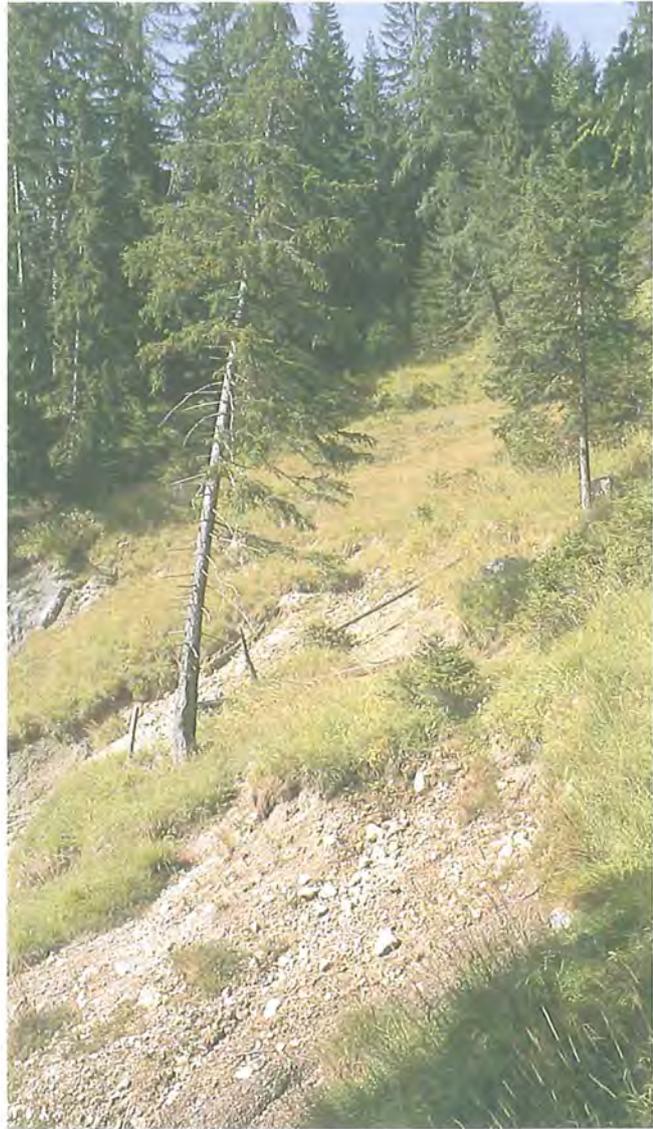


Abb. 27: Im Quellbereich des Kesselgrabenbaches zahlreich auftretende rotationsförmige Rutschungen.

den. Im Hinblick auf die Ursachen sind die Rotationsrutschungen mit den Translationsrutschungen vergleichbar. Auch hier zeigt sich eine Kombination aus Volumenvergrößerungen durch steigende Wassergehalte, Entlastungen infolge von Unterschneidungen und Strömungsdruck als Rutschauslösung verantwortlich. Im Gegensatz zu dem weiteren Rutschgeschehen ergeben sich die Unterschneidungen an den durch Rotationsrutsche betroffenen Standorten jedoch vorwiegend aus einer Form von rückschreitender Erosion im Bereich von Quellaustritten. Die beobachteten rotationsförmigen Anbrüche an zwei Quellaustritten (1100 bzw. 1140 m ü. NN; Abb. 27), deren Wasser den Kesselbach speist, zeigen dabei teilweise bereits ansatzweise Übergänge zu einem Erdfließen wie ihn BUNZA (1982: 31, Abb. 19) beschreibt.

4.3.3.4 Abtragungsvorgänge durch Gravitation

In der vorliegenden Untersuchung werden gravitative Prozesse auf Massenselbstbewegungen eingegrenzt, deren Vorgänge mehr oder weniger einen freien Fall

beinhalten. Hiermit wird eine Abgrenzung der Sturzprozesse zu den ebenfalls weitgehend gravitativ bedingten schneedynamischen Vorgängen erreicht (vgl. FISCHER 1984: 43), welche sowohl deutlich abweichende Prozessabläufe beinhalten als auch gänzlich andere Schäden erzeugen.

Stürze umfassen im allgemeinen je nach den Dimensionen der abgetragenen Gesteinsmaterialien Stein Schlagvorgänge sowie Fels- und Bergstürze (siehe Tab. 9; vgl. auch GRUNDER 1984: 33; BUNZA 1982: Tafel I, 10) und sind in ihrem Auftreten an Festgesteine gebunden.

Im Hinblick auf die Ursachen des Sturzgeschehens sind generell natürliche Einflußfaktoren zu nennen, die vor allem in geologisch-tektonischen Vorbedingungen der anstehenden Gesteine, in Verbindung mit Reliefgestalt und häufig klimatischen Auslösefaktoren, zu sehen sind (VEIGEL 1991: 73; GATTINGER 1975). Eine menschliche Einflußnahme auf die gravitativen Prozesse im Jennergebiet kann ausgeschlossen werden.

Tab. 9: Richtgrößen für die Differenzierung zwischen Steinschlag, Felssturz und Bergsturz (nach KIENHOLZ 1977: 122; vgl. auch ABELE 1974: 5).

	Durchmesser der größten Komponenten	Kubatur der bewegten Masse	Ablagerungsfläche
Steinschlag	< 1m	< 1 Mio. m ³	< 10 ha
Felssturz	> 1m	< 1 Mio. m ³	< 10 ha
Bergsturz	> 1m	< 1 Mio. m ³	< 10 ha

Im Nationalpark Berchtesgaden und seiner Umgebung sind Bergstürze in historischer Zeit nicht bekannt. Daher beschränken sich die gravitativen Prozesse im gesamten Nationalparkbereich derzeit auf ein umfangreiches Steinschlaggeschehen sowie auf vereinzelte größere Felssturzereignisse, die FISCHER (1984: 43 f.) zusammenfaßt.

4.3.3.4.1 Steinschlag

Als Steinschlag wird allgemein der Absturz eines einzelnen oder weniger Steine über einem steilen Abhang bezeichnet, bei dem die Bewegung des Gesteinsmaterials zum großen Teil in der Luft in Form von Fallen, Springen oder Rollen erfolgt (KIENHOLZ 1977: 123; JAHN 1988: 186). Steinschlag ist vorzugsweise auf Gratgebirge mit Felsgebieten und auf Wandfluchten konzentriert (FISCHER 1984: 43), wobei die Neigungswinkel der Steinschlagwände immer oberhalb von etwa 33 Grad liegen. Neben der Hangneigung sind als weitere Voraussetzungen für das Steinschlaggeschehen vor allem der Verwitterungsgrad (durch physikalische und chemische Verwitterung) und die tektonische Beanspruchung und damit der Auflockerungsgrad bzw. die Klüftigkeit der Gesteine von Bedeutung. Weitere physikalische Verwitterungsvorgänge in der Folge von häufigen Frostwechseln (Wechsel von Klufteisbildung und -schmelzen und damit verbundener Frostsprengung), verstärkt eindringendes Wasser in Klüfte und Spalten nach Starkniederschlägen oder zu Zeiten der Ausaperung (Reibungsverluste) führen dann zur Ablösung einzelner Gesteinsbrocken und zum Steinschlag. Untergeordnet können zur Auslösung von Steinschlag auch Gesteinsauflockerungen durch Wurzeldruck, Erschütterungen (Vieh, Verkehr, Erdbeben) oder Spannungen innerhalb der Gesteinskörper infolge neogener Tektonik bzw. rezenter Gebirgsbildung beitragen (vgl. VEIGEL 1991: 73 f.; GRUNDER 1984: 36; BUNZA 1982: 8; MÜLLER 1975: 53 ff.; GATTINGER 1975: 63 f.).

Idealerweise kann eine Steinschlagwand räumlich in eine Ablösungs-, Transit- und Ablagerungszone gegliedert werden (JAHN 1989: 187). Im Rahmen einer solchen Betrachtung ist allerdings vorrangig die Ablagerungszone von Bedeutung, da Form (Kegel oder Halde), Ausmaß (Länge, Sortierung, Größe der Schuttstücke) und Ausbildung (Grad der Humus- oder Vegetationsbedeckung) des Schuttkörpers häufig die einzi-

gen Rückschlüsse auf die Ablösungsbereiche, die jeweiligen Umfänge und die Aktualität des zugehörigen Sturzgeschehens zulassen (vgl. GERBER 1974: 81).

Bei der Erfassung des Steinschlaggeschehens im Untersuchungsgebiet wurden deshalb die Arbeiten im Gelände auf die Schutthalde und -kegel („stumme Zeugen“) der zugehörigen Steinschlagwände und -rinnen konzentriert. Bereits vorliegende Informationen konnten hierzu in Form von Daten entsprechender Realnutzungstypen (z. B. Gesteinsschuttfluren) und geologischen Einheiten (z. B. Hangschuttkegel) im GIS genutzt werden (FRANZ 1993: 8 f., 44 f.). Auswertungen von Orthophotos (1982; Maßstab 1:10.000) und älteren geomorphologischen Kartierungen (SCHNEIDER 1979; FISCHER 1984) lieferten ergänzend weitere Vorlagen, so daß im Rahmen der Geländearbeiten bezüglich des Steinschlaggeschehens lediglich eine Überprüfung der vorliegenden Flächeninformationen durchgeführt wurde.

Der Großteil des Steinschlags ist an die ausgedehnten Felsregionen des Hohen Bretts und des Hagengebirges unter Einbezug seiner westlichen Abdachung und den dort zahlreich ausgebildeten glazial übersteilten Karwänden gebunden (vgl. Kap. 2.3). In diesen Höhenlagen oberhalb von 2000 m ü. NN sind an den zahlreich auftretenden Steilwänden ideale Voraussetzungen für verstärkte Steinschlagaktivität gegeben, die dort zu einer ausgedehnten Schutthaldebildung führte und führt. Grundlage hierfür sind die häufigen Frostwechsel im Verlaufe eines Jahres und fehlende Vegetationsdecken die eine hohe Verwitterungsintensität bedingen sowie eine intensive Korrosion. Demgegenüber zeigen die zahlreichen in den Almregionen immer wieder unvermittelt aufragenden Dachsteinkalkwände (Mooswand, Farrenleitenwand, Bärenwand usw.) trotz ihrer zumeist senkrechten Ausbildung eine relativ geringe Steinschlagaktivität. Sie dokumentiert sich sowohl im geringen Ausmaß der zugehörigen Halden als auch dem Grad einer Humus- und Vegetationsbedeckung der Schuttkörper. Nach GERBER (1974: 82) werden derartige, nicht mehr wachsende Schutthalden als „alte Schutthalde“ bezeichnet. Der Großteil der Halden im Untersuchungsgebiet befindet sich jedoch in einem jungen Stadium, worauf nicht zuletzt die in den Kartiersommern 1990 bis 1992 eigens zu beobachtenden Einzelereignisse hinweisen. Sie belegen die anhaltende Aktivität dieser Prozesse.

4.3.3.4.2 Felsstürze

Felsstürze bezeichnen ebenfalls ein Abstürzen von Gesteinsmassen, welches durch die Gravitation und ein zusätzlich auslösendes Moment hervorgerufen wird. Gegenüber dem Steinschlaggeschehen erreichen sie allerdings deutlich größere Dimensionen (vgl. Tab. 9) und begründen sich in unterschiedlichen Ursachen. Im Unterschied zum Steinschlag, dessen Vorgang zur Zeit der Ablösung im wesentlichen nur auf Instabilitäten an den Oberflächen der Gesteinskörper zurückzuführen ist, sind die Ursachen der Felsstürze (und auch der genetisch vergleichbaren Bergstürze) oftmals bereits durch bestimmte Präformationen im Gebirgsbau vorgebedingt (vgl. GRUNDER 1984: 37). Derartige Präformationen sind hangauswärts fallende Trennflächen in Form von Schicht-, Kluft- oder Verwerfungsflächen. Sie sind im Falle der Kluft- und Verwerfungsflächen entweder primär orogenetisch bedingt oder sehr häufig im Zuge glazialer Hangübersteilungen entstanden. Weisen die Trennflächen innerhalb der Festgesteine zudem einen Belag aus veränderlichstem Gesteinsmaterial auf, ist in der Regel das Entstehen einer Bewegung deutlich begünstigt (KNOBLICH 1967: 290), so daß der letztendlich bewegungsauslösende Anlaß oft geringfügig ist und eigentlich eine nur untergeordnete Bedeutung besitzt (VEIGEL 1991: 74). Wie KNOBLICH (1967: 292 – 295) nachweist, verringert sich die Standfestigkeit der wandbildenden Gesteine deutlich, wenn innerhalb der Schichtkomplexe veränderlichste Zwischenlagen (häufig nur cm-Mächtigkeiten erreichende Ton-, Schluff-, Sand-, Lehm- oder Mergellagen in den Schichtfugen) auftreten. In diesem Fall wird die Scherfestigkeit zwischen den einzelnen Schichtpaketen vorrangig von der Kohäsion und der inneren Reibung der Zwischenlagen bestimmt, deren Werte sich durch Zufuhr von Wasser deutlich verringern können.

Von Bedeutung ist dies insbesondere für die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet, da der südlich des Jenners verbreitete Dachsteinkalk in Lagunenfazies eine sehr gut ausgeprägte im Meterbereich liegende Bankung aufweist, in dessen Abfolge rhythmisch dünne Mergellagen, Tonlagen und Loferite eingeschaltet sind (LANGENSCHIEDT 1988: 9, 1985: 6). Demzufolge ist das Felssturzgeschehen im Untersuchungsgebiet eng an das Auftreten des gebankten Dachsteinkalks gebunden. Geologische Kartierungen (u. a. LANGENSCHIEDT 1981; SCHANG 1983; HAHN 1985) weisen einige Felssturmassen insbesondere in der Umräumung der Farrenleitenwand und unterhalb der Rothspielscheibe und des Wasserpalfens aus. Das Alter dieser Felsstürze kann nicht sicher angegeben werden. In der großen Mehrzahl gehen sie jedoch auf das ausgehende Spätglazial bis frühe Postglazial zurück. Hierauf weist auch VEIGEL (1991: 74) im Rahmen einer Untersuchung zu Bergstürzen im Dachsteinkalk unweit des Nationalparks Berchtesgaden hin. Grundlage dieser Aussage ist die Tatsache, daß die Sturzblöcke zumeist Grundmoränen aufliegen, sich z. T. mit diesen verzahnen (vgl. LANGENSCHIEDT 1981: 109; HAHN 1985: 95) oder vom Gletscher transportiert und als er-

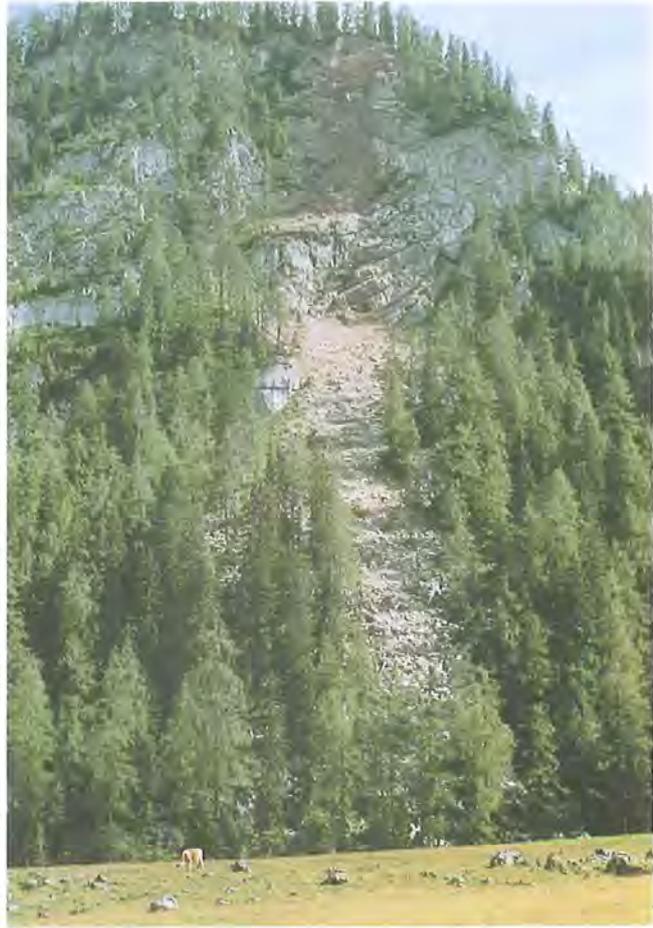


Abb. 28: Der im November 1989 niedergegangene Felssturz aus der Mooswand oberhalb des Priesbergmooses. Deutlich erkennbar ist die (orangegefärbte) Abrißfläche sowie die etwa 45 Grad hangauswärts fallenden Dachsteinkalkbänke.

ratische Blöcke abgelagert wurden (nördlich des Königssees, FISCHER 1984: 44).

Im November 1989 (LANGENSCHIEDT 1993) löste sich aus der Mooswand oberhalb der Priesbergalm ein kleinerer Felssturz, dessen größte Blöcke (ca. 5 m im Durchmesser) bis an den Rand des Priesbergmooses stürzten.

Die Ursache dieses Felssturzes sind ebenfalls etwa 45 Grad hangauswärts fallende Dachsteinkalkbänke mit etwa 15 cm mächtigen Mergellagen in den Schichtfugen der Bänke sowie zahlreich ausgebildete Klüfte senkrecht zur Bankung. Die entblößte Trennfläche in Form der Gleitfläche ist im Abrißbereich auch heute noch deutlich erkennbar (siehe Abb. 28).

4.4 Bewertung der Schäden

In der Schadenskarte sind gemäß der Aufgabenstellung alle beschriebenen Abtragsschäden flächenhaft dargestellt, die auf quasinatürliche Prozesse oder direkte menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind. Darüberhinaus enthält die Schadenskarte gleichzeitig eine Bewertung der erfaßten Abtragsschäden mit einer Kennzeichnung des jeweiligen Schadensausmaßes.

Grundlage der Bewertung ist das Maß an Verlusten der Vegetationsdecke und des Bodens- bzw. des Gesteinsmaterials. Im Vordergrund stehen somit bei der Bewertung der Schäden im wesentlichen quantitative Aspekte der Abtragsintensitäten. Auf qualitative Aspekte (ökologische Auswirkungen der Abtragungsvorgänge, ästhetische Gesichtspunkte) wird im Rahmen dieser Betrachtung nur untergeordnet eingegangen. Diese Vorgehensweise ergibt sich aus dem Ziel Aussagen über die Abtragungsdynamik der geomorphologischen Prozesse zu erreichen, welche aus den Schadensumfängen ableitbar sind.

Die Schadensbewertung unterteilt sich in Abhängigkeit von dem Flächencharakter der Abtragsformen in drei Bewertungsgruppen:

- vermehrt linienhaft orientierte Schäden: Wegschäden;
- punktuelle bis kleinflächige Schäden: Narbenversatzschäden, Viehtrittblaken;
- flächenhafte Schäden: Schnee- und Lawinenschurfblaken, Blattanbrüche, Skipistenschäden.

Die Zuordnung der einzelnen Abtragsformen in die Bewertungsgruppen erfolgte nicht streng nach Gestalt – aus Gründen des Betrachtungsmaßstabes ist dies auch nicht sinnvoll –, sondern orientierte sich am dominanten Typus der Abtragung. Vorrangig liegt der Unterteilung der Schadensbewertung ein methodischer Ansatz zugrunde, der für die einzelnen Schadensarten unterschiedliche Bewertungskriterien berücksichtigt:

• **Vermehrt linienhafte Schäden:**

1	Geringe Schäden	Bisher kaum Abtragung, ansatzweise Zertretung von randlicher Vegetation, keine Abkürzer
2	Mittlere Schäden	Linienhafte Abtragung durch Tiefenerosion, Eintiefung ohne Verbreiterung, vereinzelte Abkürzer, teilweise randliche Schäden an der Vegetation
3	Starke Schäden	Flächenhafte Bodenabtragung und starke Ausspülung durch Tiefenerosion (Gerinne), Wegverwilderung durch Abkürzer, ausgedehnte randliche Schäden an der Vegetation, Wegflächenverbreiterung

Abb. 29: Kennwerte des Schadensausmaßes an unbefestigten Wegen, Pfaden und Steigen durch Trittbelastung.

• **Punktuelle bis kleinflächige Schäden:**

Tab. 10: Kennwerte der Schädigungsstufen (SSt) der durch Viehtritt geschädigten Bereiche.

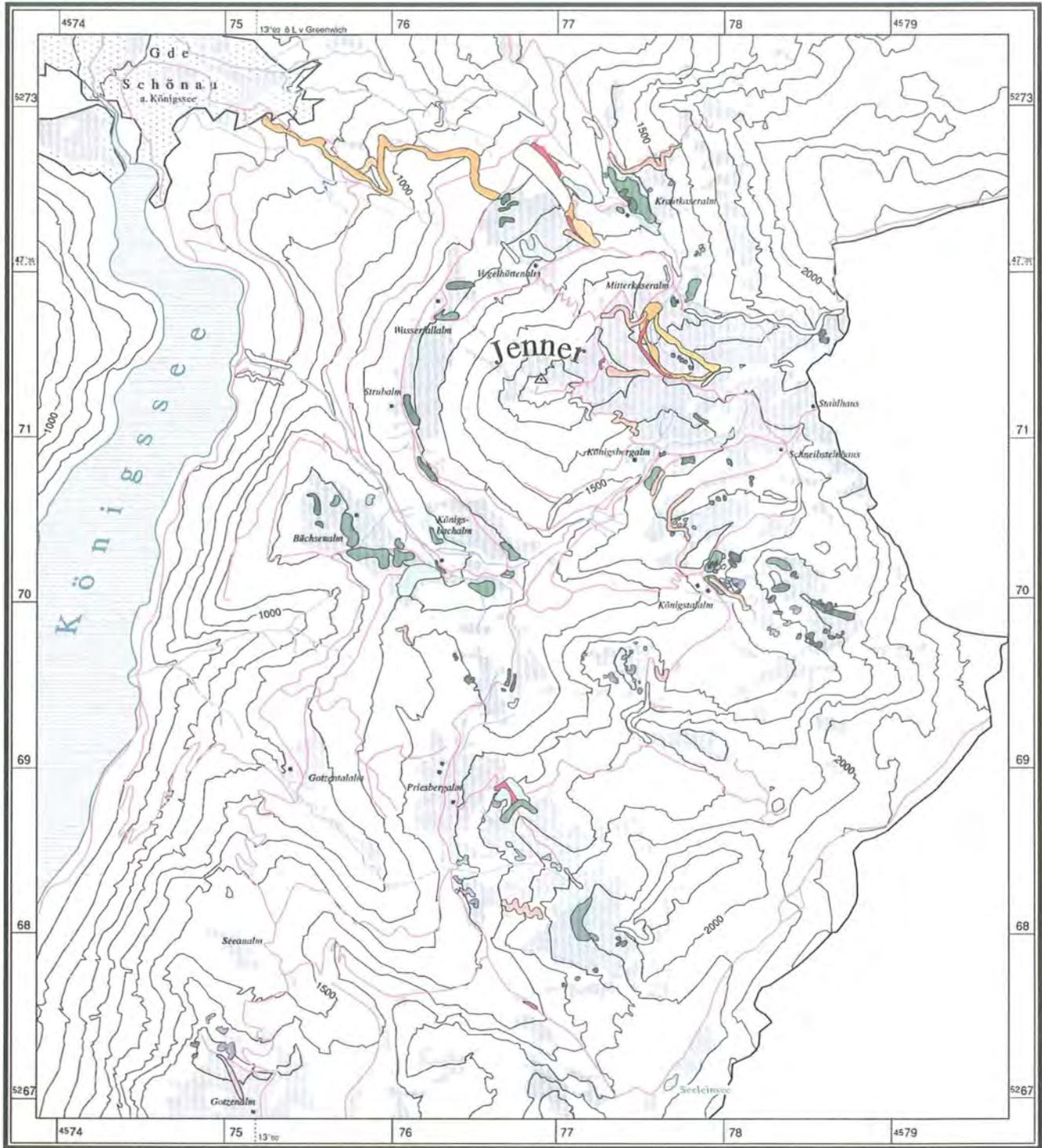
Flächenanteil der geschädigten Bereiche ca.	25 %	50 %	100 %
Verlust der Vegetationsdecke	SSt 1	SSt 2	SSt 3
Verlust von Bodenmaterial	SSt 2	SSt 3	SSt 4

• **Flächenhafte Schäden:**

Verlust der Vegetationsdecke	→	EG 1
Solumverlust des Boden von < 10 %	→	EG 2
Solumverlust des Boden von 10 – 30 %	→	EG 3
Solumverlust des Boden von 30 – 70 %	→	EG 4
Solumverlust des Boden von 70 – 100 %	→	EG 5

Abb. 30: Erosionsgrade (EG) flächenhafter Bodenabtragung infolge von Schnee- und Lawinenschurf, Blattanbruchbildung und der wintersportlichen Aktivitäten.

Karte 11: Schadenskarte



Schäden auf Skipiste

- gering
- mäßig
- mittel
- stark
- sehr stark

Beweidungsschäden

- mäßig
- mittel
- stark
- sehr stark

Nivationschäden

- gering
- mäßig
- mittel
- stark
- sehr stark

Wegschäden

- gering
- mittel
- stark

Lichtweideflächen, teilweise aufgelassen (z.T. Latschengebüsch)

Wege

Fließgewässer

Almhütten



Die in Abb. 30 angegebenen Erosionsgrade beziehen sich auf Profilverkürzungen der geschädigten Böden im Vergleich zu nicht geschädigten Normalprofilen (vgl. AG BODENKUNDE 1982: 170, Tab. 60).

In der Darstellung der Schadenskarte sind die geschädigten Bereiche flächenhaft abgegrenzt und mit einer dem jeweiligen Kennwert zugeordneten Farbe gekennzeichnet. Aufgrund des Darstellungsmaßstabes wurden die flächenhaften Abtragsformen der Blaiken mit gleicher Schädigungsstufe zu gemeinsamen Flächen zusammengefaßt.

4.5 Die Entwicklung von Abtragungsschäden von 1953 bis heute

Neben der Beobachtung der rezenten Geomorphodynamik (Monitoring) ist auch die Betrachtung der vergangenen Entwicklung von Abtragungsschäden bedeutsam. Hieraus lassen sich in anschaulicher Weise eine zu- bzw. abnehmende Abtragungsdynamik mit den sich ändernden Einflußfaktoren im Laufe der Jahrzehnte in Verbindung bringen. Besondere Beachtung kommt hierbei wiederum dem Maß einer anthropogenen Einflußnahme auf die Entwicklung des Abtragungsgeschehens zu.

Wie in Kap. 4.3.2.1 beschrieben, gehen die umfangreichsten Denudationsschäden im Untersuchungsgebiet auf Blaikenbildungen im Zusammenhang mit Nivationsvorgängen zurück. Die besondere Bedeutung dieser Abtragsformen als Indizien für eine schleichende Destabilisierung der kulturlandschaftlich geprägten Ökosysteme gibt Anlaß, im Rahmen einer langfristigen Beobachtung der Entwicklung der Blattanbruch- und Schneeschurfschäden besondere Aufmerksamkeit zu

widmen. Darüberhinaus gilt das Augenmerk einer etwaigen Zunahme von Weideschäden. Hierbei sind eventuelle Abhängigkeiten einer progressiven Schadensentwicklung von den sich verändernden Wirtschaftsweisen in der Almwirtschaft zu prüfen.

4.5.1 Monitoring der Blaikenbildungsprozesse

Das Monitoring beinhaltet die längerfristige Beobachtung und Registrierung morphodynamischer Prozesse sowie die Dokumentation der resultierenden Abtragungsschäden. Hieraus sind Aussagen über die Dynamik der aktuell ablaufenden Prozesse ableitbar.

Für die Dokumentation der aktuellen Entwicklung von Blattanbruchbildungen, Schneeschurf- und Viehtrittschäden wurde die Königstalalm mit dem SW- und dem NW-exponierten Hang ausgewählt. Diese beiden Hänge bieten geradezu Paradebeispiele von Nivations- und Weideschäden und werden im Rahmen der Untersuchungsflächenvorstellung näher beschrieben (siehe Kap. 5.1.1 und 5.1.2). Für die Dokumentation wurden in Zusammenarbeit mit Herrn JOHANNES von der Projektgruppe Berchtesgaden des Bodenforschungsprojektes mittels einer 6 x 6 Mittelformatkamera (Rollei) Aufnahmen angefertigt, die jeweils im September 1991 und 1993 von markierten und eingemessenen Standorten aus aufgenommen wurden. Diese standardisierten Aufnahmen ermöglichen so eine Vergleichbarkeit von Kontrollaufnahmen in den weiteren Jahren (siehe Abb. 31).

Wie später im Rahmen der Luftbildinterpretation gezeigt wird, kennzeichnet eine Zunahme der Abtragungsschäden durch Blattanbruchbildung langfristig weniger eine flächenhafte Ausweitung bereits vorhandener Schä-



Abb. 31: Der Mittel- und Oberhang des SW-Hanges der Königstalalm im September 1991 (links) und im September 1993 (rechts). (Aufnahmen: Johannes/ Dommermuth).

Im Vergleich der beiden Aufnahmen zeigen sich die Auswirkungen des Gleitschneewinters 1991/92 in Form einer Schadensausweitung bereits bestehender Blaiken (Pfeil 1, 2, 4 und 5) sowie eines neu entstandenen Blattanbruches (Pfeil 3).



Abb. 32: Der NW-Hang der Königstalalm im Juli 1991 (links) und Ende Juni 1993 (rechts).

Die Ausweitung der Nivationsschäden infolge der Auswirkungen des Gletschneewinters 1991/92 wird anhand der Schneeschorfblaike in der rechten Bildmitte besonders augenscheinlich.

den als vielmehr die Neuentstehung von Abtragsformen. Im Vergleich der Aufnahmen von 1991 und 1993 des Königstal SW-Hanges in Abb. 31 fällt auf, daß die Mehrzahl der bereits 1991 bestehenden Blaiken trotz des Gletschneewinters 1991/92 keine Schadensausweitung zeigen. Lediglich zwei große Blattanbrüche im Oberhang wurden in ihrer Fläche überwiegend hangaufwärts in Form einer „Rückverlegung“ der Abtragsfront erweitert (Pfeil 1 und 2). Deutlich sichtbar ist demgegenüber der im Frühjahr 1992 neu entstandene Blattanbruch im Mittelhangbereich (Pfeil 3). Im gleichen Frühjahr unterlag auch der NW-Hang umfangreichen Gletschneebewegungen (siehe Abb. 11), was sich insbesondere in der Ausweitung einiger ursprünglich kleinerer Schurfblaiken zu einer großen Schurfblaike äußert (siehe Abb. 32, rechte Bildmitte).

4.5.2 Luftbildinterpretation

Zur Abschätzung einer vergangenen Prozeßdynamikentwicklung bietet sich eine Luftbildinterpretation an. Hierzu stehen Luftbilder verschiedener Befliegungen im Archiv der Nationalparkverwaltung Berchtesgaden zur Auswertung bereit. Analog zur Dokumentation der aktuellen Geomorphodynamik wurde auch für die Luftbildinterpretation die Königstalalm ausgewählt. Die in Frage kommenden Luftbilder sind in Tabelle 11 zusammen-

mengefaßt. Aufgrund der unterschiedlichen und teilweise kleinen Bildmaßstäbe wurden von den ausgewählten Luftbildern Ausschnittsvergrößerungen auf etwa den Maßstab 1:4000 angefertigt. Dies dient einer besseren Auswertungsmöglichkeit sowie einer anschaulicheren Darstellung (siehe Abb. 33, A – E).

Eine Entzerrung der Luftbilder wurde nicht durchgeführt. Anhand einer ersten Betrachtung wurde bereits deutlich, daß das Ziel der Auswertung weniger die Analyse von Veränderungen der Flächenausmaße schon vorhandener Abtragsformen sein mußte. Vielmehr stand mehr die Erfassung der Anzahl an Einzelformen

Tab. 11: Ausgewählte Luftbilder zur Auswertung der Entwicklung von Abtragsschäden durch Blattanbruchbildung, Schneeschorf und Viehtritt.

Bildflugnummer	Streifen	Bildnummer	Maßstab	Tag der Aufnahme
8/1990 (IR)	13	540	ca. 1:10.000	24. 8. 1990
88046	11	402	ca. 1:15.000	26. 9. 1988
1/3490	7	142	ca. 1:18.000	15. 9. 1982
1/1688	22	223	ca. 1:10.000	3. 9. 1973
5901	4	622	ca. 1:18.000	12. 9. 1959
5301	30	2118	ca. 1:10.000	1953

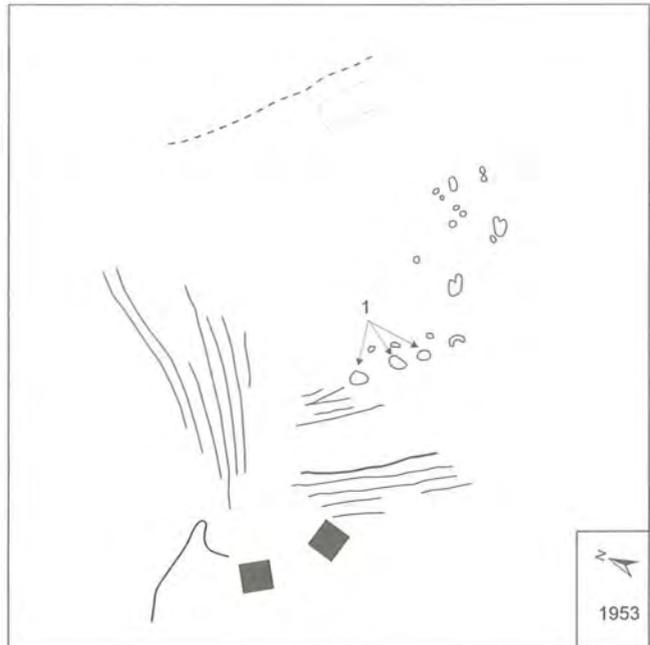


Abb. 33: Luftbildserie der Königstalalm 1953 bis 1990.

Bild A: Im Jahre 1953 war der NW-exponierte Hang noch weitgehend unverletzt. Lediglich die starke Verangelung deutet auf die Beweidung hin. Der SW-Hang ist bereits von einigen Blattanbruchbildungen betroffen.



Bild B: Auf dem Luftbild von 1959 ist die Zunahme der Blattanbrüche auf dem SW-Hang erkennbar. Das Flächenausmaß der bestehenden Blaiken bleibt dabei weitgehend unverändert.

in den einzelnen Luftbildjahrgängen im Vordergrund. Daher wurde lediglich eine qualitative Auswertung durchgeführt.

Bei der Betrachtung der Luftbildausschnitte A (1953) bis E (1990) in Abb. 33 wird die stetige Zunahme der Zahl der Blattanbrüche in dem erfaßten Zeitraum deutlich. Dies gilt vor allem für den SW-Hang, der fast nur von Blattanbruchbildungen betroffen ist sowie für den

NW-Hang, insbesondere in dem Bereich direkt unterhalb der kleinen Baumgruppe, welche vom Rücken des Ruck herunterzieht. Erneut wird hier deutlich, daß das Flächenausmaß einzelner Blaiken über lange Zeiträume hinweg, trotz einer Zunahme der Schäden in direkter Nachbarschaft, weitgehend unverändert bleiben. Erkennbar ist dies vor allem an den drei größeren Blattanbrüchen direkt oberhalb der Almkaser auf dem SW-Hang (Pfeil 1 in Bild A bis E). Sie bestanden be-

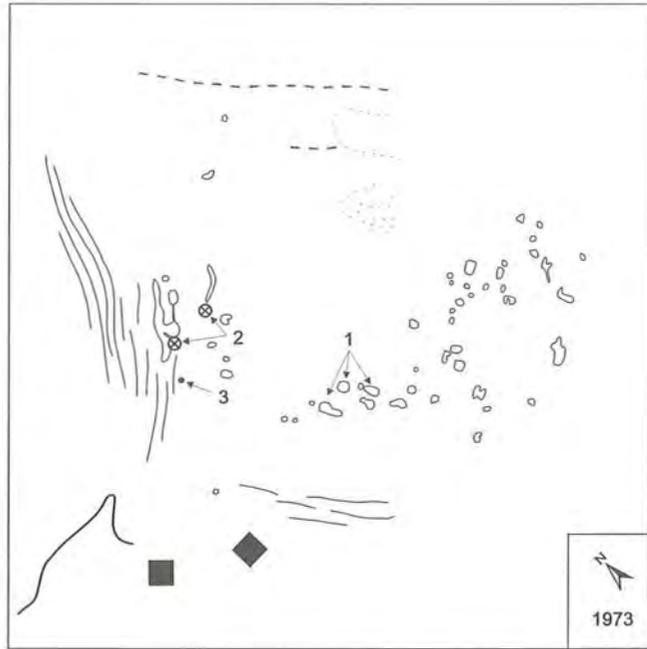


Bild C: Zu erkennen ist die Ausweitung der Weideschäden (Viehgangeln vermutlich mit Narbenversatz) zwischen 1959 und 1973 zu großen Viehtrittbläiken.

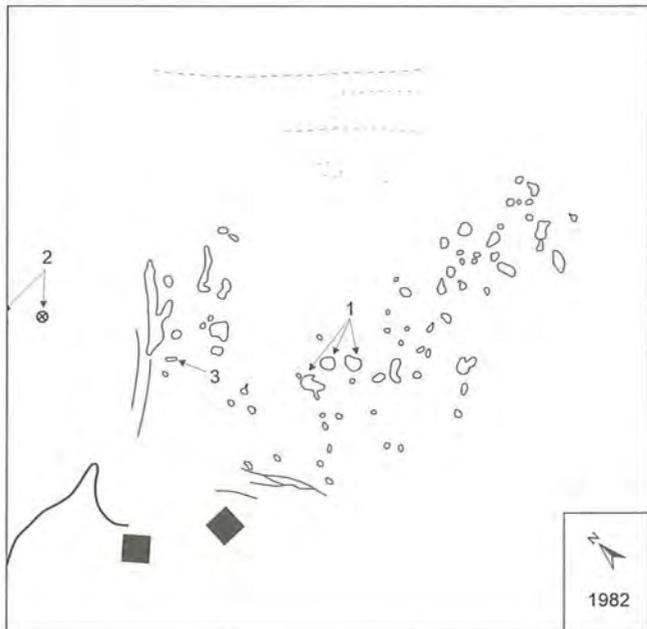


Bild D: Zwischen 1973 und 1982 ist eine weitere Zunahme der Blattanbrüche zu verzeichnen. Im gleichen Zeitraum wurden die zwei Lärchen (2) auf dem NW-Hang vom Mittelhangbereich in den Unterhangbereich bzw. in das Königstalmoos abgeschoben. Verantwortlich hierfür sind Schneedruckvorgänge, welche auch den Felsblock (3) etwa 30 m hangabwärts transportierten.

reits 1953 und vergrößerten sich bis 1959 deutlich. Im Laufe der drei Jahrzehnte bis heute haben sie sich jedoch nur unwesentlich verändert.

Die Abtragsschäden, die auf Schneeschurf- bzw. Schneeschubprozesse zurückzuführen sind, haben ebenfalls zugenommen. Die zugehörigen Abtragsformen konzentrieren sich, abgesehen von zwei Einzelformen im mittleren Hangbereich des SW-Hanges, im

wesentlichen auf den Oberhang- und zentralen Hangbereich des NW-Hanges. Während der zentrale Hangbereich des NW-Hanges 1953 und 1959 noch weitgehend unverletzt ist, entstehen in diesem Bereich ab 1973 vereinzelt Schneeschurf- bzw. Schneedruckbläiken. Diese nehmen bis 1990 deutlich zu. Besonderes Dokument einer zumindest zeitweise erhöhten Schneedynamik nach 1973 sind in diesem Zusammenhang zwei einzelnstehende Lärchen auf dem NW-

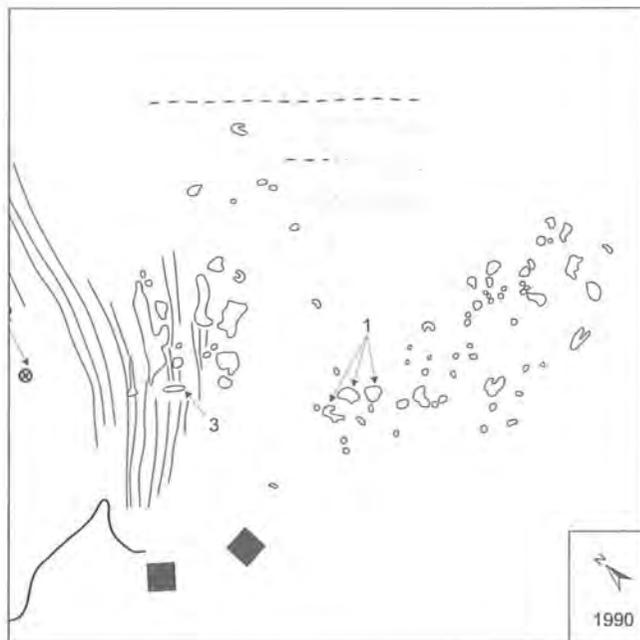


Bild E: Die Aufnahme von 1990 verdeutlicht die Ausweitung der Viehtrittblaiken entlang der hangparallel ausgebildeten Viehgangeln auf dem NW-Hang.

Hang. Die beiden Bäume wurden mitsamt ihrem Wurzelteller vermutlich in einem Ereignis zwischen 1973 und 1982 von Schneebewegungen aus dem Mittelhambereich in den Unterhangbereich bzw. in das Königstalmoos abgeschoben, wo sie noch heute stocken (siehe Bild C, D und E, Pfeil 2). Im gleichen Zeitraum wurde auch ein Felsbrocken infolge des Schneedruckes um etwa 30 Meter talwärts abgeschoben. Hierdurch entstand eine tiefe Schurfrinne, welche auf Bild D und E deutlich erkennbar ist (Pfeil 3).

Gegenüber dem zentralen Hangbereich ist der steile Oberhang des NW-Hanges bereits 1953 durch große Schneeschurfflächen gekennzeichnet. In diesem Bereich ist auch eine Zunahme der Abtragsschäden anhand der späteren Luftbilder zu verzeichnen. Diese Zunahme äußert sich in Form einer talwärtigen Ausweitung der ausgedehnten Schneeschurfflächen im Verlauf der Jahrzehnte.

Besonders augenscheinlich läßt sich die Entwicklung der Abtragsschäden am Beispiel des Viehtritts aufzeigen. So weisen bereits 1953 Unterhangbereiche des NW- und SW-Hanges eine starke Vergangelung auf. Diese ist auf späteren Aufnahmen des SW-Hanges kaum noch erkennbar, während sich der starke Einfluß der Beweidung auf dem NW-Hang mit dem charakteristischen Formenschatz bis 1990 deutlich nachweisen läßt. Nach 1959 weiten sich dort die Viehgangeln zu großen, höhenlinienparallel orientierten Viehtrittblaiken aus, wie sie erstmalig auf dem Luftbild von 1973 (Bild C) zu erkennen sind.

Wie die Entwicklung der Nivationsschäden steht auch die Entwicklung der Weideschäden in direktem Zusammenhang mit den Veränderungen in der Almwirtschaft. Diese Aussage belegt sich vor allem aus der

Auswertung der Luftbilder A bis C, parallelisiert mit der Dokumentation über die Entwicklungen in der Almwirtschaft im gleichen Zeitraum. Die Jahre 1953 bis 1970 sind gekennzeichnet durch eine stetige Abnahme der Zahl der bewirtschafteten Almen im Nationalpark. Damit verbunden ist auch ein Rückgang des Viehauftriebes insgesamt sowie auf die einzelnen Almen (siehe Abb. 21 und 22). Analog zu dieser Entwicklung führt die beschriebene Extensivierung (vgl. Kap. 4.3.2.2) zu einem geringeren Pflegeaufwand und hirtloser Beweidung bei vorherrschender Jungviehhaltung. Die in diesem Zeitraum anhand der Luftbilder zu verzeichnende progressive Schadensentwicklung macht den negativen Einfluß dieser Wirtschaftsweise auf die Abtragungswirksamkeit der aktuellen geomorphologischen Prozesse innerhalb der Kulturlandschaften der Almen deutlich.

5 Potentielle Massenabtragungsbereiche im Arbeitsgebiet Jenner

Die beschriebenen rezent ablaufenden Massenverlagerungen schädigen die Kulturlandschaften der Alpen nachhaltig und in vielfältiger Weise. Unter diesem Gesichtspunkt ist es eine vorrangige Aufgabe, das zumeist komplexe Wirkungsgefüge der schadbringenden Prozesse zu analysieren und die möglichen Einflußgrößen herauszuarbeiten. Nachfolgend können aus dem Ergebnis dieser Analyse für den Bereich des Untersuchungsgebietes Aussagen über gefährdete Bereiche und darüberhinaus Empfehlungen für Schutzmaßnahmen abgeleitet werden.

Zur Einschätzung von Gefährdungspotentialen geomorphologischer Gefahren (KIENHOLZ 1977: 27) oder Naturgefahren, d. h. Stürze, Rutsche, Wildbachgeschehen und Lawinenabgänge (GRUNDER 1984: 1), gibt es bereits zahlreiche Untersuchungen. Diese sind zumeist von der Intention geleitet, die Gefahren für Siedlungen und Menschen zu erforschen. Ein Ansatz, der sich früher notwendigerweise aus den Erfahrungen der Alpenbewohner mit den morphodynamischen Vorgängen zur Erhaltung von Leben und Gut in ihrem Lebensraum ergab (KIENHOLZ 1981: 34). Aus dem Umstand, daß das Lawinengeschehen und zurücktretend auch das Wildbachgeschehen (in Verbindung mit Murbhängen) in den Alpen bis heute mehr Schäden anrichtete und mehr Todesopfer forderte als andere Naturgefahren, erklärt sich auch die Tatsache, daß die Lawinenforschung ähnlich wie die Wildbachforschung seit längerer Zeit institutionalisiert ist, und eine weitgehend standardisierte Methodik zur Beurteilung der von diesen Vorgängen ausgehenden Gefahren bereitstellt (z. B. BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1991; vgl. AULITZKY 1975: 178 – 180; BERGTHALER 1975; ZOLLINGER 1976: 33). AULITZKY (1975: 163 ff.) ordnet dabei die geomorphologischen Gefahren innerhalb des Alpenraumes in vier Gefahrenzonen ein

- Gefahrenzonen in Flußlandschaften
- Gefahrenzonen in Wildbachablagerungsgebieten
- Lawinengefahrenzonen
- Gefahrenzonen in Hangbereichen

und weist den einzelnen Gefahrenzonen ein jeweiliges Maß der Gefährdung (Gefahrenstufen) zu. Das Gefährdungsmaß geht dabei aus den Ergebnissen von Analysen der gegebenen relevanten Geländeparameter (Neigungsverhältnisse, Vegetationsbedeckung, Geologie etc.), der Intensität vorangegangener Ereignisse und deren Wiederkehrwahrscheinlichkeit (abgeleitet aus der Häufigkeit bekannter Prozesse) hervor. Zu Hilfe genommen werden im Rahmen derartiger Gefahrenbeurteilungen die von KIENHOLZ (1977: 115) eingeführten drei Grundmethoden der „historischen“ Methode, der Methode der „stummen Zeugen“ (vgl. auch AULITZKY 1973: 93) sowie der Methode der „Modellversuche und Modellrechnungen“ (vgl. auch MOSER 1980: 93 – 100; GRUNDER 1983: 356 – 358).

Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zu ermittelnden Gefährdungspotentiale beziehen sich jedoch nicht auf eine direkte Gefährdung von Siedlungen oder Menschen, sondern auf eine konkrete Erosions- und Abtragungsgefährdung vorwiegend von Lockersubstraten durch Massentransport und untergeordnet auch Massenbewegungen (vgl. KARL & DANZ 1969: 2; LAATSCH & GROTTENTHALER 1973). Sie sollen auf potentielle, d. h. auf in Zukunft möglicherweise von Abtragungsvorgängen betroffene Bereiche hinweisen.

In der Vorgehensweise der Untersuchung steht die Analyse relevanter abtragungssteuernder Parameter in bereits von Abtragungsprozessen betroffenen Berei-

chen im Vordergrund. Aus der durchgeführten geomorphologischen Geländeanalyse, d. h. der „stummen Zeugen“, und den ermittelten Abhängigkeiten von Einflußfaktoren können so über die Bereiche vorliegender Schädigung hinaus auch Bereiche ermittelt werden, die unter der derzeitigen Nutzung und der damit gegebenen Konstellation von Einflußfaktoren als gefährdet einzustufen sind. Folglich geht es im Rahmen der Ausweisung von gefährdeten Bereichen um die Ermittlung von Flächen, die derzeit noch keine Schädigung zeigen, aber bezüglich der Nutzung und ihrer naturräumlichen bzw. kulturräumlichen Ausstattung mit bereits geschädigten Flächen identisch sind (vgl. MOSER & ÜBLAGGER 1984: 281).

Die Ausscheidung gefährdeter Flächen erfolgte zum Teil mit Hilfe des GIS. Hier waren die verschiedenen für die Morphodynamik relevanten Einflußparameter bereits abgespeichert oder wurden neu eingegeben. Durch Überlagerung (Verschneidung) der verschiedenen Informationsebenen und nachfolgender Verknüpfung der einzelnen, für die Auslösung der Prozesse als relevant ermittelten Parameter, wurden die potentiell gefährdeten Bereiche ausgeschieden und in einer Karte der potentiellen Massenabtragungsbereiche zusammengefaßt (vgl. MANI & GERBER 1992: 106).

5.1 Betrachtung ausgewählter Einzelprozesse auf Untersuchungsflächen

Die einzelnen im Untersuchungsgebiet auftretenden morphodynamischen Prozesse wurden weitgehend geomorphologisch aus dem Formenschatz identifiziert (vgl. Kap. 4.3; GRUNDER 1984: 15). Im Rahmen der eingangs der Kartierarbeiten durchgeführten Übersichtsbegehung konnte eine Dominanz (bezogen auf das Flächenausmaß) der auf Nivation und Beweidung zurückzuführenden, denudativen Abtragsformen (Blaikenbildungen) gegenüber den weiteren Blaikenbildungen und Abtragungsschäden im Zusammenhang mit dem Sommertourismus und dem Wintersportgeschehen festgestellt werden. Für die Untersuchung der Nivations- und Beweidungsschäden erfolgte deshalb im Anschluß an die Übersichtsbegehung eine Abgrenzung von fünf Untersuchungsflächen, die besonders stark von entsprechenden Schäden betroffen sind.

Die Ermittlung gefährdeter Bereiche im Zusammenhang mit dem Wildbachgeschehen und der direkt anthropogenen Belastung wurden abgeleitet aus den Ergebnissen der Wildbachkartierung und der Wegschadenskartierung. Auf eine weitergehende Analyse der durch den Wintersport bedingten Abtragungsvorgänge wurde bewußt verzichtet. Hier kann davon ausgegangen werden, daß im gesamten Bereich der Jennerskipiste im Zuge fortgesetzter sportlicher Aktivitäten und der damit zusammenhängenden Pistenaufbereitungen, mit starken Bodenschädigungen zu rechnen ist.

In den folgenden Kapiteln werden die Untersuchungsflächen einzeln vorgestellt und jeweils die Prozesse einschließlich der resultierenden Abtragsformen den

standörtlichen Verhältnissen gegenübergestellt. Für den Ablauf und das Ausmaß der Bodenabtragungsvorgänge sind die bodenkundlichen Parameter der betroffenen Böden von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund steht die bodenkundliche Situation der einzelnen Untersuchungsflächen im Vordergrund der Betrachtung. Zur Charakterisierung der besonderen bodenkundlichen Verhältnisse bzw. des vielfach komplexen oberflächennahen Untergrundes der einzelnen Untersuchungsflächen, erfolgt eine Darstellung von jeweils zwei Catenen und einer Bodenkarte. Diesem Zweck dienen gleichzeitig auch je zwei ausgewählte Bodenprofilbeschreibungen mit der Vorstellung einiger Bodenkennwerte, welche als Leitprofile die charakteristischen Bodentypen der jeweiligen Untersuchungsflächen repräsentieren.

Nach zahlreichen vorangegangenen Untersuchungen (u. a. von KARL 1961; LAATSCH 1974; SCHAUER 1975) sind die Vegetationsverhältnisse, insbesondere die Ausbildung der Weide- und Rasengesellschaften, auf den Almen von entscheidender Bedeutung für die Intensität der nivalen Massenabtragung. Als entscheidend wird hierbei vor allem eine jeweilige Artenverschiebung auf nur noch extensiv genutzten oder völlig aufgelassenen Almflächen angeführt. Im Hinblick auf die Vegetationsaufnahmen auf den Untersuchungsflächen gilt somit das Interesse weniger der Erkennung einer exakten floristischen Zusammensetzung als vielmehr der morphologischen Ausbildung der Rasengesellschaften. Bei der Überprüfung eines etwaigen Einflusses der Vegetation auf die Abtragungsvorgänge steht demgemäß sowohl die oberirdische Wuchsform (z. B. Dominanz von Horst- und Polsterpflanzen usw.) als auch die Ausbildung des Wurzelsystems (Tiefe und Dichte der Durchwurzelung) der dominanten Arten (gemäß Deckung bzw. Abundanz) im Vordergrund der Betrachtung.

Die pflanzensoziologische Einordnung der Rasen erfolgt nach den speziell für die ausgewählten Almbereiche ausgeschiedenen Gesellschaften von SPRINGER & SPATZ (1985). Die Artenlisten stellen eine Zusammenstellung der dominanten Arten von jeweils repräsentativen Teilflächen dar, wobei auf grundlegende Abweichungen in anderen Hangbereichen hingewiesen wird. Die geschätzten Dominanzen sollen hierbei eine exaktere Vorstellung der Artenzusammensetzung auf diesen Teilflächen ermöglichen.

Tab. 12: Tabelle der Kennwerte für die geschätzten Dominanzen innerhalb der Vegetation auf Weideflächen.

Dominanz	Flächenanteile
1	< 1 %
2	1 – 5 %
3	5 – 25 %
4	25 – 50 %
5	> 50 %

5.1.1 Untersuchungsfläche I; Königstalalm SW-Hang

Die Königstalalm liegt im Südosten des Jenners, in einer Höhenlage von 1500 bis 1850 m ü. NN und wird begrenzt von den einsetzenden Karstbereichen des Schneibsteinmassivs und der Königstalwand im Osten und Südosten sowie vom Königsberggrücken im Norden und Westen. Die Alm ist mit den hier sehr zahlreich auftretenden Blaiken auf den Weidehängen schon seit einiger Zeit Gegenstand der Forschung (siehe SCHNEIDER 1979; ZWECKL 1986; ZWECKL & SPANDAU 1987; LANGENSCHIEDT 1987; SONNTAG 1989; DOMMERMUTH & STAHR 1992).

Der SW-exponierte Weidehang beginnt direkt oberhalb der Almkaser in einer Höhenlage von 1530 m ü. NN und geht ab 1700 m Höhe ü. NN über in den langgestreckten Rücken des „Ruck“. Als Untersuchungsfläche wurde fast der gesamte Hangbereich innerhalb einer Abgrenzung ausgewählt, deren Eckpunkte die Koordinaten

Hochwert 527014	Rechtswert 457776
Hochwert 527002	Rechtswert 457786
Hochwert 527010	Rechtswert 457815
Hochwert 527020	Rechtswert 457808

markieren.

5.1.1.1 Prozesse/Schäden

Der SW-Hang zeigt im Vergleich zum Nationalparkgebiet die stärksten Schäden in der Folge von Blattanbruchbildungen. Insgesamt 50 einzelne nivale Abtragsformen wurden im Rahmen der geomorphologischen Kartierung aufgenommen, wovon es sich bei dem Großteil um Blattanbrüche handelt. Die Einzelformen erreichen dabei ein Ausmaß von minimal 2 bis maximal 100 m². Die größeren Blattanbrüche zeigen sich hier in typischer ovaler Grundrißform mit deutlich bogenförmig ausgebildeten Abrißkanten an den oberen Rändern.

Einige, vor allem kleinere Anbruchsformen lassen eindeutige Rückschlüsse auf ihre Genese nicht zu. Sie sind aber mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Auswirkung des Schneedruckes zurückzuführen, durch welchen junge Fichten oder Lärchen mitsamt Wurzelteller ausgerissen wurden und entsprechende Blaikenbildungen hinterließen. Hierfür sprechen auch Beobachtungen im Mai 1992 als zur Zeit der Ausaperung zahlreiche ausgerissene Jungbäume festgestellt werden konnten, die am Hangfuß oder in den unteren Hangteilen liegenblieben.

Das untere Hangdrittel ist durch einen zunehmenden Tritteinfluß der hier noch weidenden Tiere gekennzeichnet. Beobachtungen der etwa vierzig Tiere, die jährlich im Juli und August die Weideflächen aufsuchen, zeigten, daß die Tiere lediglich das untere Hangdrittel beweideten. Dadurch kommt es in diesem Bereich zur Ausbildung mehrerer übereinander folgen-

der Viehgangeln, die allerdings keine sehr deutliche Tendenz zu Narbenversatzschäden zeigen. Dementsprechend fehlen auf dem SW-Hang auch größere Trittblaiken.

Zwei Wanderwege, die von den Almkasern ausgehend einmal den Unterhang leicht ansteigend zum Ruck hinauf und einmal am Hangfuß entlang zum Farrenleiten und in die Bockskehle führen, queren den Bereich der Viehgangeln, so daß hier eine engräumige Verzahnung unterschiedlicher Trittschäden zu verzeichnen ist. Beide Wege sind durch die Ausbildung in mehreren parallel zueinander verlaufenden Trittschritten charakterisiert, die jeweils deutliche Eintiefungen infolge linienhafter Spülvorgänge aufweisen.

Das Frühjahr 1992 war im Hinblick auf die beobachteten Indizien erhöhter Schneedynamik (vgl. Kap. 4.3.2.1) und damit verbundener verstärkter Nivationsvorgänge besonders interessant. Erstmals konnten hier im Rahmen der Untersuchung frisch abgetragene Bodenschollen eines neu entstandenen Blattanbruches erkannt und fotografisch dokumentiert werden (siehe Abb. 19 und 20). Die abgetragenen Schollen lagerten dabei in einer Höhenlage von etwa 1570 m ü. NN direkt den lobenförmig im Unterhang- bis Hangfußbereich akkumulierten Schneemassen auf, die aus dem Abgang eines Schneerutsches oder einer Bodenlawine hervorgingen.

Die Anbruchformen sind auf der Untersuchungsfläche nicht gleichmäßig verteilt, sondern zeigen eine Abhängigkeit von den Neigungsverhältnissen und der Kleinmorphologie. Der obere Bereich der Untersuchungsfläche ist gekennzeichnet durch einen gestreckten Oberhang mit Hangneigungen um 38 Grad. In einer Höhenlage von 1690 m ü. NN verflacht der Hang deutlich hin in Form einer konvex ausgebildeten Hangkante und erreicht darüber nur noch Neigungswerte um 26 Grad. Diese Hangkante markiert gleichzeitig die obere Abgrenzung der Untersuchungsfläche. Oberhalb der Hangkante sind keine Abtragsformen vorhanden, wohingegen direkt unterhalb der Hangkante unvermittelt zahlreiche höhengleich aufgereichte Anbruchformen zu verzeichnen sind. Eine langgestreckte etwa 20 m breite Delle, die etwa in einer Höhe von 1680 m ü. NN ansetzt und bis 1590 m ü. NN hinabzieht, wo sie sich in mehrere kleinere Dellen aufgliedert, teilt den Ober- und Mittelhang in zwei ungleiche Teile. Der orographisch rechte Hangteil weitet sich talwärts nach rechts deutlich aus. In dieser Höhenlage treten bei einer mittleren Neigung von 36 Grad, gestrecktem Hang und fehlender Kleinmorphologie (1660 m ü. NN bis 1580 m ü. NN) zahlreiche Blattanbrüche auf. Der linke schmalere Hangteil zeigt bei vergleichbaren Reliefbedingungen nur einige wenige Blattanbrüche sowie eine in Hangfallrichtung langgestreckte Blaike, die in engem Zusammenhang mit einem Quellaustritt und damit verbundener Quellnischenbildung zu sehen ist. Hierbei ist vermutlich eine Ausweitung der Schäden infolge von Schneeschurf mitverantwortlich.

Im engeren Bereich der beschriebenen Delle verzahnt sich nivale Massenabtragung mit fluvialer Abtragung.

Die Flanken der Delle zeigen sich immer wieder aufgerissen von Blattanbruchbildungen, die zum Dellentiefsten hin nicht selten in kleine Reisen- bzw. Runsenbildungen übergehen. Ein anschauliches Beispiel für das Zusammenwirken dieser Vorgänge ist eine große 18 m x 10 m messende Abtragsform (1670 m ü. NN), die sich über die ganze Breite der Delle erstreckt. Unterhalb der deutlich ausgebildeten Abrißkante ist infolge der Abspülvorgänge das Anstehende weitgehend freigelegt und im Zentrum der Blaike ansatzweise kerbenförmig eingeschnitten. Bei erhöhter Wasserführung innerhalb der Delle nach intensiveren Niederschlägen oder im Verlauf der Schneeschmelze konnte jeweils ein stetiger Wasseraustritt an der Grenze Boden/Gestein festgestellt werden. Mit dem Wasseraustritt ist auch immer eine beobachtbare Abspülung von Material verbunden, so daß hier auch im Zuge weiterer Nivationsvorgänge mit einer Ausweitung der Schäden zu rechnen ist.

Der Unterhangbereich ist geprägt durch eine intensive Kleinreliefierung im Zusammenhang mit den hier auftretenden Viehgangeln. Hinzu kommen zahlreiche Akkumulationswülste bestehend aus umgelagertem Bodensubstrat und einigen aufgestellten Wurzelteller vom Schneeschub ausgehelter Jungfichten und Erlengebüsche. Die Blattanbrüche treten in diesem Unterhangbereich trotz Neigungen von durchschnittlich 32 Grad bis auf einige undeutlich ausgebildete Formen zurück. Hieraus ist abzuleiten, daß verstärkte Abtragungsvorgänge in Form von „Nivellierungen“ des Kleinreliefs durch die Schurfleistung von oberhalb in Bewegung geratenen Schneedecken (vgl. SPATZ 1981: 50; LAATSCH & Grottenhaler 1973: 14) für diesen Hang nicht zutreffen.

5.1.1.2 Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse

Die Untersuchungsfläche I auf der Königstalalm liegt auf einem in Fallrichtung schwach konkav ausgebildeten SW-exponierten Weidehang, der im Mittel 34 Grad geneigt ist. Die Neigungen betragen am Unterhang rund 30 Grad, die höchsten Neigungswerte von 41 Grad sind im Oberhangbereich zu verzeichnen.

Der Hang ist geologisch aufgebaut durch eine Serie etwa 35 Grad (Streichen 120°) gegen den Hang einfallender mergeliger bis kieseliger Kalkgesteine des Oberlias bis Untermalm (oberes Domerium bis Oxfordium). Die lithologischen Verhältnisse kennzeichnet ein häufiger Wechsel kalkiger, mergeliger oder kieseliger Faziesausbildungen, wobei die Mächtigkeiten der Kalkbänke im allgemeinen im Dezimeterbereich liegen, die der Mergellagen im Zentimeterbereich. Die Basis der Untersuchungsfläche bilden Fleckenkalke und -mergel, welche etwa im Bereich des Hangfußes diskordant den Rot- bzw. Dachsteinkalken auflagern. Darüber folgen Filamentkalke, die zum Hangenden hin in lückenloser Sedimentationsfolge zu den kieselsäurereichen Chiemgauer Schichten (Dogger-Kieselkalke) und schließlich zu den Radiolariten des Malm überleiten (HAHN 1985: 36 – 83; LANGENSCHIEDT 1988: 11 – 18).

Mit Ausnahme ihrer Freilegung im Bereich der beschriebenen großen Dellenblaike, treten die Gesteine jedoch nicht an die Oberfläche, sondern sind weitgehend durch mächtige Hangschuttkörper (Schuttdecken) sowie kolluviale Akkumulationen verkleidet.

Bedingt durch diese parautochtonen Lockersubstratdecken zeigen sich die Böden auf der Untersuchungsfläche in der Regel tief- bis sehr tiefgründig mit Solummächtigkeiten bis zu 150 cm. Zugleich weisen die anzutreffenden Böden in der großen Mehrzahl geologische Schichtung auf, welche sich jeweils in einer deutlichen vertikalen Gliederbarkeit des Pedons in bis zu zwei Hangschuttkörper äußert.

Die Braunerde ist der verbreitete Bodentyp auf dem SW-Hang, die gemeinsam mit einigen Subtypen (Pseudogley- oder Kolluviumbraunerde) bzw. Varietäten (pseudovergleyte oder kolluvial überdeckte Braunerde) fast im gesamten Bereich der Untersuchungsfläche vertreten ist (siehe Karte 12).

Sehr häufig zu beobachtende diffuse Haft- oder Staunässemerkmale der einzelnen Bodenhorizonte deuten auf die besonderen Wasserhaushaltsverhältnisse sowie auf das hohe Wasserangebot in der Folge der hohen Niederschlagsmengen hin. In den Mittel- bis Unterhanglagen und vor allem im Hangfußbereich gehen die Braunerden vermehrt in Pseudogleybraunerden (örtlich auch in Braunerdepseudogleye) über. In diesem Bereich vor allem im Umfeld der Viehgangeln sind auch lokal Weidepseudogleye entwickelt (vgl. Abb. 24). Infolge der stetigen mechanischen Belastung des Bodens durch die Weidetiere neigen diese Böden zur Staunässe und weisen in den oberen Bodenbereichen in der Regel Naßbleichung auf (vgl. ZECH & VÖLKL 1979: 664; NESTROY 1984: 71).

Anzeichen für die stets hohe Morphodynamik auf dem SW-Hang, welche mit der Rodung des Waldes in Gang gesetzt wurde, bieten die verbreitet zu beobachtenden kolluvialen Akkumulationen. Während der Unterhangbereich naheliegenderweise vorrangig von mächtigen Kolluvien eingenommen wird, sind auch in den Mittel- und Oberhanglagen kolluvial überdeckte Braunerden oder Kolluviumbraunerden anzutreffen. Vor allem deren bis zu 40 cm mächtigen MBv- oder BvM-Horizonte sind durch die enge Verzahnung von Abtragung und Akkumulation nicht immer eindeutig ansprechbar.

Die Ausbildung von bis zu zwei übereinandergelagerten Schuttdecken auf dem SW-Hang ist demgegenüber mit einiger Wahrscheinlichkeit das Ergebnis der morphodynamischen Verhältnisse zu Zeiten des Spätglazials. In diesem Fall wären die Schuttdecken das Produkt periglazial bedingter Umlagerungen, die entstanden, als gerade noch ein weitverzweigtes lokales Eistromnetz das Untersuchungsgebiet durchzog, die eisfreien Bereiche in Eisrandlagen keine Vegetationsbedeckung aufwiesen und extreme Temperaturschwankungen herrschten. Hinzu kam die starke Reliefüberformung durch die Abtragungsleistung der Gletscher. Nach dem Abschmelzen des Eises erfolgten durch den

Verlust des Widerlagers umfangreiche Massenverlagerungen auf den übersteilten Hängen.

Eine genauere Ansprache der einzelnen Schuttkörper – im Sinne einer Parallelisierung zu den Gegebenheiten im außeralpinen Bereich (z. B. nach SEMMEL 1964: 275 oder K. STAHR 1979: 48) – wurde nicht angestrebt. Aufgrund der Heterogenität der Bodenverhältnisse bereits innerhalb der Untersuchungsfläche, erscheint ein solches Bestreben auch nicht erfolgversprechend. Dies umso mehr, da auch im Rahmen der sehr engmaschigen Bodenaufnahme nur partiell eindeutig zu parallelisierende Schuttfolgen erkannt werden konnten, anhand derer eine für das abgegrenzte Gebiet gültige Differenzierung und Ansprache möglich wäre. Die in Tafel 5 bis 9 dargestellten Schichtungsverhältnisse sind somit als Versuch einer Darstellung der jeweiligen Schuttdeckensituation innerhalb dieser Untersuchungsflächen zu verstehen.

Erschwert wird die Ansprache der einzelnen Schuttdecken nicht zuletzt durch das alleinige Auftreten der in den Juragesteinsfolgen dominanten Kieselkalke innerhalb des Grobbodenanteils. Anzeichen für eine vertikale Gliederung der Böden liefern deshalb sowohl bei der Geländeansprache als auch hinsichtlich der Laborergebnisse in erster Linie die Skelettgehalte und die effektiven Lagerungsdichten; im Einzelfall auch die Bodenarten des Feinbodens und die Farben der Bodensubstrate. Mit Hilfe dieser Merkmale konnte ein Schichtungshinweis nach K. STAHR (1979: 47, 76 – 80) für die entsprechenden Einzelprofile festgestellt werden.

Generell kann für das gesamte Untersuchungsgebiet festgehalten werden, daß infolge der andauernden umfangreichen Umlagerungen auf den Weidehängen, welche vermutlich im Anschluß an die Rodungen in stärkerem Umfang einsetzten, die Bodenprofile auf solchen Standorten in der Regel ein gestörter und oft mehrschichtiger Aufbau kennzeichnet (vgl. NESTROY 1984: 68). Die sichere Ansprache und Parallelisierung einzelner charakteristischer, d. h. verbreitet auftretender Bodenhorizonte war somit nicht immer möglich. Zugleich wechseln die Böden bereits in der topologischen Dimension auf kleinem Raum, wodurch auch die Aufnahme und Abgrenzung der Bodeneinheiten im Gelände erschwert ist.

Ein Teil der Böden auf dem SW-Hang – wie auch vergleichbare Mehrschichtböden auf Juragesteinen im weiteren Untersuchungsgebiet außerhalb der Untersuchungsflächen (z. B. auf dem Roßfeld, der oberen Priesbergalm, der Mitterkaser- und Krautkaseralm, am Warteck) – zeigen einen vertikalen Aufbau, der sich im Hinblick auf eine Schuttdeckengliederung folgendermaßen beschreiben läßt:

Über dem unverwitterten Anstehenden folgt ein überwiegend bis 40 cm mächtiger, stark verwitterter, aber sich weitgehend noch im Verband befindlicher, teilweise schwer grabbarer in situ-Zersatz. Über diesem Zerersatz liegt eine in der Regel 30 bis 100 cm mächtige, mehrheitlich skelettreiche (~ 50 Gew. %, Angaben et-

Tab. 13: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 1.

Königstal SW-Hang				Braunerde, schw. pseudovergleyt							
Horizont	Tiefe cm	T	fU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of/(Oh)	1,5 – 0	Humuslage									
Ah	0 – 4	23,1	19,9	21,2	13,5	54,6	8,3	4,8	9,1	22,2	uL
(S)Bv	4 – 24	16,5	20,5	29,8	12,7	63,0	6,5	5,0	9,0	20,5	slU
II(S)BvICv *	24 – 64	14,9	18,2	21,0	17,0	56,2	6,3	6,5	16,0	28,8	slU
IIICv	64 – 105	23,0	13,3	17,3	16,6	47,2	5,9	6,4	17,5	29,8	usL

* Die Trennlinie zwischen (S)Bv und II(S)BvICv kennzeichnet jeweils die Scherfläche des Blattanbruchvorganges im Boden.

Tab. 14: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 1.

Königstal SW-Hang		Braunerde, schw. pseudovergleyt					
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of/(Oh)	1,5 – 0	Humuslage					
Ah	0 – 4	3,7	4,5	2,5	krü	27,9	n.b.
(S)Bv	4 – 24	4,1	1,1	0,6	sub	31,3	1,15
II(S)BvICv	24 – 64	4,4	0,8	0,5	sub – pol	56,9	1,37
IIICv	64 – 105	4,2	0,6	0,4	koh – pol	43,5	n.b.

wa im Mittel der untersuchten Böden), relativ dicht gelagerte (~ 1,5 g/cm³), dunkelbraune (10YR 4/3) Schuttdecke mit zumeist lehmiger Textur des Feinbodens. Darüber folgt die hangende Deckschicht, welche im allgemeinen die oberen 35 cm repräsentiert und den humosen Oberboden trägt. Die Substrateigenschaften dieser Deckschicht weichen in den meisten Fällen von der liegenden Schuttdecke deutlich ab, weshalb die Grenze zwischen beiden Schichten überwiegend scharf ausgebildet ist. Kennzeichnend für das Substrat der Deckschicht ist der hohe Schluffanteil (~ 55 Gew. %), der im Verhältnis zu den liegenden Schuttdecken geringe Skelettanteil (~ 30 Gew. %), eine vergleichsweise geringe Lagerungsdichte (~ 1,2 g/cm³) und die gelbbraune (10YR 6/6) Bodenfarbe (vgl. Profil 1, Tab. 13 und 14).

Für die Vertikalstruktur des Bodens bedeutet dies in beliebiger Kombination einen sprunghaften Wechsel der Bodenart und einen plötzlichen Anstieg des Skelettanteils sowie der Lagerungsdichte entlang der oberen geologischen Horizontgrenze nach unten hin. Wie bereits gezeigt werden konnte (vgl. Kap. 4.3.2.1.3) beinhaltet die damit verbundene Inhomogenität im vertikalen Bodenaufbau wichtige Konsequenzen für den Vorgang der Blattanbruchbildung.

Der verbreitete Bodentyp im Mittel- bis Oberhangbereich des SW-Hanges, die oligotrophe, unterschiedlich

stark pseudovergleyte Braunerde, zeigt eine L/Of/Oh-(S)Bv-IIBv-(oder II/IIIBvICv)-III/IVmCn-Horizontabfolge (siehe Profil 1, Tab. 13 und 14). Die durch Umlagerungsprozesse geprägte, ebenfalls staunässebeeinflusste Kolluviumbraunerde tritt vermehrt gegen den Unterhang auf und zeigt eine L/Of-(S)M(Bv)-IIBv-(oder II/IIIBvICv)-III/IVmCn-Abfolge (siehe Profil 2, Tab. 15 und 16). Der gegen den Unterhang reliefbedingt zunehmende Staunässeeinfluß vor allem der oberen Bodenhorizonte verzahnt sich allerdings gegen den Hangfuß eng mit der Ausbildung von Weidepseudogleyen, so daß eine eindeutige genetische Ansprache einzelner Horizonte in diesem Bereich nicht immer möglich war. Aus diesem Grund werden staunässebeeinflusste Horizonte von Böden nachweislich früher oder noch beweideter Standorte überwiegend mit einem „S“ benannt.

Zum Oberhang hin weisen die Böden mit zunehmend sandigeren bis grusigeren Ausgangssubstraten in Verbindung mit einem höheren Anteil an Verwitterungsprodukten der kieselsäurereichen Radiolarite und damit auch steigender Bodenacidität, vermehrt eine podsolige Dynamik auf. Diese erzeugt aber in der Regel keine deutlich ausgebildeten Eluvialhorizonte.

Charakteristisch für einen Großteil der Almböden im Untersuchungsgebiet ist der vergleichsweise hohe Gehalt an organischer Substanz und Kohlenstoff sowohl

Tab. 15: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 2.

Königstal SW-Hang				Kolluvial überdeckte Braunerde							
Horizont	Tiefe cm	T	fU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of/(Oh)	3,5 – 0	Humuslage									
Ah	0 – 6	29,4	10,6	22,7	7,2	40,5	6,7	7,5	15,9	30,1	t'L
MBv	6 – 19	23,6	14,9	19,1	10,6	44,6	6,5	7,6	17,7	31,8	usL
IIBv	19 – 134	22,6	17,3	18,6	11,0	46,9	6,0	7,5	17,0	30,5	usL
IIICv	> 134	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tab. 16: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 2.

Königstal SW-Hang		Kolluvial überdeckte Braunerde					
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of/(Oh)	3,5 – 0	Humuslage					
Ah	0 – 6	4,0	4,9	n.b.	krü	13,2	n.b.
MBv	6 – 19	3,9	2,6	n.b.	krü . sub	26,9	1,32
IIBv	19 – 134	4,2	9,8	n.b.	pol	30,0	1,56
IIICv	134 +	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

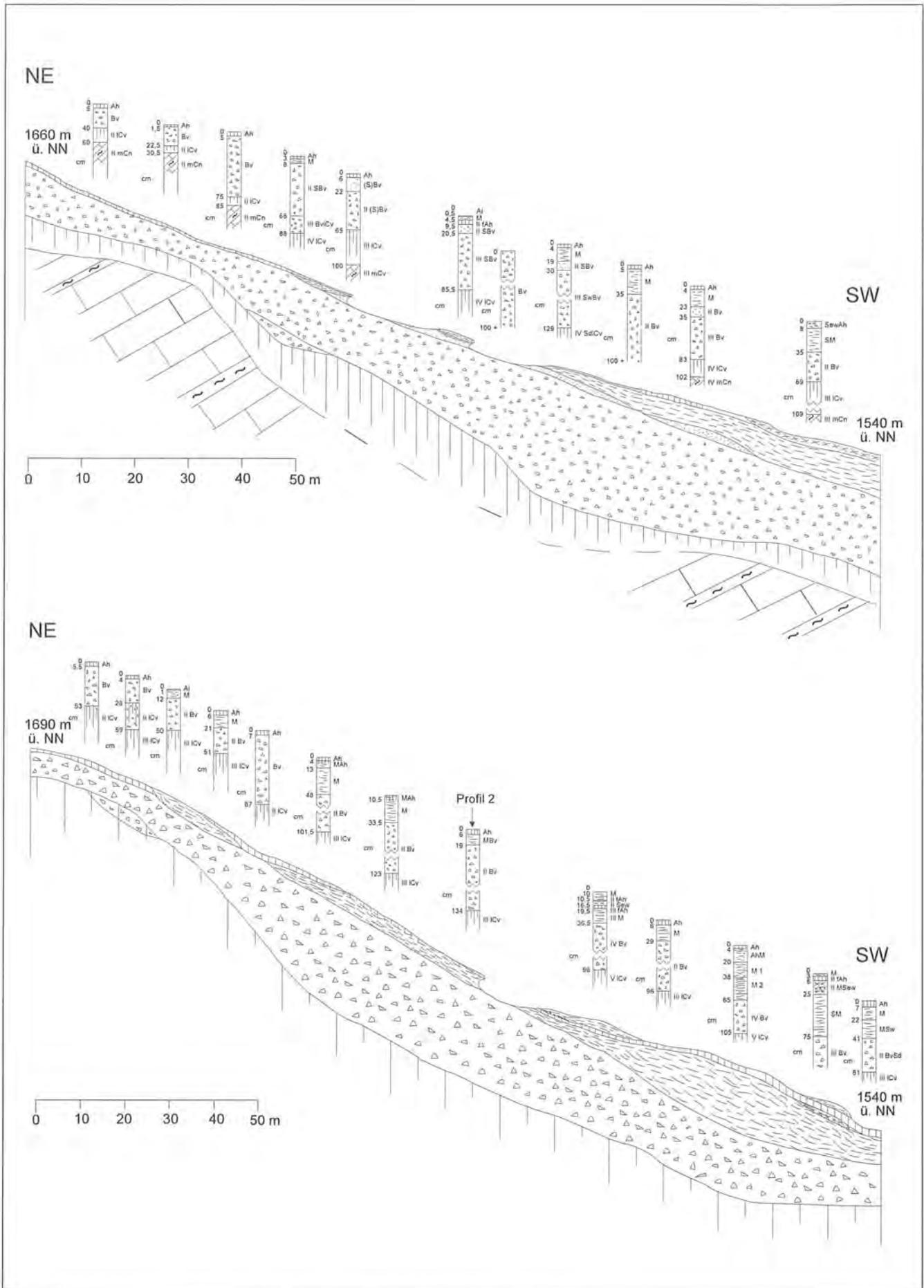
der Oberbodenhorizonte als auch der Unterböden (vgl. Tab. 14 – 32). Dieser hohe Gehalt an organischer Substanz begünstigt im Oberboden die Entstehung und die Stabilität eines porenreichen Aggregatgefüges und ist in Verbindung mit einer verbesserten Wasserleitfähigkeit und Infiltrationskapazität sowie einem hohen Wasserspeichervermögen auch in den Unterböden für eine hohe Aggregatstabilität maßgebend (vgl. NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN 1993: 29 – 32). Die im Kartierzeitraum im Gelände oftmals zu beobachtende geringe Verspülung von entblößten Bodenmaterialien und zwar auch gestörter Bodenmaterialien (Aushub) sowie die Standfestigkeit der verbreitet schluffreichen Böden im Verlauf von Starkniederschlägen, kann somit als Beleg für die besondere Bedeutung des hohen Organikgehaltes auf die Stabilität dieser Böden gegenüber Abspülung bzw. Verspülung gewertet werden (vgl. FORSTER & ZECH 1992).

Besonderes Augenmerk lag im Rahmen der bodenkundlichen Profilsprachen auf den Durchwurzelungsverhältnissen in den Böden. Hierbei sollte in erster Linie geprüft werden, ob die Rasen- bzw. Weidengesellschaften auf den Untersuchungsflächen in den Böden einheitliche Wurzelhorizonte ausbilden, wie sie SCHAUER (1975: 14 f.) beschreibt. Diese einheitlichen Wurzelhorizonte sind nach SCHAUER in wesentlicher Form für den Abtragungsvorgang der Blattanbruchbildung verantwortlich. Die einheitlichen Wurzelhorizonte

entstehen durch starke Ausbreitung einiger weniger, in der Regel vom Vieh gemiedenen Gräser auf den Weiden. Sie sind somit die Folge von selektiver Beweidung bei gleichzeitig ausbleibender Mahd.

Bei einem Großteil der untersuchten Bodenprofile auf dem SW-Hang konnten keine einheitlich ausgebildeten Wurzelhorizonte festgestellt werden. Die beschriebenen Schichtgrenzen bedingen zwar infolge einer Änderung der Bodeneigenschaften innerhalb des Solums in einigen Fällen eine mehr oder weniger deutliche Durchwurzelungsgrenze, wobei die Durchwurzelungsintensität von stark durchwurzelt auf schwach durchwurzelt zurückgeht (siehe Bodenprofilbeschreibungen). Jedoch reichen immer noch zahlreiche Feinwurzeln und vor allem die Wurzeln der Tiefwurzler (*Veratrum album*, *Gentiana pannonica*, *Chaerophyllum hirsutum* ssp. *villarsii*) über die Schichtgrenzen hinaus. Mehrfach konnten deshalb auf den Blaikenoberflächen durch den Blattanbruchvorgang gekappte Wurzeln beobachtet werden.

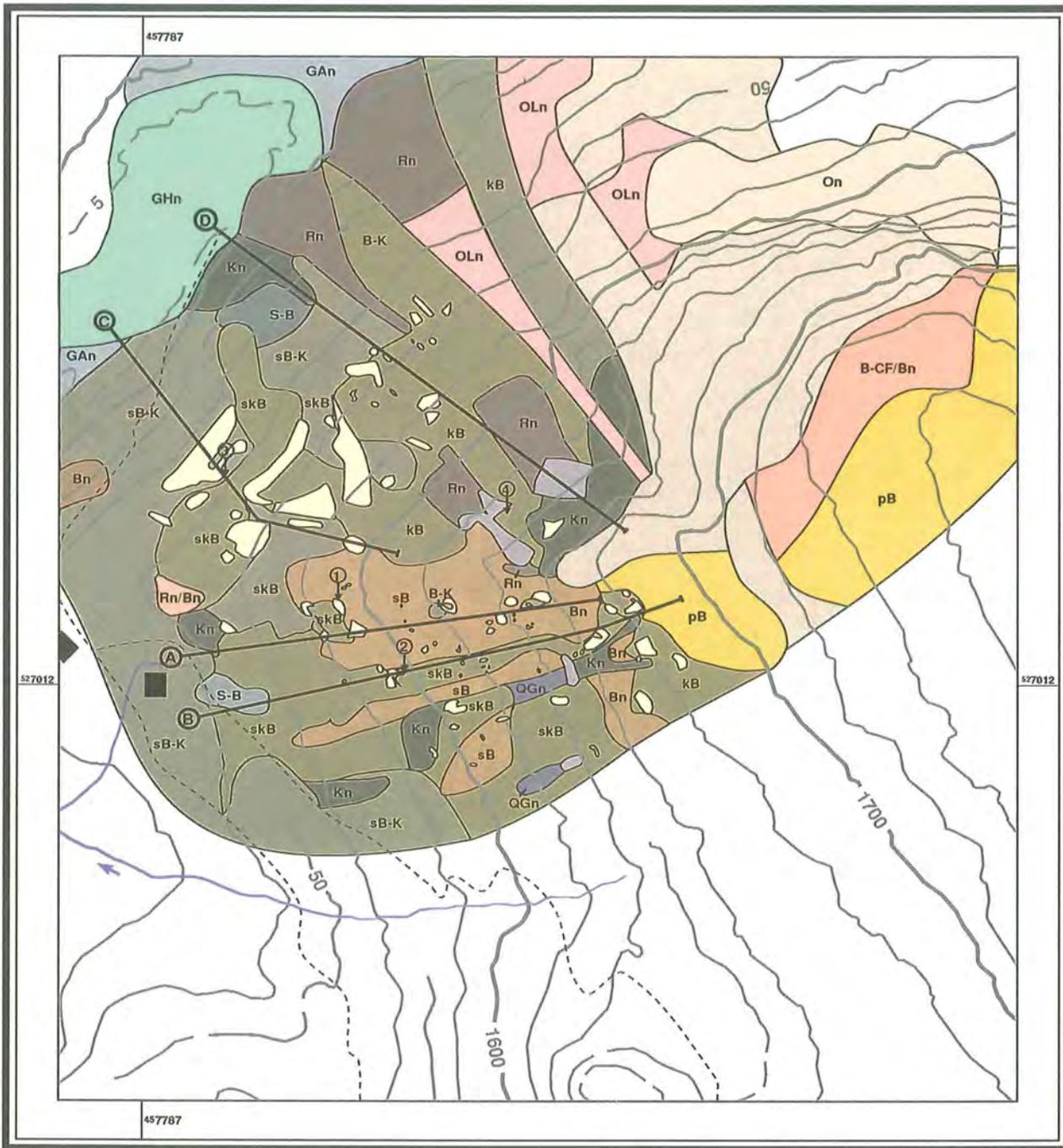
Der engräumige Wechsel der Böden auf dem SW-Hang infolge der stetigen Umlagerungsprozesse und dem daraus resultierenden Nebeneinander von Böden mit guten und weniger guten Standorteigenschaften prägt auch die Verteilung der Vegetationseinheiten. Die nicht von Blaikengebilden betroffenen Mittel- und Oberhangbereiche tragen ein blumenreiches Nardetum alpinum. Eine Dominanz von bestimmten Arten in-



Tafel 5: Catena A (oben) und B (unten); Untersuchungsfläche I (Königstalalm SW-Hang).
(Geologischer Untergrund schematisiert).

Karte 12: Untersuchungsfläche I + II

Königstalalm



Böden:

Festgestein (Trias- und Jurafolgen ungegl.)	Braunerde, z.T. pseudovergleyt, z.T. sehr tiefgründig	Braunerde, kolluvial überdeckt, z.T. pseudovergleyt	Profilinien für Bodenkatzen
On Festgestein/Syrosem	Braunerde, podsolig, flachgründig	Kolluvial überdeckte Braunerde bis Braunerde-Kolluvium, pseudovergleyt	Bodenleitprofile
Blockschutt und grusiger Gest.schutt bis Lockersyrosem	Pseudogley-Braunerde	Kolluvium	Pfad
Rendzina	Quellengley	Stark erodierte Böden ohne Felsfreistellung (Blaiken)	Fließgewässer
Rendzina-Braunerde-Gesellschaft	Anmoorgley	Stark erodierte Böden mit Felsfreistellung (Blaiken)	Almhütten
Braunerde-Terra fusca bis Braunerde	Niedermoorgley		

Quelle: Geländeaufnahme Juni/Juli 1991
Kartengrundlage: GIS NP Berchtesgaden

0 25 50 75 100 125 150 m

Bodenprofilbeschreibungen:

Profil 1: Königstalalm SW-Hang

Höhe: 1590 m ü. NN

Neigung: 33°

Relief: gestreckter Mittelhang

Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecken über Kalken/Mergeln der Lias – Fleckenmergelserie

Bemerkung: Aufgrabung an 10 m (Breite) x 8 m (Höhe) großem Blattanbruch

Max. Durchwurzelungstiefe: 60 cm

Bodentyp: Braunerde

L/Of/(Oh)	1 – 0 cm	Humuslage
Ah	0 – 4 cm	dunkelgräulichbrauner (10YR 4/2, feucht), stark humoser, mittel steiniger, toniger Schluff, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang fließend zu
(S)Bv	4 – 24 cm	dunkelgelblichbrauner (10YR 6/6, feucht), schwach humoser, mittel steiniger, sandig lehmiger Schluff, Subpolyedergefüge, stark durchwurzelt, stark sauer, sehr schwach rostfleckig, Übergang deutlich zu
II(S)BvICv	24 – 64 cm	dunkelbrauner (10YR 4/3, feucht), sehr schwach humoser, stark steiniger, sandig lehmiger Schluff, Subpolyeder- bis Polyedergefüge, schwach durchwurzelt, stark sauer, Übergang deutlich zu
IIICv	64 – 105 cm	dunkelbrauner (10YR 3/3, feucht), stark steiniger, schluffig sandiger Lehm, Kohärent- bis Polyedergefüge, stark sauer, Übergang allmählich in
III mCn	105 + cm	anstehende Gesteine der Fleckenmergelserie

Profil 2: Königstalalm SW-Hang

Höhe: 1605 m ü. NN

Neigung: 32°

Relief: gestreckter Mittelhang

Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecken über Kalken/Mergeln der Lias – Fleckenmergelserie

Bemerkung: Aufgrabung an 8 m x 12 m großem Blattanbruch

Max. Durchwurzelungstiefe: 54 cm

Bodentyp: Kolluvial überdeckte Braunerde

L/Of/(Oh)	3,5 – 0 cm	Humuslage
Ah	0 – 6 cm	sehr dunkelgrauer (10YR 3/1, feucht), mittel humoser, schwach steiniger, schwach toniger Lehm, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, stark sauer, Übergang fließend zu
MBv	6 – 19 cm	olivbrauner (2,5Y 4/3, feucht), mittel humoser, mittel steiniger, schluffig sandiger Lehm, Krümel- bis Subpolyedergefüge, mittel durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang scharf zu
IIBv	19 – 134 cm	dunkelgräulichbrauner (10YR 4/2, feucht), sehr schwach humoser, mittel steiniger, schluffig sandiger Lehm, Polyedergefüge, schwach bis nicht durchwurzelt, stark sauer, Übergang deutlich zu
IIICv	134 + cm	sehr dunkelgräulichbrauner (10YR 3/2, feucht), stark steiniger, lehmiger Sand, Kohärent-/Einzelkorngefüge

Vegetationsaufnahme:

Standort: Königstalalm SW-Hang; Mittelhang in 1590 m ü. NN Höhe; im Umfeld der drei großen Blattanbrüche

Blumenreiches *Nardetum alpigenum* (Borstgrasrasen)

Deckung: 90 %

Aufnahmedatum; 27. Juli 1993

			Dominanz
K ₁ (0,6 m Höhe):	<i>Veratrum album</i>	- Weißer Germer	1
	<i>Senecio fuchsii</i>	- Fuchs' Greiskraut	1
K ₂ (0,3 m):	<i>Chaerophyllum hirs. ssp. villarsii</i>	- Berg-Kälberkropf	3
	<i>Nardus stricta</i>	- Borstgras	2
	<i>Rhinanthus glacialis</i>	- Begrannter Klappertopf	2
	<i>Arnica montana</i>	- Arnika	2
	<i>Leucanthemum vulgare</i>	- Wiesen-Margerite	2
	<i>Agrostis capillaris</i>	- Rotes Straußgras	2
	<i>Avenella flexuosa</i>	- Drahtschmiele	2
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	- Heidelbeere	2
	<i>Dianthus superbus</i>	- Prachtnelke	2
	<i>Potentilla erecta</i>	- Blutwurz	2
	<i>Briza media</i>	- Gemeines Zittergras	2
	<i>Gentiana pannonica</i>	- Pannonischer Enzian	2
	<i>Carlina acaulis</i>	- Silberdistel	2
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	- Gemeines Ruchgras	1
	<i>Solidago virgaurea</i>	- Gemeine Goldrute	1
	<i>Festuca rubra agg.</i>	- Rot-Schwingel	1
	<i>Luzula glabrata</i>	- Kahle Hainsimse	1
	<i>Polygala vulgaris</i>	- Gemeines Kreuzblümchen	1
	<i>Alchemilla vulgaris</i>	- Gemeiner Frauenmantel	1
	<i>Calluna vulgaris</i>	- Heidekraut	1
	<i>Lotus alpinus</i>	- Alpen-Hornklee	1
	<i>Carex pallescens</i>	- Bleich-Segge	1
	<i>Dactylorhiza maculata</i>	- Geflecktes Knabenkraut	1
<i>Nigritella nigra</i>	- Schwarzes Kohlröschen	1	

nerhalb des *Nardetum*, im Hinblick auf die Beschreibungen von SCHAUER (1975) etwa von horstbildenden Grasarten (*Deschampsia caespitosa*, *Nardus stricta*) oberhalb der einzelnen Blattanbrüche, konnte nicht festgestellt werden. Lediglich auf den kolluvialen Akkumulationen direkt unterhalb der Blaiken stellen sich, bedingt durch das veränderte Feuchtigkeitsangebot, lokale Konzentrationen von *Agrostis capillaris* (Deckung bis 70 %) und *Deschampsia caespitosa* (bis 30 %) ein und verdrängen die Blütenpflanzen auf diesen Standorten völlig. Innerhalb des ungestörten *Nardetum* fällt *Deschampsia caespitosa* aus und auch *Agrostis capillaris* tritt deutlich zurück. Als Gräser herrschen hier *Nardus stricta*, *Briza media* und *Avenella flexuosa* vor.

Die Standorte mit kolluvial überdeckten Braunerden im Mittelhangbereich zeigen mit *Trifolium pratense*, *Prunella vulgaris*, *Achillea millefolium* und *Plantago lanceolata* auch die ausgeglicheneren Feuchtigkeitsverhältnisse an, die somit bereits überleiten zu einem *Alchemillo-Cynosuretum*. Das untere Hangdrittel, welches noch heute vom Weidevieh aufgesucht wird, kennzeichnet vor allem mit dem verstärkten Auftreten von

Veratrum album auch floristisch den Beweidungseinfluß und das hohe Nährstoffangebot in Verbindung mit der Eutrophierung.

5.1.1.3 Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche I

Der SW-Hang der Königstalalm ist stark von Nivationschäden betroffen, wobei ein Großteil der Schäden auf Blattanbruchbildungen zurückzuführen ist. Der überwiegende Teil der Abtragsformen liegt in einem Neigungsbereich deutlich oberhalb von 30 Grad. Lediglich zwei Blattanbrüche konnten in einem Bereich des Hanges beobachtet werden, der 30 Grad geneigt ist. Die Lage der Blaiken im Hang zeigt eine relativ gleichmäßige Verteilung, wobei eine leichte Zunahme der Einzelformen zum Oberhang hin, d. h. bis zu der deutlichen Hangkante in 1690 m ü. NN festzustellen ist. Eine Zunahme von nival bedingten Abtragschäden in den stärker mikroreliefierten Unterhangbereichen konnte nicht beobachtet werden.

Das Auftreten der Blattanbrüche steht in engem Zusammenhang mit einer überwiegend ausgebildeten

Mehrschichtigkeit der Böden. Diese Mehrschichtigkeit bedingt, bezogen auf die oberen Bodenschichten, eine Gliederung der Peda in eine skelettärmere, schluffreiche, vergleichsweise locker gelagerte hangende Deckschicht und eine skelettreiche, lehmige und dichter gelagerte liegende Schicht. Die Abtragung erfaßte an allen untersuchten Blattanbrüchen (30 von etwa 50) exakt die hangende Deckschicht und belegt somit die Anfälligkeit der Mehrschichtböden gegenüber der Blattanbruchbildung. Von der Abtragung betroffen sind dabei gleichermaßen sowohl die von der rezenten Morphodynamik bisher kaum beeinflussten Mehrschichtböden (Profil 1, siehe Tab. 13 und 14) als auch die durch stetige Umlagerungen gebildeten, kolluvial überdeckten „sekundären“ Mehrschichtböden (Profil 2, siehe Tab. 15 und 16).

Ein Einfluß der Vegetation auf den Ablauf oder die Intensität der Blattanbruchbildung konnte nicht festgestellt werden. Dies gilt sowohl für die Artenzusammensetzung innerhalb der vertretenen Rasengesellschaft (oberirdische Morphologie), als auch für die Ausbildung der Wurzelsysteme im Hinblick auf einen gemeinsam ausgebildeten Wurzelhorizont der Pflanzen (unterirdische Morphologie).

5.1.2 Untersuchungsfläche II: Königstalalm NW-Hang

Direkt im nördlichen Anschluß an den SW-Hang der Königstalalm zieht der NW-exponierte Hang an der Stirnseite des Ruck hinab bis in das kleine Königstalmoos. Als Untersuchungsfläche wurde der gesamte Weidehangbereich ausgewählt, der von der Höhe des Königstalmooses (1495 m ü. NN) bis zu einer markanten Felsstufe am oberen Ende des Hanges in einer Höhe von 1660 m ü. NN reicht. Die Untersuchungsfläche wird von einer Abgrenzung mit den Koordinaten

Hochwert 527014	Rechtswert 457776
Hochwert 527016	Rechtswert 457706
Hochwert 527022	Rechtswert 457811
Hochwert 527036	Rechtswert 457794

markiert.

5.1.2.1 Prozesse/Schäden

Der NW-Hang ist aus geomorphologischer Sicht von besonderem Interesse, da er hinsichtlich der Abtragschäden eine deutliche Dreigliederung aufweist und von allen im Untersuchungsgebiet auftretenden Formen quasinatürlicher Abtragung betroffen ist.

Der gesamte Oberhangbereich unterhalb der Felsstufe bis auf eine Höhe von 1600 m ü. NN ist von Schnee- und Lawinschurfschäden geprägt. Dieser Bereich ist gekennzeichnet durch einige großflächig ausgebildete Schnee- und Lawinschurfblaiken, die teilweise Ausmaße von einigen hundert Quadratmetern erreichen. Sie sind gegliedert durch mehrere schmale, parallel zueinander verlaufende, rinnenförmig eingetiefte und tal-

wärtig langgestreckte Schurfbahnen. Wie bisherige Beobachtungen zu Beginn der Jahre 1991 bis 1993 zeigten, laufen in diesem Oberhangbereich jährlich umfangreiche Schneebewegungen ab (siehe Abb. 11). Diese haben im Laufe der Zeit in weiten Teilen bereits zu einer fast vollständigen Abtragung der Böden geführt.

Der zentrale Hangbereich zeigt eine engräumige Verzahnung von zumeist kleineren Schneeschurfblaiken, Schneedruckblaiken und Blattanbrüchen. Viele dieser Abtragsformen sind nur undeutlich ausgebildet. Zahlreiche im Umfeld der Abtragsformen stockende Grünselengebüsche deuten darauf hin, daß es sich hierbei vermehrt um Schneedruckblaiken handelt, was im Einzelfall jedoch nicht zu entscheiden war.

Der orographisch linke, d. h. südwestlich anschließende Unterhangbereich ist gekennzeichnet durch starke Beweidungsschäden. Vom Königstalmoos bis hinauf in eine Höhe von 1550 m ü. NN sind verbreitet Viehgangeln ausgebildet, die zu den Zeiten der Beweidung im Juli und August oftmals auch frische Narbenversatzschäden aufweisen. Oberhalb des Pfades zum Schneibsteinhaus (1525 m ü. NN) weiten sich diese Schäden zu großflächigen, bis zu 400 m² erreichende, Viehtrittblaiken aus. An diesen Abtragsformen ist deutlich zu erkennen, daß die Schäden zunächst höhenlinienparallel streifenartig entlang der Viehgangeln orientiert sind und erst nachfolgend durch weitere Trittbelastungen oder durch die hier verstärkt ablaufenden Schneeschurfvorgänge zu großflächigen Blaiken ausgeweitet werden.

In den zurückliegenden Sommern konnte immer wieder beobachtet werden, wie sich die Blaikenflächen zu Zeiten des Beganges durch die Weidetiere bei feuchten Witterungsverhältnissen geradezu „umgegraben“ zeigten. Dies deutet einmal mehr auf die besondere Problematik örtlicher Überbeweidung hin, die sich aus der verbreiteten hirtelosen Älpung ergibt.

Oberhalb der Viehtrittblaiken sind mehrere große Blattanbrüche ausgebildet (50 bis 150 m² Fläche), deren Lage im Hang aufschlußreich ist. Einige der Abtragsformen sind direkt unterhalb einer kleinen Lärchen-Fichten-Baumgruppe und eine weitere bereits innerhalb dieser Baumgruppe im Bereich einer kleinen Lichte ausgebildet. Dies belegt auch hier, daß die Nivation bereits zum Zeitpunkt des Ablösens der Schneemassen einsetzen muß und nicht erst in der Folge einer schon in Bewegung befindlichen Schneedecke (siehe auch Abb. 36). In unmittelbarer Nähe zu der Gruppe von Blattanbrüchen befinden sich noch einige Schurfblaiken, an denen sich im Frühjahr 1992 eine Ausweitung der Schäden zeigte. Wie auf dem SW-Hang haben auch auf dem NW-Hang im Winter 1991/92 die Abtragschäden zugenommen. Die hierfür verantwortlichen Schneebewegungen bewirkten in diesem Falle eine Ausweitung von drei kleineren Schurfblaiken zu einer großen Schurfblaike (siehe Abb. 32).

5.1.2.2 Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse

Vergleichbar den Reliefverhältnissen des SW-Hanges zeigt sich auch der NW-exponierte Hang in Hangfallrichtung leicht konkav ausgebildet mit einer nach oben hin zunehmenden Hangneigung von 26 Grad am Unterhang, bis 45 Grad am Oberhang. Im orographisch rechten Hangteil zieht eine Schmelzwasserrinne einer Störung folgend vom Ruck herab bis in das Königstalmoos. Eine Wasserführung dieser Rinne ist nur in der Folge von Starkniederschlägen oder im Verlauf der Ausaperung gegeben, so daß die Rinne sich zwar nur etwa einen Meter kerbenförmig eingetieft hat, jedoch in ihrem Verlauf groben Blockschutt abgelagert hat, woraus die kurzzeitig hohen Transportleistungen abzuleiten sind.

Der geologische Aufbau des NW-Hanges ist nahezu identisch mit dem des SW-Hanges. Lediglich der Unterhang im Entwässerungsbereich der Schmelzwasserrinne in das Königstalmoos ist aus grobem Hang- bis Blockschutt aufgebaut. Der Radiolarit im Hangenden der Untersuchungsfläche tritt in Form einer etwa 4 m hohen senkrechten Felsstufe an die Oberfläche und begrenzt somit den Oberhang nach oben. Im Hangfußbereich in direkter Umrahmung des Moores ist im Untergrund noch ein schmaler Streifen Grundmoränenmaterial nachzuweisen.

Die Böden des NW-Hanges spiegeln in besonderer Weise die Intensität der subrezent bis rezenten Abtragungs- und Umlagerungsvorgänge wider. Verbreitet sind kolluvial überdeckte, tiefgründige, ebenfalls in Schuttdecken entwickelte Braunerden, die einen Großteil des Hanges einnehmen und zum Unterhang hin verstärkt in zusätzlich staunässebeeinflusste Varietäten übergehen (siehe Karte 12).

Im Bereich der Viehtrittblaiken und großen Blattanbrüche erreichen diese Braunerden die größten Solummächtigkeiten (siehe Profil 3). Sie zeigen hier aber zu meist nur gering- bis mittelmächtige (bis 30 cm) kolluviale Überdeckungen. Talwärtig und zum zentralen Hangbereich hin nehmen die Mächtigkeiten der kolluvial geprägten Horizonte deutlich zu und bilden dort teilweise über einen Meter mächtige Kolluvien (Kolluviole). Trotz abweichender Substrateigenschaften mit einer lehmigeren bis tonigeren Textur bei geringerem Skelettanteil (siehe Tab. 17 und 18) zeigen diese Böden einen vertikalen Bodenaufbau, der den am SW-Hang beobachteten Verhältnissen gleichkommt.

Sowohl die kolluvial überdeckten Braunerden als auch die Kolluvien lassen in den oberen Bodenbereichen deutliche hydromorphe Merkmale erkennen, die durch Stau- bzw. Haftnässe bedingt sind. In verstärktem Maße sind die Vernässungserscheinungen in diesem

Tab. 17: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 3.

Königstal NW-Hang				Kolluvial überdeckte Pseudogley-Braunerde							
Horizont	Tiefe cm	T	fU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of/Oh	3 – 0	Humuslage									
SrdAh	0 – 7	15,7	24,2	31,5	12,8	68,5	8,3	4,1	3,4	15,8	IU
SM	7 – 27	14,5	23,8	32,6	12,6	69,0	7,2	3,4	5,9	16,5	IU
IISBv	27 – 71	29,4	21,3	23,3	11,0	55,6	4,2	3,6	7,2	15,0	u(t)L
III(S)BvICv	71 – 98	21,8	17,8	23,4	16,3	57,6	5,1	5,2	10,3	20,6	uL
IVICv	98 – 147	25,6	14,4	22,1	14,5	51,0	5,4	6,2	11,9	23,5	uL

Tab. 18: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 3.

Königstal NW-Hang			Kolluvial überdeckte Pseudogley-Braunerde				
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of/Oh	3 – 0	Humuslage					
SrdAh	0 – 7	3,8	3,2	1,9	krü	1,2	n.b.
SM	7 – 27	4,0	2,3	1,4	sub	4,8	1,05
IISBv	27 – 71	4,4	1,3	0,7	pol	14,8	1,31
III(S)BvICv	71 – 98	4,3	0,6	0,3	pol	43,0	n.b.
IVICv	52 – 138	5,5	0,6	0,6	pol	52,0	n.b.

Tab. 19: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 1.

Königstal NW-Hang				Braunerde-Kolluvium							
Horizont	Tiefe cm	T	fU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of/(Oh)	1,5 – 0	Humuslage									
Ah	0 – 8	23,1	19,9	21,2	13,5	54,6	8,3	4,8	9,1	22,2	tU
M	8 – 31	16,5	20,5	29,8	12,7	63,0	6,5	5,0	9,0	20,5	slU
IIIBv	31 – 48	17,4	18,6	18,2	10,5	47,2	6,8	9,6	19,0	35,4	s'L
IIImCvCn	48 +	23,0	13,3	17,3	16,6	47,2	5,9	6,4	17,5	29,8	usL

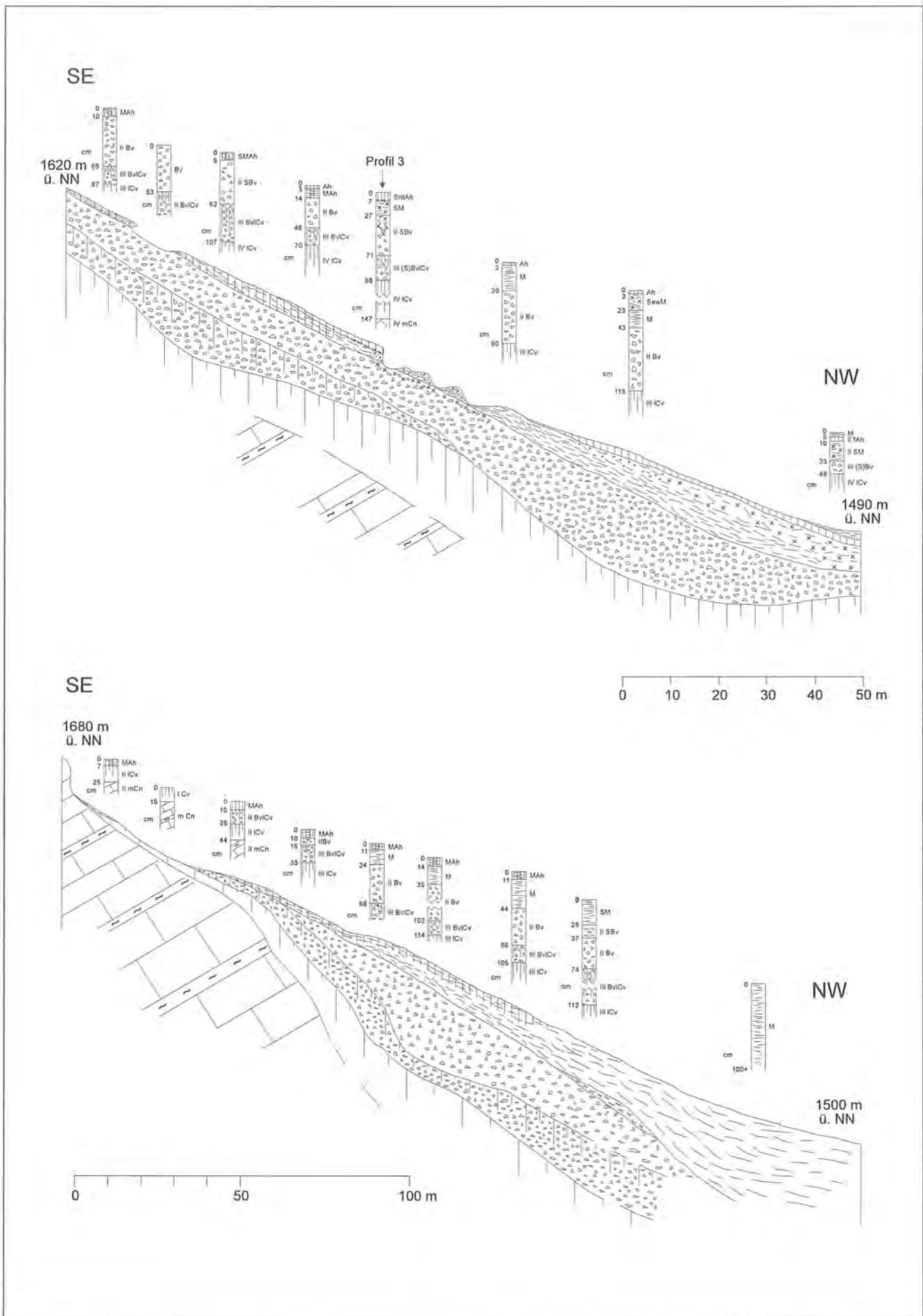
Tab. 20: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 1.

Königstal NW-Hang			Braunerde-Kolluvium				
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of/(Oh)	1,5 – 0	Humuslage					
Ah	0 – 8	5,0	4,3	2,5	krü	48,2	n.b.
M	8 – 31	5,5	2,4	1,4	krü – sub	64,1	1,11
IIIBv	31 – 48	5,9	1,4	0,8	pol	72,0	1,25
IIImCvCn	48 +	n.b.	n.b.	n.b.	koh	n.b.	n.b.

Bereich auf den deutlichen Beweidungseinfluß zurückzuführen, der infolge der mechanischen Verdichtung der oberen Bodenbereiche sowie einer gehemmten Drainage (Viehangeln) zur Ausbildung von Weideseudogleyen führt (siehe Profil 3). Gleichzeitig sorgen aber auch die besonderen pedogenen Eigenschaften – mit dem Bodenartenwechsel und dem vielfach plötzlichen Ansteigen der Lagerungsdichten mit zunehmender Tiefe – für eine erhöhte Bereitschaft zur Staunäsbildung.

In dem ausgedehnten Schneeschurfbereich oberhalb von 1580 m ü. NN werden die kolluvial überdeckten Braunerden zunehmend flachgründiger. In diesem Bereich lösen mehr und mehr sehr flachgründige Rendzinen bzw. Pararendzinen sowie bereits Syroseme die Braunerden ab. Im Zentrum des Schneeschurfbereichs stellen die Rendzinen und Syroseme die typischen vom Schnee- und Lawinenschurf gekappten Böden der eigentlichen Balkenstandorte dar. In den obersten Hangbereichen sind häufig aber auch kolluviale Akkumulationen anzutreffen, die direkt unverwittertem Anstehenden auflagern und damit die Dynamik der hier stattfindenden Abtragung und Umlagerung verdeutlichen (siehe Profil 4). Die hohe Schurfleistung der Schneebewegungen ist in diesem Hangabschnitt nicht zuletzt auf den erhöhten Eintrag von grobklastischem Schutt zurückzuführen, welcher als Sturzmaterial aus der oberhalb aufragenden Felsstufe hervorgeht. Der damit zusammenhängende Verstärkungseffekt auf die Schurfleistung der Schneebewegungen wurde bereits dargestellt.

Die gestörten Bodenverhältnisse infolge der hohen Morphodynamik auf dem NW-Hang spiegeln sich auch in der Vegetation wider. Oberhalb von 1550 m ü. NN ist floristisch ein sehr uneinheitliches *Caricetum ferruginae* (Rostseggenrasen) ausgebildet, das in Abhängigkeit von der Lage im Hang ganz unterschiedliche Sukzessionsstadien beobachten läßt. Vor allem die mehr oder weniger flächenhafte Verteilung bzw. auch die immer wieder zu beobachtende örtliche Konzentration von *Veratrum album*, *Deschampsia caespitosa* und *Agrostis capillaris* im gesamten Hangbereich zeigen die stark gestörten Verhältnisse an. In Umrahmung des kleinen Baumbestandes oberhalb der großen Blattanbrüche bestehend aus *Larix decidua* und *Picea abies*, sind verstärkt Versaumungszeiger wie *Senecio fuchsii* und *Geranium sylvaticum* aufgekommen. Unterhalb der Blattanbrüche dominiert dagegen *Lastrea limbosperma*, dessen linienhafte höhenlinienparallele Aufreihung die starke Vergangelung dieses Hangbereichs anzeigt. Der zentrale Hangbereich unterhalb der ausgedehnten Schneeschurfflächen zeigt mit dem Aufkommen einiger bereits meterhoher Grünerlengebüsche eine beginnende Sukzession zu *Alnetum viridis*. Im Hinblick auf die hohe Schneedynamik und der damit verbundenen, besonders in diesem Hangabschnitt gehäuft auftretenden Schneedruckbläken, erscheint allerdings ein flächenhaftes Aufkommen von *Alnus viridis* und eine damit eventuell mögliche Wiederbewaldung als sehr fraglich. Der stark vergangelte Unterhang unterhalb von 1550 m ü. NN ist gekennzeichnet durch eine deutliche Zunahme von *Adenostyles al-*



Tafel 6: Catena C (oben) und D (unten); Untersuchungsfläche II (Königstalalm NW-Hang) (Geologischer Untergrund schematisiert).

Bodenprofilbeschreibung:

Profil 3: Königstalalm NW-Hang

Höhe: 1558 m ü. NN

Neigung: 35°

Relief: gestreckter Mittelhang, Viehgangeln

Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecken über Kalken/Mergeln der Lias – Fleckenmergelerde

Bemerkung: Aufgrabung an 30 m x 12 m großer Viehtrittblaike

Max. Durchwurzelungstiefe: 32 cm

Bodentyp: Kolluvial überdeckte Pseudogley-Braunerde, im Oberboden trittinduzierte Naßbleichung (Weidepseudogley)

L/Of/Oh	3 – 0 cm	Humuslage
SrdAh	0 – 7 cm	sehr dunkelgräulichbrauner (10YR 3/2.5, feucht), mittel humoser, skelettfreier, lehmiger Schluff, Krümelgefüge, stark durchwurzelt, sehr stark sauer, diffus rostfleckig, nach unten zunehmende Naßbleichung, Übergang wellig begrenzt zu
SM	7 – 27 cm	gelblichbrauner (10YR 5/4, feucht), mittel humoser, sehr schwach steiniger, lehmiger Schluff, Subpolyedergefüge, schwach durchwurzelt, sehr stark bis stark sauer, diffuse Rostfleckung, Übergang scharf zu
IISBv	27 – 71 cm	dunkelgelblichbrauner (10YR 4/4, feucht), schwach humoser, schwach bis mittel steiniger, schluffig (toniger) Lehm, Polyedergefüge, kaum bis nicht durchwurzelt, stark sauer, diffuse Rostfleckung, Übergang fließend zu
III(S)BvICv	71 – 98 cm	brauner (10YR 5/3.5, feucht), sehr schwach humoser, mittel bis stark steiniger, schluffiger Lehm, Polyedergefüge, stark sauer, Übergang fließend zu
IVICv	98 – 147 cm	dunkelgräulichbrauner (6.25YR 4/2, feucht), stark steiniger, sehr schwach humoser, schluffiger Lehm, Polyedergefüge, stark sauer
IVmCn	147 + cm	Kieselkalke der Fleckenkalk-/Fleckenmergelerde

Profil 4: Königstalalm NW-Hang

Höhe: 1645 m ü. NN

Neigung: 43°

Relief: gestreckter Oberhang

Geologie/Ausgangssubstrat: Kolluvial überprägte Hangschuttdecke über Kieselkalken/Mergeln der Chiemgauer Schichten

Bemerkung: Aufnahme an oberem Rand des großen Schneeschurfbereichs

Max. Durchwurzelungstiefe: 48 cm

Bodentyp: Braunerde-Kolluvium

L/OI/Oh	1,5 – 0 cm	Humuslage
Ah	0 – 8 cm	sehr dunkelgrauer (10YR 3/1, feucht), mittel humoser, stark steiniger, sandig lehmiger Schluff, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, mittel sauer
M	8 – 31 cm	dunkelgräulichbrauner bis sehr dunkel gräulichbrauner (10YR 4/2 bis 3/2, feucht), mittel humoser, stark steiniger, sandiger Schluff, Krümel- bis Subpolyedergefüge, mittel durchwurzelt, mittel sauer
IIBv	31 – 48 cm	dunkelbrauner (10YR 4/3, feucht), schwach humoser, stark steiniger, sandig schluffiger Lehm, Polyedergefüge, schwach durchwurzelt, mittel sauer, Übergang scharf zu
IIImCvmCn	48 + cm	sehr dunkelgrauer (10YR 3/1, feucht), schwach bis nicht steiniger, schluffiger Lehm (Zersatz), Kohärentgefüge

liariae, *Geranium sylvaticum* und *Deschampsia caespitosa*, die eine Überleitung zum *Rumicetum alpini* anzeigt.

5.1.2.3 Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche II

Der NW-Hang der Königstalalm bietet anschauliche Beispiele für die drei Typen nivaler Massenabtragung. Ursache hierfür ist sowohl die Neigung des Hanges, die von 26 Grad im Unterhang bis 45 Grad im Oberhang reicht, als auch die langgestreckte in Hangfallrichtung konkave Hangform sowie das weitgehende Fehlen einer Mikroreliefierung im Ober- und Mittelhangbereich. Diese Verhältnisse begünstigen eine hohe Schneedynamik, welche auf dem NW-Hang mitunter mehrere Schneerutschungen und Lawinenabgänge in den einzelnen Wintern beinhaltet.

Im Bereich des gänzlich stärker als 40 Grad geneigten Oberhanges und den dort ausgebildeten großen Schneeschurfflächen sorgen vor allem die bereits oberflächennah hohen Skelettgehalte der flachgründigen Rendzinen und kolluvial überdeckten Braunerden (vgl. Profil 4, siehe Tab. 19 und 20) sowie der Syroseme für eine Verstärkung der nivalen Schurfleistung. Gemeinsam mit den verbreiteten Bodenverletzungen, welche den Schneedecken Ansatzpunkte für weitere Schurfleistungen bieten, bewirken die oftmals durch die Abtragung bereits freigelegten Grobbodenkomponenten eine Ausweitung der Schäden.

Im zentralen Hangbereich treten mehrere Schneedruckblaiken auf, die sich dort mit vereinzelt Blattanbrüchen verzahnen. In diesem Hangbereich, der Neigungen zwischen 34 Grad und 38 Grad aufweist, ist eine Sukzession zu *Alnetum viridis* festzustellen. Die teilweise bereits meterhohen Grünerlengebüsche wirken für die Schneebewegungen als Hindernisse und werden, wie auf der Untersuchungsfläche IV im Mai 1992 beobachtet werden konnte (siehe Kap. 5.1.4 und Abb. 16), mitsamt Wurzelteller ausgehebelt. Ein Schwenden dieser Grünerlengebüsche ist in diesem Bereich für den Schutz des Bodens vor Abtragung unerlässlich. Gleichzeitig zeigen die Böden in diesem Mittelhangbereich, bedingt durch die verbreitet kolluvialen Überdeckungen der Böden, eine mehrschichtige Ausbildung, welche die Blattanbruchbildung begünstigt.

Die Blattanbrüche im orographisch linken Hangbereich, die teilweise eine Fläche von 150 m² erreichen, sind ebenfalls zurückzuführen auf eine Mehrschichtigkeit der hier entwickelten Pseudogley-Braunerden. Die Neigungen in diesem Hangbereich erreichen Werte um 36 Grad. Die Anordnung dieser Blaiken direkt unterhalb bzw. innerhalb einer Lärchengruppe ist Beleg dafür, daß die nivale Massenabtragung bereits zum Zeitpunkt des Bewegungsbeginns der Schneedecken einsetzen muß. Hierauf deuten auch die großen Schneeschurfblaiken im Oberhangbereich hin, die annähernd an die den Hang nach oben hin begrenzende Wandstufe reichen.

Mit Ausnahme der Verbuschung durch *Alnus viridis* und deren Auswirkung auf die Ausweitung der Schneedruckblaiken konnte auch auf dem NW-Hang kein Einfluß der Vegetation auf die nivale Abtragung festgestellt werden.

Das Auftreten von mehreren großen Viehtrittblaiken im Bereich unterhalb der Blattanbrüche steht in engem Zusammenhang mit einer starken Vergangelung in diesem Hangbereich. Die verbreitete Ausbildung von Weidpseudogleyen (Profil 3, siehe Tab. 17 und 18) deutet gleichsam auf die lokal hohe Beweidungsintensität hin. Die Substrate der hier verbreitet ausgebildeten Böden sorgen gemeinsam mit der Schichtung und der gehemmten Drainage durch die Viehgangeln für eine erhöhte Staunässeigung. Diese leistet durch die langfristig hohen Wassergehalte einer Schädigungsanfälligkeit der Böden bei Betritt durch die Weidetiere deutlichen Vorschub. Aufgrund der Großflächigkeit der Viehtrittblaiken (bis zu 400 m²) ist allerdings eine Verzahnung des Narbenversatzes mit nivaler Abtragung anzunehmen.

5.1.3 Untersuchungsfläche III: Königstal SE-Hang

Den Gegenhang zum NW-Hang bildet die SE-Flanke des langgestreckten Königsbergrückens, der sich vom Schneibsteinhaus bis zu einer kleinen Kuppe (1657 m ü. NN) erstreckt. Hiervon wurde ein Weidehang als Untersuchungsfläche ausgewählt, der jedoch derzeit nicht mehr beweidet wird. Die Untersuchungsfläche befindet sich in direkter Gegenhangposition zum NW-Hang in einer Höhenlage von 1520 m ü. NN bis 1610 m ü. NN und wird markiert durch eine Abgrenzung mit den Koordinaten:

Hochwert 527041	Rechtswert 457752
Hochwert 527034	Rechtswert 457766
Hochwert 527045	Rechtswert 457770
Hochwert 527054	Rechtswert 457780

5.1.3.1 Prozesse/Schäden

Der SE-Hang der Königstalalm ist durch zahlreich auftretende Blattanbrüche geprägt, welche jedoch im Vergleich zu allen weiteren Blattanbrüchen im Untersuchungsgebiet untypisch sind. Charakteristische Merkmale wie bogenförmige Abrißkante, ovale Form und ebene Scherfläche lassen auf Blattanbruchbildungen schließen, jedoch sind diese Merkmale vergleichsweise undeutlich ausgeprägt. Zudem sind die Abtragsformen auf dem SE-Hang nur relativ kleinflächig ausgebildet. Einzelne Blattanbrüche zeigen bereits eine wieder geschlossene Vegetationsdecke. Aus diesen Beobachtungen ist zu schließen, daß die nivalen Abtragungsvorgänge entweder nur gering intensiv ablaufen oder nur selten auftreten. Demgegenüber stehen die Beobachtungen der Frühjahre 1991 bis 1993. Nach der Ausaperung konnte jeweils umgelagertes Solummaterial beobachtet werden, welches auf den bestehenden Blaikenflächen (mit lückenhafter oder gänzlich fehlender Vegetationsdecke) durch Abtragungsvorgänge auf-

Vegetationsaufnahme:

Standort: Königstalalm NW-Hang

Teilfläche 1: unterhalb Baumbestand (*Larix decidua*, *Picea abies*) in 1570 m ü. NN Höhe; oberhalb der großen Blattanbrüche

Deckung: 98 % Aufnahmedatum: 29. Juli 1993

Floristisch sehr uneinheitliches *Caricetum ferruginae* (Rostseggenrasen)

		Dominanz	
K ₁ (0,9m Höhe):	<i>Alnus viridis</i>	- Grünerle	1
	<i>Veratrum album</i>	- Weißer Germer	2
	<i>Lastrea limbosperma</i>	- Bergfarn	2
	<i>Senecio fuchsii</i>	- Fuchs' Greiskraut	3
K ₂ (0,6 m Höhe):	<i>Chaerophyllum hirs. ssp. villarsii</i>	- Berg-Kälberkropf	3
	<i>Deschampsia caespitosa</i>	- Rasenschmiegle	3
	<i>Geranium sylvaticum</i>	- Wald-Storachschnabel	3
	<i>Gentiana pannonica</i>	- Pannonischer Enzian	2
	<i>Leucanthemum vulgare</i>	- Wiesen-Margerite	1
	<i>Rhinanthus glacialis</i>	- Begrannter Klappertopf	1
	<i>Dactylorhiza maculata</i>	- Geflecktes Knabenkraut	1
	<i>Festuca rubra agg.</i>	- Rot-Schwengel	1
	<i>Carex pallescens</i>	- Bleich-Segge	1
	<i>Luzula sylvatica</i>	- Wald-Hainsimse	1
	<i>Arnica montana</i>	- Arnika	1
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	- Heidelbeere	1
	<i>Silene vulgaris</i>	- Aufgeblasenes Leimkraut	1
	<i>Prunella vulgaris</i>	- Kleine Braunelle	1
	<i>Potentilla erecta</i>	- Blutwurz	1
	<i>Briza media</i>	- Gemeines Zittergras	1
<i>Agrostis capillaris</i>	- Rotes Straußgras	1	
<i>Campanula barbata</i>	- Bärtige Glockenblume	1	

Teilfläche 2: zentraler Hangbereich in 1570 m ü. NN Höhe

Deckung: 95 % Aufnahmedatum: 29. Juli 1993

K ₁ (0,8 m Höhe):	<i>Lastrea limbosperma</i>	- Bergfarn	5
	<i>Senecio fuchsii</i>	- Fuchs' Greiskraut	3
	<i>Adenostyles alliariae</i>	- Grauer Alpendost	2

Teilfläche 3: Zentraler Hangbereich in 1570 m ü. NN Höhe unterhalb der großen Schneeschruffflächen

Deckung: 98 % Aufnahmedatum: 29. Juli 1993

Aufwuchs von *Alnus viridis* → Verbuschung → Sukzession zu *Alnetum viridis*

		Dominanz	
S (1,0 m Höhe):	<i>Alnus viridis</i>	- Grünerle	
K ₁ (0,7 m):	<i>Agrostis capillaris</i>	- Rotes Straußgras	4
	<i>Alchemilla vulgaris</i>	- Gemeiner Frauenmantel	2
	<i>Festuca rubra agg.</i>	- Rot-Schwengel	2
	<i>Deschampsia caespitosa</i>	- Rasenschmiegle	2
	<i>Silene vulgaris</i>	- Aufgeblasenes Leimkraut	2
	<i>Geranium sylvaticum</i>	- Wald-Storachschnabel	2
	<i>Chaerophyllum hirs. ssp. villarsii</i>	- Berg-Kälberkropf	2
	<i>Hypericum maculatum</i>	- Geflecktes Johanniskraut	2
	<i>Heracleum austriacum</i>	- Österr. Bärenklau	2
	<i>Leucanthemum vulgare</i>	- Wiesen-Margerite	1
	<i>Veratrum album</i>	- Weißer Germer	1
	<i>Briza media</i>	- Gemeines Zittergras	1
	<i>Phleum hirsutum</i>	- Rauhes Lieschgras	1
	<i>Leontodon hispidus</i>	- Rauher Löwenzahn	1
	<i>Knautia sylvatica</i>	- Wald-Knautie	1
	<i>Rumex alpestris</i>	- Berg-Sauerampfer	1
<i>Lastrea limbosperma</i>	- Bergfarn	1	

Teilfläche 4: Unterhangbereich in 1510 m ü. NN Höhe

Bestand an *Deschampsia caespitosa*, *Geranium sylvaticum*, *Adenostyles alliariae*, *Lastrea limbosperma*, (*Gentiana pannonica*, *Hypericum maculatum*) als eutrophierter Unterhang → überleitend zum *Rumicetum alpini* (Alpenampfer – Lägerflur)

gearbeitet und talwärtig verlagert wurde. Flächenhafte Ausweitungen der Schäden entstanden hierdurch nicht. Lediglich im Frühjahr 1993 zeigten sich zwei kleinere Blattanbrüche deutlich erweitert durch Schneeschurfprozesse.

Somit wird deutlich, daß auch auf dem SE-Hang eine gegenüber den bisherigen Beschreibungen vergleichbare Schneedynamik gegeben ist. Beleg hierfür sind mehrere lobenförmige Schneeakkumulationen, die im Frühjahr 1992 auf dem Unterhang des SE-Hanges beobachtet werden konnten. Im Unterschied zu den Untersuchungsflächen I und II bewirken die Nivationsvorgänge jedoch ein geringeres Schadensausmaß.

Oberhalb eines kleinen Bachlaufes, der einer Quelle in etwa 1560 m ü. NN entspringt, ist eine große, 12 m x 8 m erreichende Blaike ausgebildet. Da ihre Genese unklar ist, kann diese Abtragsform nicht eindeutig zugeordnet werden.

Über die Untersuchungsfläche führt ein Pfad vom Schneibsteinhaus über den Königsbergrücken zur Königstalalm. Bis zu einer Kuppe (1657 m ü. NN), die gern als Aussichtspunkt besucht wird, ist dieser Pfad in den topographischen Karten erfaßt. Der weitere Verlauf hinab bis zum Königstalmoos wird im Rahmen der bereits erläuterten Kanalisierung der Touristenströme seitens der Nationalparkverwaltung nicht mehr ausge-

wiesen. Dennoch ist dieser Pfad, insbesondere zu den Beweidungszeiten und damit verbundener Bewirtschaftung der Königstalalm, stark frequentiert. Dies hat vor allem auf dem teilweise serpentinartig ausgebildeten Teilstück innerhalb der Untersuchungsfläche eine stärkere Wegschädigung und hiermit direkte Bodenabtragung zur Folge. Der Hang weist in diesem Bereich Neigungen von 34 bis 38 Grad auf, wobei der Weg trotz schwacher Serpentinführung vorrangig in Hangfallrichtung verläuft.

5.1.3.2 Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse

Die Untersuchungsfläche III liegt auf einem Teil eines ESE- bis SSE-exponierten Hanges, der vom Königsbergrücken bis zum Königstalmoos hinabzieht. Der untere Bereich der Untersuchungsfläche weist dabei mittlere Neigungswerte von 32 Grad auf, die nach oben hin bis auf 40 Grad ansteigen. Oberhalb der Untersuchungsfläche ist eine markante Stufe ausgebildet. Bis zu dieser Stufe erreicht die Hangneigung Werte zwischen 40 und 44 Grad. Darüber verflacht der Hang mit Neigungswerten um 33 Grad. In direkter Nähe zu dem kleinen Bachlauf in einer Höhenlage von 1580 m ü. NN, ist ein kleines Dellensystem ausgebildet, welches die ansonsten weitgehend als Glatthang zu charakterisierende Untersuchungsfläche kleinräumig gliedert.

Tab. 21: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 5.

Königstal NW-Hang				Braunerde							
Horizont	Tiefe cm	T	tU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of/Oh	2 - 0	Humuslage									
Ah	0 - 3,5	14,7	6,1	12,4	11,6	30,2	19,7	18,2	17,4	55,3	LS
Bv	3,5 - 26	15,4	12,3	22,0	19,0	53,3	20,1	6,8	4,3	31,2	slU
IIBv	26 - 71	24,5	11,9	22,2	23,9	58,0	13,1	1,8	2,5	17,4	TU
IIBvICv	71 - 102	10,7	7,8	19,6	30,0	57,7	16,3	6,6	9,0	31,9	t'U
IIICv	102 - 139	10,9	15,7	22,6	28,2	66,5	12,3	3,6	6,7	22,7	l'U

Tab. 22: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 5.

Königstal NW-Hang			Braunerde				
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of/Oh	2 - 0	Humuslage					
Ah	0 - 3,5	3,6	10,8	6,3	krü	0,9	n.b.
Bv	3,5 - 26	3,8	3,8	2,2	krü	1,8	1,07
IIBv	26 - 71	4,1	1,6	1,0	pol	14,4	1,34
IIBvICv	71 - 102	4,1	0,8	0,4	pol	16,2	n.b.
IIICv	102 - 139	4,2	0,3	0,2	pol	15,8	n.b.

Tab. 23: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 6.

Königstal SE-Hang				Schwach kolluvial überdeckte Braunerde							
Horizont	Tiefe cm	T	fU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of/(Oh)	2 – 0	Humuslage									
Ah	0 – 7	15,0	11,9	17,7	14,5	44,1	14,7	8,9	17,4	41,0	usL
(M)Bv	7 – 20	28,2	14,1	22,7	19,1	55,9	10,4	3,6	1,9	16,0	t'L
IIbVcV	20 – 85	32,9	13,2	21,7	17,7	52,6	8,4	3,3	2,8	14,5	utL
IIIcV	85 +	41,0	11,7	18,7	16,7	47,1	6,2	2,9	2,8	11,9	uT

Tab. 24: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 6.

Königstal SE-Hang		Schwach kolluvial überdeckte Braunerde					
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of/Oh	2 – 0	Humuslage					
Ah	0 – 7	3,9	7,4	4,3	krü	2,2	n.b.
(M)Bv	7 – 20	4,2	1,6	0,9	krü - sub	2,4	1,08
IIbVcV	20 – 85	4,5	0,8	0,5	pol	4,5	1,86
IIIcV	85 +	6,8	0,7	0,4	pol	3,8	n.b.

Der geologische Untergrund der Untersuchungsfläche wird fast vollständig von Gesteinen der Werfener Schichten (Skyth) bestimmt. Im Bereich des Königsbergrückens sind dies gut geschichtete, dünn- bis mittelbankige, z. T. stärker dolomitisierte Kalke und mergelige, sandig-glimmerreiche Tonschiefer, Tonsteine oder schiefrige Sandsteine (vgl. SCHARF 1983: 7). Die beschriebene morphologische Stufe markiert einen Übergang zu kieselig ausgebildeten Dolomiten der Gutensteiner Schichten (Anis), die am oberen Rand der Untersuchungsfläche vertreten sind.

Analog zu dem geologischen Aufbau des SE-Hanges zeigen auch die Böden relativ einfach strukturierte Verhältnisse auf. Der gesamte Bereich im direkten Umfeld der Blattanbrüche unterhalb der Stufe wird von tiefgründigen Braunerden eingenommen, die entweder in autochtonem Zersetz der anstehenden Werfener Gesteinsschichten oder in diesem Zersetz auflagernden Schuttdecken entwickelt sind (siehe Catena E in Tafel 7). Da die Schuttdecken ebenfalls aus Werfener Gesteinsmaterial bestehen, erwies sich auch auf dem SE-Hang eine differenzierte Ansprache der Ausgangssubstrate als schwierig, zumal auch der Skelettanteil nur geringe Werte von 2 bis 15 Prozent erreicht. Komponenten der oberhalb der Untersuchungsfläche anstehenden Gesteine der Gutensteiner Schichten konnten in den Substraten der Braunerden im weiteren Umfeld der Blattanbrüche nicht nachgewiesen werden.

In der Vertikalgliederung der verbreiteten Braunerden auf dem SE-Hang sind vergleichsweise einheitlich ausgebildete Wurzelhorizonte auffällig. In einer Tiefe von 25 bis 35 cm ist bei allen Leitprofilen eine deutliche Durchwurzelungsgrenze festzustellen, wobei die oberen Horizonte stets stark durchwurzelt sind und die tieferen Horizonte nur noch eine schwache Durchwurzelung erkennen lassen (siehe Profilbeschreibung 5 und 6).

Diese deutlichen Durchwurzelungsgrenzen korrelieren mit im Gelände nicht eindeutig anzusprechenden Horizontgrenzen und markieren zugleich auch die Untergrenzen der Abtragungsvorgänge der Blattanbruchbildungen. Anhand der Laborergebnisse – Textur des Feinbodens, Skelettgehalt, Organikanteil und Lagerungsdichten – der im Gelände angesprochenen Bodenhorizonte (vgl. Tab. 21 und 22) konnten die Geländebefunde aber zum großen Teil gestützt werden. Somit besitzen die Braunerden auch auf dem SE-Hang einen mehrschichtigen Aufbau. Die Schichtgrenzen sind jedoch im Vergleich zu den bisher beschriebenen Böden weniger deutlich ausgebildet (siehe Profil 5).

Unterhalb von 1580 m ü. NN gehen die Braunerden mehr und mehr über in flächenhaft kolluvial überlagerte Braunerden, was auf die Umlagerungen durch die Nivationsvorgänge zurückzuführen ist (siehe Profil 6).

Innerhalb des kleinen verzweigten Dellensystems sind flachgründige Kolluvien entwickelt. Die Formen und die

Bodenprofilbeschreibung:

Profil 5: Königstalalm SE-Hang

Höhe: 1592 m ü. NN

Neigung: 39°

Relief: gestreckter Mittelhang

Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecke über Werfener Schichten – Zersatz

Bemerkungen: Aufgrabung an 6 m x 4 m großem undeutlich ausgebildetem Blattanbruch

Max. Durchwurzelungstiefe: 69 cm (deutliche Durchwurzelungsgrenze bei 26 cm)

Bodentyp: Braunerde

L/Of/Oh	2 – 0 cm	Humuslage
Ah	0 – 3,5 cm	dunkelgräulichbrauner (10YR 4/2, feucht), sehr stark humoser, skelettfreier, stark lehmiger Sand, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang fließend zu
Bv	3,5 – 26 cm	gelblichbrauner (10YR 5/4, feucht), mittel humoser, sehr schwach steiniger, sandig lehmiger Schluff, Krümelgefüge, stark durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang deutlich zu
IIBv	26 – 71 cm	gelblichbrauner (10YR 5/4, feucht), schwach humoser, schwach steiniger, stark toniger Schluff, Polyedergefüge, schwach durchwurzelt, stark sauer, Übergang deutlich zu
IIBvICv	71 – 102 cm	bräunlichgelber (10YR 6/6, feucht), sehr schwach humoser, schwach bis mittel steiniger, schwach toniger Schluff, Polyedergefüge, stark sauer, Übergang allmählich in
IIICv	102 – 139 cm	bräunlichgelber/rötlichbrauner (10YR 6/6/2,5YR 4/4, feucht), schwach bis mittel steiniger, schwach lehmiger Schluff, Polyeder- bis Kohärentgefüge, (Mergelzersatz), stark sauer, Übergang fließend zu
IImCn	139 + cm	Kalke/Mergel der Werfener Schichten

Profil 6: Königstalalm SE-Hang

Höhe: 1583 m ü. NN

Neigung: 38°

Relief: schwach konvexer Oberhang

Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecke über Werfener Schichten – Zersatz

Bemerkungen: Aufgrabung an 4 m x 2 m undeutlich ausgebildetem Blattanbruch

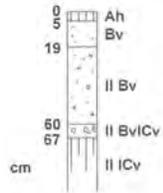
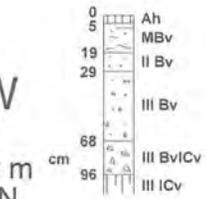
Max. Durchwurzelungstiefe: 24 cm

Bodentyp: Schwach kolluvial überdeckte Braunerde

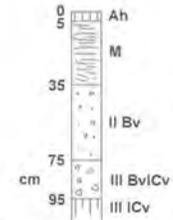
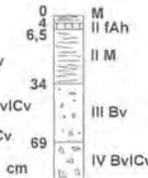
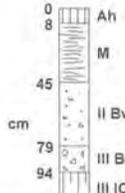
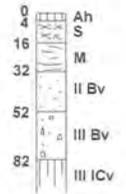
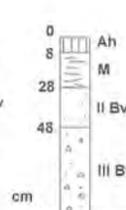
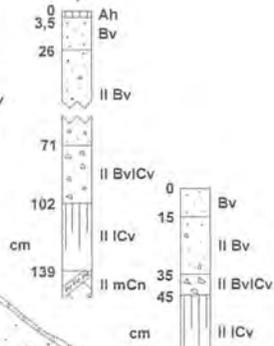
L/Of/Oh	2 – 0 cm	Humuslage
Ah	0 – 7 cm	sehr dunkelgräulichbrauner (10YR 3/3, feucht), stark bis sehr stark humoser, schwach steiniger, schluffig sandiger Lehm, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang fließend zu
(M)Bv	7 – 20 cm	dunkelbrauner (10YR 4/3, feucht), mittel humoser, schwach steiniger, schwach toniger Lehm, Subpolyedergefüge, mittel durchwurzelt, stark sauer, Übergang deutlich zu
IIBvICv	20 – 85 cm	gelblichbrauner (10YR 5/4, feucht), sehr schwach humoser, schwach steiniger, schluffig toniger Lehm, Polyedergefüge, schwach bis nicht durchwurzelt, stark sauer, Übergang fließend zu
IIICv	85 + cm	gelblichbrauner (10YR 5/6, feucht), schwach steiniger, schluffiger Ton, Polyeder- bis Kohärentgefüge, sehr schwach sauer

NW

1620 m
ü. NN



Profil 5



SE

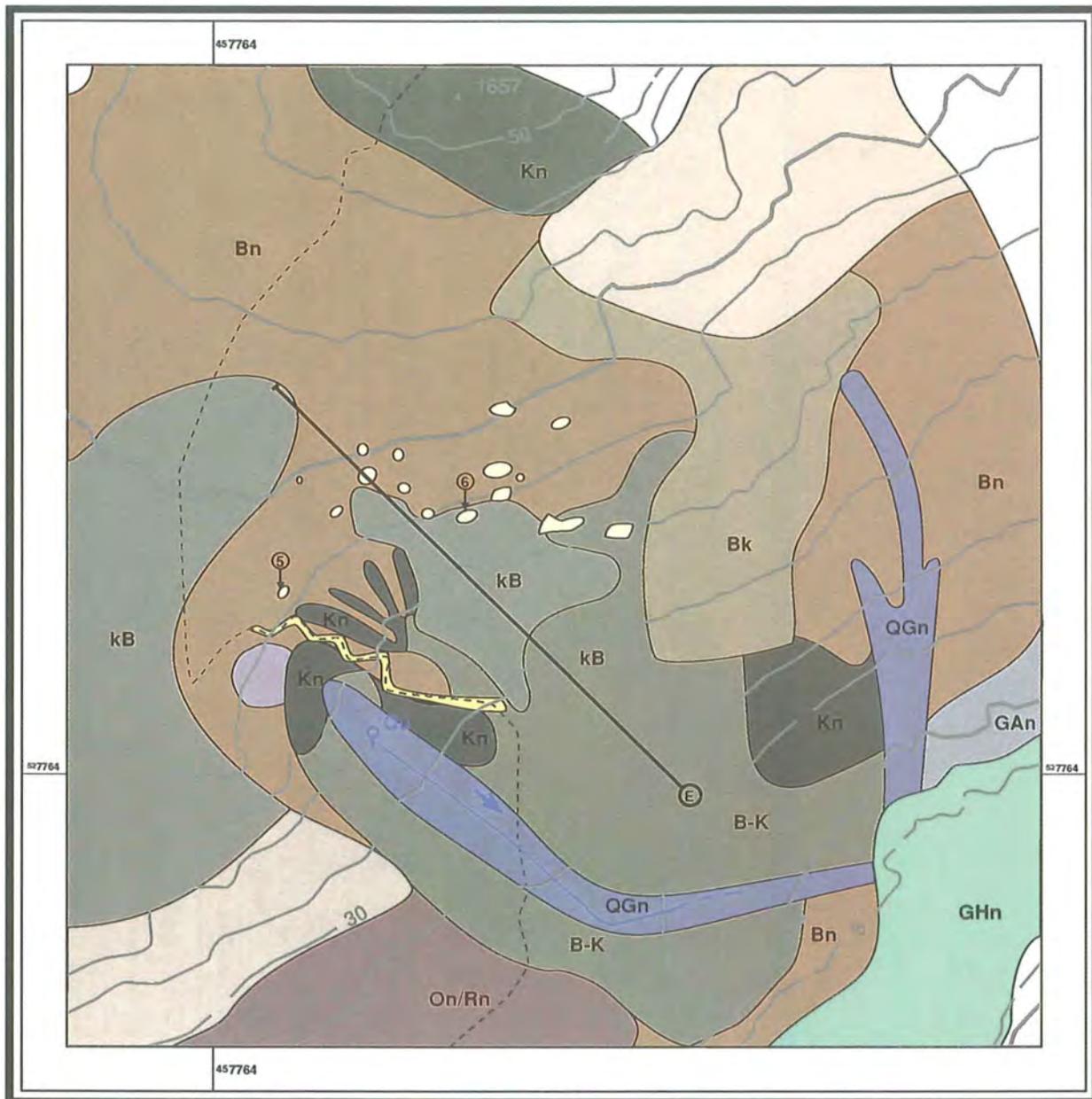
1520 m
ü. NN

0 10 20 30 40 50 m

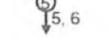
Tafel 7: Catena E; Untersuchungsfläche III (Königstalalm SE-Hang).

Karte 13: Untersuchungsfläche III

Königstalalm



Böden:

	Fels/Syrosem (Trias- und Jurafolgen, ungegl.)		kB	Kolluvial überdeckte Braunerde, tiefgründig		E	Profilinie für Bodencatena
	Syrosem-Rendzina Gesellschaft		kB/B-K	Kolluvial überdeckte Braunerde bis Braunerde-Kolluvium, tiefgründig		5, 6	Bodenleitprofile
	Braunerde, tiefgründig, skelettarm		Kn	Kolluvium über grusigem Dolomitzersatz			Pfad, unbefestigt
	Kalkbraunerde, flachgründig, blockreich		kn	Kolluvium			Fließgewässer
	Quellengley			Stark erodierte Böden mit Felsfreistellung (Blaiken)			Quelle, ungefaßt
	Anmoorgley			Stark erodierte Böden ohne Felsfreistellung (Blaiken)			0 25 50 75 m
	Niedermoorgley			Stark erodierte Böden entlang von Wegstrecken			Quelle: Geländeaufnahme Juli/August 1991 Kartengrundlage: GIS NP Berchtesgaden

Vegetationsaufnahme:

Standort: Königstalalm SE-Hang

Teilfläche 1: Im Umfeld der Blaiken in 1560 m ü. NN Höhe

Deckung: 80 % Aufnahmedatum: 29. Juli 1993

Vaccinium uliginosum – Gesellschaft (Rauschbeerheide)

		Dominanz	
K ₁ (0,25 m Höhe):	<i>Calluna vulgaris</i>	– Heidekraut	4
	<i>Potentilla erecta</i>	– Blutwurz	4
	<i>Nardus stricta</i>	– Borstgras	3
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	– Heidelbeere	3
	<i>Carlina acaulis</i>	– Silberdistel	2
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	– Gemeines Ruchgras	2
	<i>Campanula barbata</i>	– Bärtige Glockenblume	1

Teilfläche 2: Unverletzter Hangbereich nordöstlich in 1560 m ü. NN Höhe

Deckung: 80 % Aufnahmedatum: 29. Juli 1993

Nardetum alpigenum, teilweise überleitend zum *Alchemillo-Cynosuretum* (Kammgrasweide)

		Dominanz	
K ₁ (0,7 m Höhe):	<i>Veratrum album</i>	– Weißer Germer	1
K ₂ (0,4 m):	<i>Nardus stricta</i>	– Borstgras	3
	<i>Agrostis capillaris</i>	– Rotes Straußgras	3
	<i>Silene nutans</i>	– Nickendes Leimkraut	2
	<i>Dianthus superbus</i>	– Prachtnelke	2
	<i>Rhinanthus glacialis</i>	– Begrannter Klappertopf	2
	<i>Potentilla erecta</i>	– Blutwurz	2
	<i>Achillea millefolium</i>	– Schafgarbe	2
	<i>Trifolium pratense</i>	– Roter Wiesen Klee	2
	<i>Centaurea triumfettii</i>	– Filz-Flockenblume	2
	<i>Dactylis glomerata</i>	– Wiesen-Knäuelgras	1
	<i>Briza media</i>	– Gemeines Zittergras	1
	<i>Festuca rubra agg.</i>	– Rot-Schwingel	1
	<i>Plantago lanceolata</i>	– Spitzwegerich	1
	<i>Carlina acaulis</i>	– Silberdistel	1
	<i>Hieracium bifidum</i>	– Gabeliges Habichtskraut	1
	<i>Lotus alpinus</i>	– Alpen-Hornklee	1

Teilfläche 3: Unterhangbereich in 1530 m ü. NN Höhe

Rumicetum alpini (Alpenampfer – Lägerflur)

Hochstaudenflur aus *Senecio fuchsii* und *Rumex alpinus* (*Veratrum album*, *Adenostyles alliariae*)

umgelagerten Substrate weisen auf fluvialdynamische Vorgänge hin, die im Untersuchungszeitraum allerdings nur einmal im Zusammenhang mit einem Starkregenereignis beobachtet werden konnten.

Demgegenüber schüttet die benachbarte Quelle ganzjährig und hat oberhalb ihres Austritts eine Quellnische ausgebildet, deren Einhänge Neigungen von 47 Grad erreichen. Die dort befindliche große Blaike, die aufgrund ihrer Form und Merkmale nicht eindeutig typisiert werden konnte, ist vermutlich das Produkt einer hier vorliegenden engen Verzahnung von Rutschungsvorgängen mit Nivationsvorgängen.

Die aus Werfener Gesteinszersatz hervorgegangen Böden zeichnen sich in der Regel durch einen hohen Tongehalt aus, der bereits in den oberen Bv-Horizonten Werte von bis zu 30 Prozent erreicht (siehe Tab.

23). Dies hat auf dem unbefestigten Pfad vom Königsbergerücken herab im Verlauf von Niederschlägen zur Folge, daß die eigentliche Wegfläche nicht mehr begehbar ist, ohne ein ständiges Ausrutschen befürchten zu müssen. Somit wird auf diesem Wegabschnitt bei feuchter Witterung von Wanderern immer wieder die Grasnarbe betreten, wodurch die Trittschäden an der Vegetation und nachfolgend dem Boden sich sukzessive seitlich ausweiten. Im Verlauf des Pfades über die Untersuchungsfläche ist diese schadhafte Entwicklung deutlich zu erkennen.

Floristisch wird der SE-Hang repräsentiert durch eine *Nardetum alpigenum*-Gesellschaft, mit einer örtlich zu beobachtenden Überleitung zum *Alchemillo-Cynosuretum* (Auftreten von *Plantago lanceolata*, *Achillea millefolium*, *Trifolium pratense*). Auffällig in der Verteilung der Vegetation ist die Ausbildung einer *Vaccinium uligi-*

nosum-Gesellschaft im zentralen Hangbereich in der weiteren Umrahmung der Blattanbruchbildungen. Diese, als fortgeschrittenes Sukzessionsstadium des *Nardetum alpigenum* anzusehende Vegetationseinheit, ist gekennzeichnet durch eine deutliche Dominanz von *Calluna vulgaris* und *Potentilla erecta* (jeweils 25 – 50 % Deckung), die gemeinsam mit *Vaccinium myrtillus* und *Nardus stricta* den beschriebenen weitgehend einheitlichen Wurzelhorizont ausbilden. Im Unterschied zu den Verhältnissen der Untersuchungsflächen I und II ist auf dem SE-Hang somit eine Mitbeeinflussung der Vegetation im Hinblick auf die Ausbildung einer Labilitätszone innerhalb des Bodenaufbaus anzunehmen.

Gegen den Unterhang wird die Borstgrasrasengesellschaft abgelöst von einem *Rumicetum alpini* mit flächenhaft verbreiteten Eutrophierungszeigern (*Rumex alpinus*, *Veratrum album*, *Adenostyles alliariae*). Ursache hierfür ist die in diesen Unterhanglagen noch gegebene Beweidung, welche deutlich an der Ausbreitung von Lägerfluren erkennbar ist.

5.1.3.3 Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche III

Der SE-Hang der Königstalalm ist von zahlreichen kleineren und undeutlich ausgebildeten Blattanbruchbildungen und seit dem Frühjahr 1993 von zwei Schurfblaikenbildungen betroffen. Trotz dieses Hinweises auf eine relativ gering intensive Abtragung, führt nivaler Schurf jährlich zu einigen Materialverlusten aus den bestehenden Blaiken. Da die Neigungsverhältnisse zwischen 32 Grad im Unterhang und 40 Grad im Oberhang sowie die geringe Rauhgigkeit des Hanges eine hohe Schneedynamik begünstigen, ist die Ursache für die nur kleinflächige Ausbildung der Blattanbrüche einzig pedologischer Art.

Der SE-Hang ist im Unterschied zu dem SW- und NW-Hang geologisch von Gesteinen der Werfener Schichten aufgebaut. Zwar sind die Böden auch hier mehrschichtig ausgebildet und in parautochtonem Schuttdeckensubstrat entwickelt. Jedoch sind die Schichtgrenzen vor allem bei den nicht kolluvial beeinflussten bzw. überlagerten Böden vergleichsweise undeutlich ausgebildet. Dies äußert sich in einem geringeren Sprung der Grob- sowie der Feinbodenanteile von der hangenden zur liegenden Schicht (siehe Profil 5, Tab. 21 und 22). Bei der feldbodenkundlichen Aufnahme wird dies besonders augenscheinlich, da in der Profilwand eine Differenzierung der einzelnen Schichten aufgrund des geringen Texturunterschieds sowie der gleichen Bodenfarbe nur schwer möglich ist (vgl. Bodenprofilbeschreibung Profil 5).

Obwohl innerhalb der Vertikalstruktur der Böden deutliche Durchwurzelungsgrenzen zu beobachten waren und zudem die Pflanzendecke aufgrund des hohen Anteils von *Calluna vulgaris* und *Potentilla erecta* (Deckung von über 70 %) einen gemeinsamen Wurzelhorizont bildet, ist zu vermuten, daß eine vergleichbare Labilität gegenüber der Blattanbruchbildung wie auf der

Untersuchungsfläche I und II bei diesen Böden nicht gegeben ist.

5.1.4 Untersuchungsfläche IV: Priesbergalm W-Hang

Die Priesbergalm ist mit einer Fläche von 131,08 ha die größte Alm im Jennergebiet. Sie erstreckt sich im südlichen Anschluß an die Königsbachalm bis zum Stiergraben in einer Höhenlage von 1320 m ü. NN bis auf 2020 m ü. NN unterhalb des Fagsteins. Die Weideflächen teilen sich auf in einen unteren Bereich zwischen den Sillenköpfen und der Mooswand mit dem dort befindlichen Priesbergmoos, die eigentliche Priesbergalm mit den Almkasern und die höher gelegenen Weideflächen der oberen Priesbergalm und ehemaligen Roßfeldalm.

Auf den zumeist mäßig geneigten (< 20°) Weideflächen des unteren und mittleren Bereichs treten Abtragschäden nur untergeordnet in Form von kleineren Blaikenbildungen an dem ostexponierten Hang der Sillenköpfe und Viehtrittschädigungen im engeren Umfeld des Priesbergmooses auf. Demgegenüber kennzeichnen die Weidehänge auf der oberen Priesbergalm und dem Roßfeld, mit Neigungen zumeist oberhalb von 30 Grad z. T. umfangreiche Blaikenbildungen. Betroffen sind hiervon der Oberhang nördlich des oberen Abwärtsgrabens, der Unterhangbereich zur Priesbergalm hin sowie der Unterhangbereich südlich des Abwärtsgrabens oberhalb des Weges zum Seeleinsee. Der letztgenannte Hang zeigt hierbei eine besonders engräumige Verzahnung von Blattanbruchbildungen mit Schneeschurf- und Schneedruckblaikenbildungen, weshalb dieser Hang als weitere Untersuchungsfläche ausgewählt wurde. Die Fläche wird abgegrenzt durch die Koordinaten

Hochwert 526806	Rechtswert 457632
Hochwert 526811	Rechtswert 457651
Hochwert 526830	Rechtswert 457648
Hochwert 526827	Rechtswert 457626

und wird naturräumlich von dem Abwärtsgraben im Norden, der Waldgrenze unterhalb des Wegs zum Seeleinsee im Westen und der Kammerlwand im Südosten eingerahmt.

5.1.4.1 Prozesse/Schäden

Kennzeichnend für den Hang der Untersuchungsfläche IV ist die gegenüber den bisher betrachteten Blaikenstandorten auffällige engräumige Verzahnung der unterschiedlichen Formen nivaler Abtragung. Dies spricht zum einen für eine ebenfalls stark abtragungswirksame Schneedynamik und zum anderen für entsprechend abweichende Vorbedingungen im Hinblick auf die einzelne nivale Abtragungsleistung. Die Blattanbrüche zeigen vergleichbare Ausbildungen wie auf dem Königstal-SW-Hang. Demgegenüber fehlen Schneeschurfblaiken in typischer Ausbildung hier; sie zeigen vielmehr fließende Übergänge zu den Blattanbrüchen, ge-

Tab. 25: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 7.

Priesbergalm W-Hang				Braunerde							
Horizont	Tiefe cm	T	tU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of/Oh	1,5 – 0	Humuslage									
Ah	0 – 6	16,5	13,1	12,8	3,8	29,7	12,6	11,8	29,4	53,8	tU
Bv	6 – 24	22,2	18,9	17,3	5,1	41,3	8,8	8,5	19,2	36,5	s'L
II(Bv)ICv	24 – 49	22,1	14,3	12,2	8,5	35,0	9,1	10,9	22,6	42,6	sL

Tab. 26: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 7.

Priesbergalm W-Hang			Braunerde				
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of/Oh	1,5 – 0	Humuslage					
Ah	0 – 6	3,9	7,8	5,6	krü	47,7	n.b.
Bv	6 – 24	4,0	1,9	1,1	krü – sub	52,6	1,42
II(Bv)ICv	24 – 49	4,0	0,9	0,5	pol – einz	93,4	1,75

hen aber sichtbar anhand ihrer Formenmerkmale auf nivalen Schurf zurück.

Schäden größeren Umfangs gehen auf dieser Untersuchungsfläche aber auch von der Entwurzelung vor allem von Erlengebüschen aus (siehe Abb. 14). Diese durch Schneedruckvorgänge auf Einzelhindernisse bedingten Blaiken erreichen hier das umfangreichste Schadensausmaß innerhalb des Untersuchungsgebietes. Ist das Hindernis beseitigt, bleibt zunächst eine mehr oder weniger kreisrund ausgebildete Abtragsform zurück, welche Tiefen von 25 cm erreichen kann. Im Verlauf von weiteren Schneebewegungen werden diese Blaiken stark überformt und zeigen dann häufig eine wannenförmige Ausbildung, wobei Längsströmungen in Hangfallrichtung die Überformung kennzeichnen. Im Ausgang des Winters 1991/1992, den eine insgesamt hohe Schneedynamik kennzeichnete, konnte analog zu den Beobachtungen auf der Königstalalm auch hier eine deutliche Zunahme insbesondere dieser Abtragsschäden festgestellt werden.

5.1.4.2 Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse

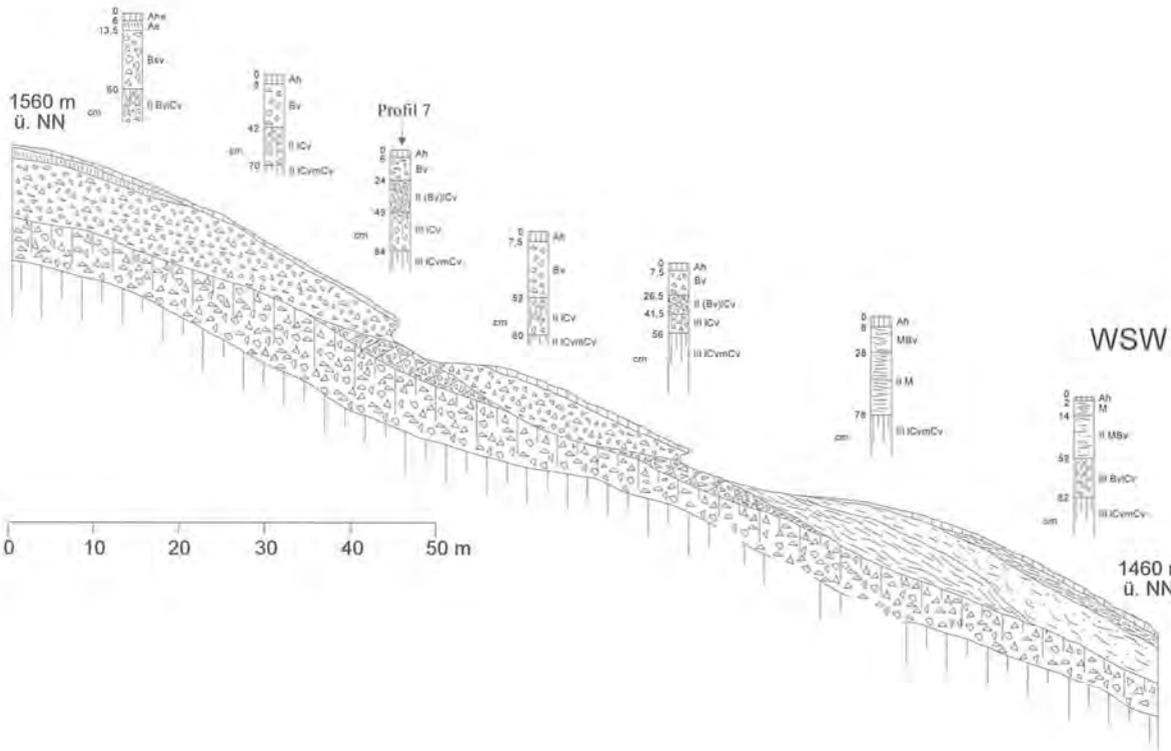
Die Untersuchungsfläche IV liegt auf einem stark geneigten Weidehang, der mit 260 Grad annähernd gegen Westen exponiert ist und von der Waldgrenze in 1460 m ü. NN Höhe bis in eine Höhe von 1570 m ü. NN reicht. Oberhalb von 1570 m ü. NN verflacht der Hang fast zu einer kleinen Verebnung, um dann weiterhin steil gegen die Kammerwand aufzusteigen.

Die Hangform des abgegrenzten Hangabschnittes zeigt eine in Hangfallrichtung schwach konkave Ausbildung, wobei im Unterhangbereich an der Untergrenze der Untersuchungsfläche Neigungen um 33 Grad zu messen sind, die gegen den Oberhang bis auf 40 Grad ansteigen. Gegliedert ist der Hang durch eine unvermittelt im Oberhangbereich ansetzenden Runse. Diese ist auf einen kleinen episodisch schüttenden Quellaustritt in 1580 m ü. NN zurückzuführen und zeigt im oberen Teil der Untersuchungsfläche auf einem kurzen Teilstück eine bis zu 4 m kerbenförmige Eintiefung.

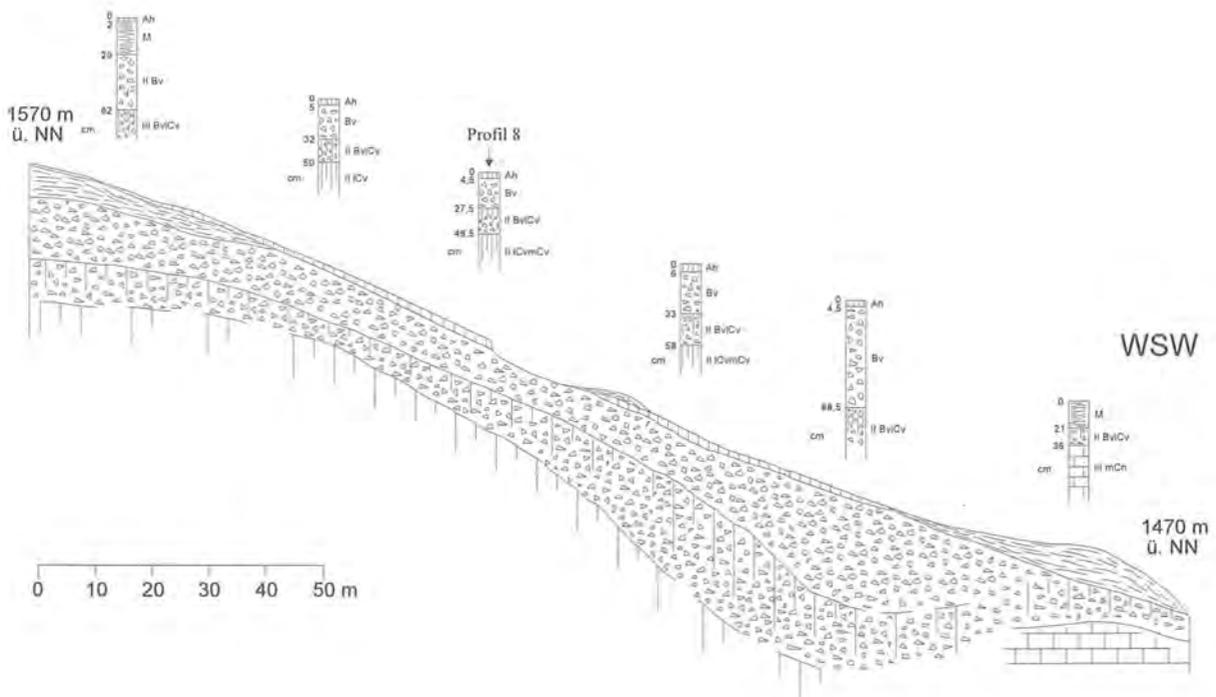
Der geologische Aufbau der Untersuchungsfläche ist einheitlich gestaltet. Aus stratigraphischer Sicht sind einzig die Gesteine der Fleckenkalk-/Fleckenmergelseerie des Dogger, welche hier eine Gesamtmächtigkeit von 100 bis 120 m erreicht, am Aufbau beteiligt. Lithologisch wird diese Serie bestimmt durch eine Wechselagerung grauer, gebankter, z. T. Hornstein führender bis diffus verkieselter Kalke mit rhythmischen Einschaltungen von bis zu mehreren Zentimetern mächtigen Mergellagen (LANGENSCHIEDT 1981: 86).

Vergleichbar den Verhältnissen auf der Königstalalm ist das Anstehende lediglich im Bereich der beschriebenen Runse aufgeschlossen und wird ansonsten von Hangschuttdecken verkleidet. Diese erreichen gegen den Unterhang Mächtigkeiten bis 120 cm. Die Dominanz der kieseligen Kalkgesteine innerhalb der Fleckenkalk-/Fleckenmergelseerie gegenüber den Mergellagen auch oberhalb der Untersuchungsfläche bedingte im Rahmen der Schuttdeckenentwicklung sehr skelettrei-

ENE



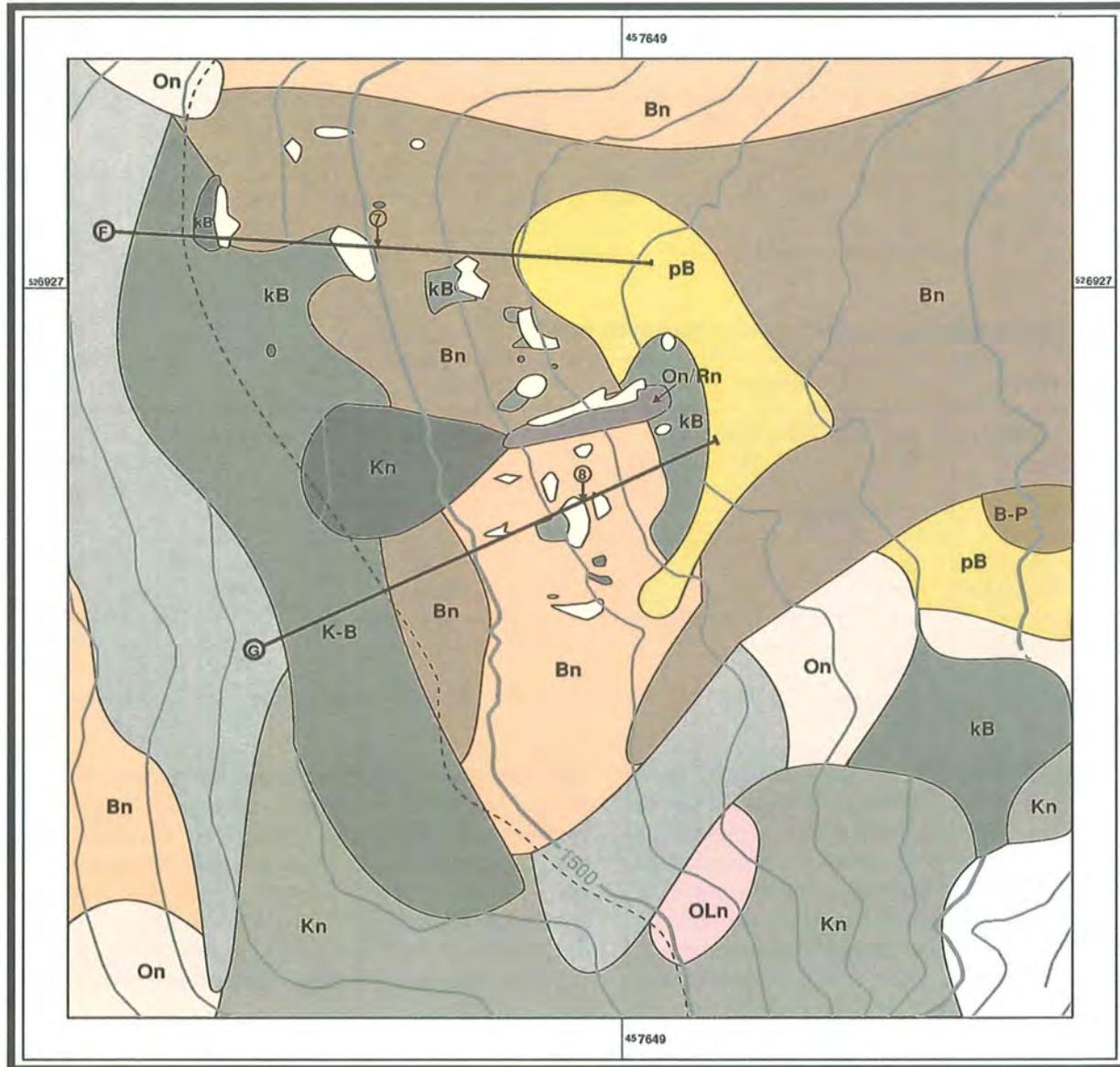
ENE



Tafel 8: Catena F (oben) und G (unten); Untersuchungsfläche IV (Priesbergalm WSW-Hang).

Karte 14: Untersuchungsfläche IV

Priesbergalm



Böden:

	Festgestein bis Syrosen (Trias- und Jurafolgen, ungegl.)		pB Braunerde, podsolig, flachgründig		Profillinien für Bodencatänen F, G
	On Festgesteinszersatz bis Karbonatsyrosen		B-P Braunerde-Podsol		Bodenleitprofile 7, 8
	OLn Blockschutt, grusiger Gesteinschutt bis Lockersyrosen		kB/B-K Braunerde, kolluvial überdeckt bis Braunerde-Kolluvium		Pfad
	On/Rn Syrosen-Rendzina Boden-gesellschaft, z.T. mit Felsfrei-stellung		Kn Kolluvium, flachgründig, über Karbonatfestgestein		
	Bn Braunerde, flach- bis mittel-gründig, skelettreich		Kn Kolluvium		
	Bn Braunerde, tiefgründig, skelettreich		Stark erodierte Böden der Blaikendstandorte		0 20 40 60 m

Quelle: Geländeaufnahme Sept./Oktober 1991
Kartengrundlage: GIS NP Berchtesgaden

Tab. 27: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 8.

Priesbergalm W-Hang				Braunerde							
Horizont	Tiefe cm	T	fU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of	0,5 – 0	Humuslage									
Ah	0 – 4,5	19,4	4,7	10,4	4,3	20,6	11,2	14,5	44,8	70,5	SL
Bv	4,5 – 27,5	14,0	12,5	16,2	8,3	37,0	14,2	13,2	20,9	48,2	LS
II BvI Cv	27,5 – 48,5	22,7	15,2	17,6	10,8	43,5	11,6	8,6	14,1	36,4	usL
II ICv mCv	48,5 +	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Tab. 28: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 8.

Priesbergalm W-Hang			Braunerde				
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of	0,5 – 0	Humuslage					
Ah	0 – 4,5	3,7	11,1	6,4	krü	46,2	n.b.
Bv	4,5 – 27,5	4,0	2,2	1,3	krü	49,0	1,42
II BvI Cv	27,5 – 48,5	4,2	1,4	0,8	sub	62,9	1,54
II ICv mCv	48,5 +	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

che Ausgangssubstrate für die Bodenbildung. Bezogen auf die Textur des Feinbodens liegen zwar die Schluffanteile der Böden aufgrund des Zersatzes der unreinen Kalkgesteine und vor allem der Mergelgesteine mit Werten um 45 bis 50 Prozent immer noch vergleichsweise hoch. Bei der Betrachtung der Komponentenverteilung des Gesamtbodens relativieren sich diese Werte gegenüber den bisher beschriebenen Standortverhältnissen jedoch recht deutlich. In allen aufgenommenen Profilen erreichen die Grobbodenanteile bereits oberflächennah 50 bis vereinzelt über 60 Prozent (siehe Tab. 25 bis 28). Gelangen diese Materialien durch nivale Abtragungsvorgänge zur Freilegung und werden im weiteren Verlauf aufgearbeitet, kann auch hier von einem deutlichen Verstärkungseffekt vor allem für die Abtragungsleistung der Schurfarbeit von Schneebewegungen ausgegangen werden.

Der verbreitete Bodentyp auf der Untersuchungsfläche IV ist die Braunerde, die in Abhängigkeit von der jeweiligen Hangposition Solummächtigkeiten von 40 bis 120 cm erreicht. Im Zusammenhang mit der Schuttdeckenentwicklung sind die Braunerden auch hier immer in mehrschichtiger Ausbildung anzutreffen. Unterhalb der Blaiken, die bis in eine Höhe von 1540 m ü. NN reichen, zeigen die Braunerden zunehmend eine stärkere kolluviale Beeinflussung (siehe Profil 7), die gegen den Unterhang in Kolluviumbraunerden übergehen (siehe Catena F in Tafel 8). Unterbrochen ist dieses Muster lediglich im Bereich der Runse, in deren kerbenförmigem Einschnitt eine Syrosem/Rendzina-Gesellschaft

vertreten ist und unterhalb deren talwärtigem Ausgang ein bis zu 70 cm mächtiger, schwemmkegelartig geformter Kolluviumkörper ausgebildet ist (siehe Karte 14). Der orographisch linke Teil des Hanges südlich der Runse ist gekennzeichnet durch ein geringeres flächenhaftes Ausmaß der Nivationschäden. Damit ist das in diesem Bereich nur kleinflächige Auftreten kolluvialer Materialien zu erklären (siehe Karte 14 und Catena G in Tafel 8).

Die verbreitete mehrschichtige Ausbildung der Braunerden und der Kolluviumbraunerden führt – analog zu den Beobachtungen auf der Königstalalm – zu einer besonderen Anfälligkeit dieser Böden gegenüber der Blattanbruchbildung. Aufgrund der oberflächennah teilweise sehr hohen Grobbodenanteile ist hier jedoch infolge des daraus resultierenden Verstärkungseffektes auf den Schneeschurf (vgl. Kap. 4.3.2.1.1), gleichzeitig eine Überlagerung der einzelnen nivalen Abtragungsvorgänge gegeben, welche die beschriebene engräumige Verzahnung der unterschiedlichen Abtragsformen zur Folge hat.

Mitverantwortlich für die besondere Schadenssituation auf der oberen Priesbergalm und der ehemaligen Roßfeldalm, insbesondere im Bereich der Untersuchungsfläche IV, ist der derzeitige Zustand der Weiden bzw. der ehemaligen Weiden. Gegenüber den Verhältnissen auf der Königstalalm zeigen die von den Almkasern der Priesbergalm weiter entfernten Weidebereiche, d. h. sowohl die höher gelegenen Weideflächen auf dem langgestreckten Rücken gegen den Fagstein und

Bodenprofilbeschreibung:

Profil 7: Priesbergalm W-Hang

Höhe: 1508 m ü. NN

Neigung: 37°

Relief: schwach konkaver Unter- bis Mittelhang

Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecke über Kalken/Mergeln der Lias – Fleckenmergelserie

Bemerkungen: Aufgrabung an 11 m x 9 m großem Blattanbruch

Max. Durchwurzelungstiefe: 62 cm

Bodentyp: Braunerde

L/Of/Oh	1,5 – 0 cm	Humuslage
Ah	0 – 6 cm	sehr dunkelgräulichbrauner (10YR 3/2, feucht), stark humoser, stark steiniger, stark sandiger Lehm, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang fließend zu
Bv	6 – 24 cm	gelblich – bis dunkelgelblichbrauner (10YR 4.5/4, feucht), mittel humoser, stark steiniger, schwach sandiger Lehm, Krümel- bis Subpolyedergefüge, mittel durchwurzelt, stark bis sehr stark sauer, Übergang deutlich zu
II(Bv)Cv	24 – 49 cm	schwach roter (2,5YR 4/2, feucht), sehr schwach humoser, extrem skelettreicher (Skelettboden), sandiger Lehm, Polyeder- bis Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt, stark bis sehr stark sauer, Übergang deutlich zu
III ICv	49 + cm	grauer/hellbrauner (10YR 4/1 – 10YR 5/3, im Wechsel, feucht) Skelettboden (Kieselkalle), schwach bis nicht durchwurzelt

Profil 8: Priesbergalm W-Hang

Höhe: 1523 m ü. NN

Neigung: 38°

Relief: gestreckter Mittelhang

Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecke über Kalken/Mergeln der Lias – Fleckenmergelserie

Bemerkungen: Aufgrabung an 8 m x 10 m großer Schneescharfblaike

Max. Durchwurzelungstiefe: 38 cm (deutliche Grenze bei 22 cm)

Bodentyp: Braunerde

L/Of	0,5 – 0 cm	Streu-(Humus-)lage
Ah	0 – 4,5 cm	sehr dunkelgräulichbrauner (10YR 3/2, feucht), sehr stark humoser, stark steiniger, stark sandiger Lehm, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang fließend zu
Bv	4,5 – 27,5 cm	dunkelgelblichbrauner (10YR 4/4, feucht), mittel humoser, stark steiniger, stark lehmiger Sand, Krümel- bis Einzelkorngefüge, stark bis mittel durchwurzelt, stark sauer, Übergang deutlich zu
II Bv ICv	27,5 – 48,5 cm	dunkelgrauer/brauner (10YR 4/1/10YR 5/3, feucht), schwach humoser, sehr stark steiniger, schluffig sandiger Lehm, Subpolyedergefüge, schwach bis nicht durchwurzelt, stark sauer, Übergang deutlich zu
II ICvmCv	48,5 + cm	Kalk/Mergel der Fleckenmergelserie

Vegetationsaufnahme:

Standort: Priesbergalm W-Hang; Zentraler Hangbereich im Bereich der großen Blattanbrüche in 1550 m ü. NN Höhe

Nardetum alpigenum (Borstgrasrasen)

Deckung: 85 %

Aufnahmedatum: 26. Juli 1993

Dominanz

S (1 m Höhe)	<i>Larix decidua</i>	- Europäische Lärche	1
	<i>Alnus viridis</i>	- Grünerle	1
K ₁ (- 0,6 m)	<i>Veratrum album</i>	- Weißer Germer	3
	<i>Lastrea limbosperma</i>	- Bergfarn	3
K ₂ (- 0,4 m)	<i>Nardus stricta</i>	- Borstgras	4
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	- Heidelbeere	3
	<i>Agrostis capillaris</i>	- Rotes Straußgras	3
	<i>Potentilla erecta</i>	- Blutwurz	2
	<i>Briza media</i>	- Gemeines Zittergras	2
	<i>Dianthus superbus</i>	- Prachtnelke	2
	<i>Festuca rubra</i>	- Rot-Schwingel	2
	<i>Avenella flexuosa</i>	- Drahtschmiele	2
	<i>Calluna vulgaris</i>	- Heidekraut	2
	<i>Carlina acaulis</i>	- Silberdistel	2
	<i>Silene nutans</i>	- Nickendes Leimkraut	1
	<i>Carex pallescens</i>	- Bleich-Segge	1
	<i>Gallium mollugo</i>	- Wiesen-Labkraut	1
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	- Gemeines Ruchgras	1
	<i>Senecio fuchsii</i>	- Fuchs' Greiskraut	1
	<i>Gentiana pannonica</i>	- Pannonischer Enzian	1
<i>Deschampsia caespitosa</i>	- Rasen-Schmiele	1	

die Roßfelder, als auch das Umfeld der Untersuchungsfläche, z. T. weiter fortgeschrittene Sukzessionsstadien in Richtung einer Wiederbewaldung an. Diese sind auf das Aussetzen der Beweidung und auf einen Mangel an Almpflegemaßnahmen zurückzuführen. Im Bereich der Untersuchungsfläche ist dabei eine besonders starke Verbuschung mit Grünerlengebüschen und Junglärchen zu beobachten. Dies hat zur Folge, daß starke Schneebewegungen die mehr oder weniger einzeln stehenden Grünerlengebüsche und jungen Lärchen als zusätzliche Angriffspunkte vorfinden, diese beseitigen und hiermit umfangreiche Bodenverluste bewirken.

Die Untersuchungsfläche trägt ein *Nardetum alpigenum* in einer Ausbildung mit Strauchschicht (*Alnus viridis*, *Larix decidua*) und zwei Krautschichten. Vergleichbar den Verhältnissen auf den anderen Untersuchungsflächen zeigt sich auch dieser Hang floristisch sehr uneinheitlich. Die Dominanz wechselt engräumig zwischen *Nardus stricta*, *Vaccinium myrtillus* und *Agrostis capillaris*, wobei insgesamt *Nardus stricta* vorherrscht. Eine Gesetzmäßigkeit der Vegetationsverteilung, z. B. bezüglich eines verstärkten Auftretens von Horstgräsern oberhalb der Blaiken, ist auch hier nicht erkennbar.

5.1.4.3 Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche IV

Die Untersuchungsfläche IV zeigt als Teilbereich eines westexponierten Unterhanges, der von der oberen Priesbergalm herabzieht, besonders starke nivale Abtragungsschäden. Ursache für diese starke Schädigung sind wie auf der Königstalalm Reliefverhältnisse, welche Schneebewegungen begünstigen (vgl. Kap. 5.1.4.2). Als Untersuchungsfläche wurde dieser Hangbereich wegen der engräumigen Verzahnung der einzelnen Formen nivaler Abtragung ausgewählt. Ein größerer Teil der Schäden geht auf Blattanbruchbildungen zurück, deren Formen mit denen auf der Königstalalm zu beobachtenden Blattanbrüchen vergleichbar sind. Im Unterschied zur Königstalalm kennzeichnet die Untersuchungsfläche IV hingegen ein enges Nebeneinander von Blattanbrüchen und Schurfblaiken sowie auch einigen Übergangsformen. Daneben sind zudem zahlreiche Schneedruckblaiken festzustellen, welche sich vereinzelt bereits von nivalem Schurf überformt zeigen.

Die Häufung von Schneedruckblaiken ist, wie bereits auf der Untersuchungsfläche II beobachtet werden konnte, eindeutig zurückzuführen auf die starke Verbuschung dieses Hangbereiches mit *Alnus viridis*.

Das enge Nebeneinander von Blattanbrüchen und Schneeschurfblaiken ist darauf zurückzuführen, daß die verbreiteten Böden (zumeist mittel- bis tiefgründige Braunerden und Kolluviumbraunerden) auf der Untersuchungsfläche IV insgesamt hohe Bodenskeletanteile aufweisen. Damit besitzen die Böden auch oberflächennah einen hohen Grobbodenanteil (siehe Tab. 26 und 28). Dies hat zur Folge, daß durch die nivale Abtragung leicht Skelettkomponenten aufgearbeitet und mittransportiert werden können. Der hieraus resultierende Verstärkungseffekt auf die nivale Schurfleistung wurde bereits in Kap. 4.3.2.1.1 dargelegt. Gleichzeitig sind die Böden, analog zu den Verhältnissen auf der Königstalalm, aber zudem verbreitet mehrschichtig ausgebildet und begünstigen somit die Blattanbruchbildung.

5.1.5 Untersuchungsfläche V: Farrenleiten

Der Farrenleiten stellt eine kleine Hochfläche dar, die sich unterhalb der steil aufragenden Wand der Rothspielscheibe in Form eines Rückens in einer Höhenlage von 1640 m ü. NN bis 1716 m ü. NN erstreckt. Der Rücken verläuft etwa in einer Linie NNW-SSE und bedingt somit eine Trennung der Hochfläche in einen ENE-exponierten und einen WSW- bis SW-exponierten Hang. Die nördliche bis westliche Begrenzung dieser Hochfläche ist durch einen über 100 m hohen Steilabfall zur Priesbergalm und zum Königstal hin gegeben. Als Untersuchungsfläche wurde die gesamte Hochfläche ausgewählt die in etwa von einer Abgrenzung mit den Koordinaten

Hochwert 526948	Rechtswert 457724
Hochwert 526946	Rechtswert 457748
Hochwert 526970	Rechtswert 457745
Hochwert 526967	Rechtswert 457717

markiert wird. Der Farrenleiten diente früher als Hochlegerweide zur Königstalalm, wird heute jedoch nicht mehr beweidet.

5.1.5.1 Prozesse/Schäden

Auf dem Farrenleiten zeigt sich in exemplarischer Form eine Trennung von Schneeschurfblaiken und Blattanbrüchen. Während auf dem ENE-exponierten Hang mit der Ausnahme eines Blattanbruches zahlreiche typische Schneeschurfblaiken ausgebildet sind, zeigt der SW-exponierte Hang einen gänzlich unverletzten Oberhangbereich und einen von mehreren Blattanbruchbildungen betroffenen Unterhang. Die Schurfblaiken auf dem ENE-Hang erreichen Flächenausmaße von bis zu 120 m² und treten bereits unmittelbar am Oberhang auf. Der einzelne Blattanbruch besitzt eine Fläche von 180 m², wobei er in typischer ovaler Grundrißform mit einer bogenförmigen Abrißkante ausgebildet ist. Demgegenüber zeigen die Blattanbrüche des SW-exponierten Hanges aufgrund teilweise nicht vollständig abgetragener Schollen undeutlichere Formen und erreichen Ausmaße von lediglich 30 bis 60 m².

5.1.5.2 Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse

Der Farrenleiten wird durch einen Rücken gebildet, dessen Flanken in Relation zu der Umgebung (Farrenleitenwand im Norden und Westen, Rothspielscheibe im Süden) mäßig geneigt sind. Die Neigungsverhältnisse

Tab. 29: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 9.

Farrenleiten ENE-Hang				Schwach podsolige Braunerde							
Horizont	Tiefe cm	T	fU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Of	2 – 0	Humuslage									
Ah(e)Ae	0 – 4	20,5	12,2	16,2	7,5	35,9	7,9	11,1	24,5	43,6	sL
B(s)v	4 – 19	18,6	6,3	8,6	6,5	21,4	12,6	13,8	33,4	60,0	LS
BvICv	19 – 50	11,3	12,8	15,7	14,1	42,6	7,9	10,0	28,2	46,1	n.b.

Tab. 30: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 9.

Farrenleiten ENE-Hang			Schwach podsolige Braunerde				
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Of	2,5 – 0	Humuslage					
Ah(e)Ae	0 – 4	3,3	2,9	n.b.	krü	49,9	n.b.
B(s)v	4 – 19	3,5	1,9	n.b.	pol – einz	57,2	1,49
BvICv	19 – 50	3,8	0,9	n.b.	pol – einz	56,9	1,56

Bodenprofilbeschreibung:

Profil 9: Farrenleiten ENE-Hang

Höhe: 1708 m ü. NN

Neigung: 37°

Relief: schwach konvexer Oberhang

Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecke über Radiolarit

Bemerkung: Aufgrabung an 10 m x 13 m großer Schneeschurfblaike

Max. Durchwurzelungstiefe: 24 cm

Bodentyp: Schwach podsolige Braunerde

L/Of	2 – 0 cm	Humuslage
Ah(e)Ae	0 – 4 cm	sehr dunkelgräulichbrauner (10YR 3/2, feucht) nach unten hin dunkelgräulichbrauner (10YR 4/2, feucht), stark bis mittel humoser, stark bis mittel steiniger, sandiger Lehm, Krümelgefüge, mittel durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang fließend bis deutlich zu
B(s)v	4 – 19 cm	dunkelgelblichbrauner (10YR 4/6, feucht), schwach humoser, stark steiniger, stark sandiger Lehm, Krümel- bis Subpolyederggefüge, mittel durchwurzelt, sehr stark sauer, Übergang allmählich zu
BvICv	19 – 50 cm	brauner (10YR 5/3, feucht), sehr stark steiniger, schluffig lehmiger Sand, Krümel- bis Einzelkorngefüge, schwach bis nicht durchwurzelt, sehr stark sauer.

Profil 10: Farrenleiten ENE-Hang

Höhe: 1682 m ü. NN

Neigung: 37°

Relief: schwach konvexer Mittelhang

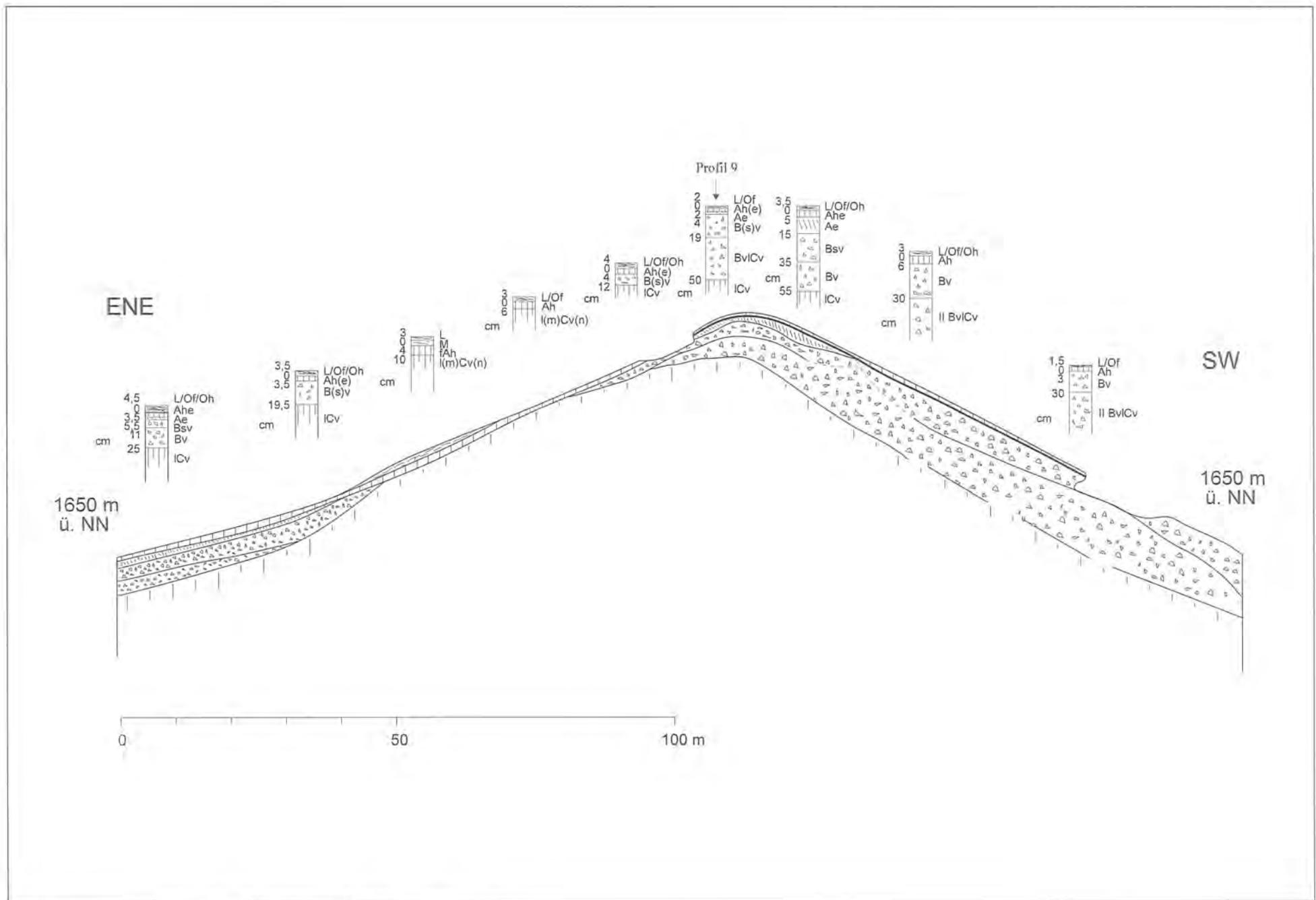
Geologie/Ausgangssubstrat: Hangschuttdecke über Kieselkalken/Hornsteinkalken der Chiemgauer Schichten

Bemerkungen: Aufgrabung an 19 m x 9 m großem Blattanbruch

Max. Durchwurzelungstiefe: 68 cm (deutliche Grenze bei 33 cm)

Bodentyp: Alpiner Braunerde-Pseudogley

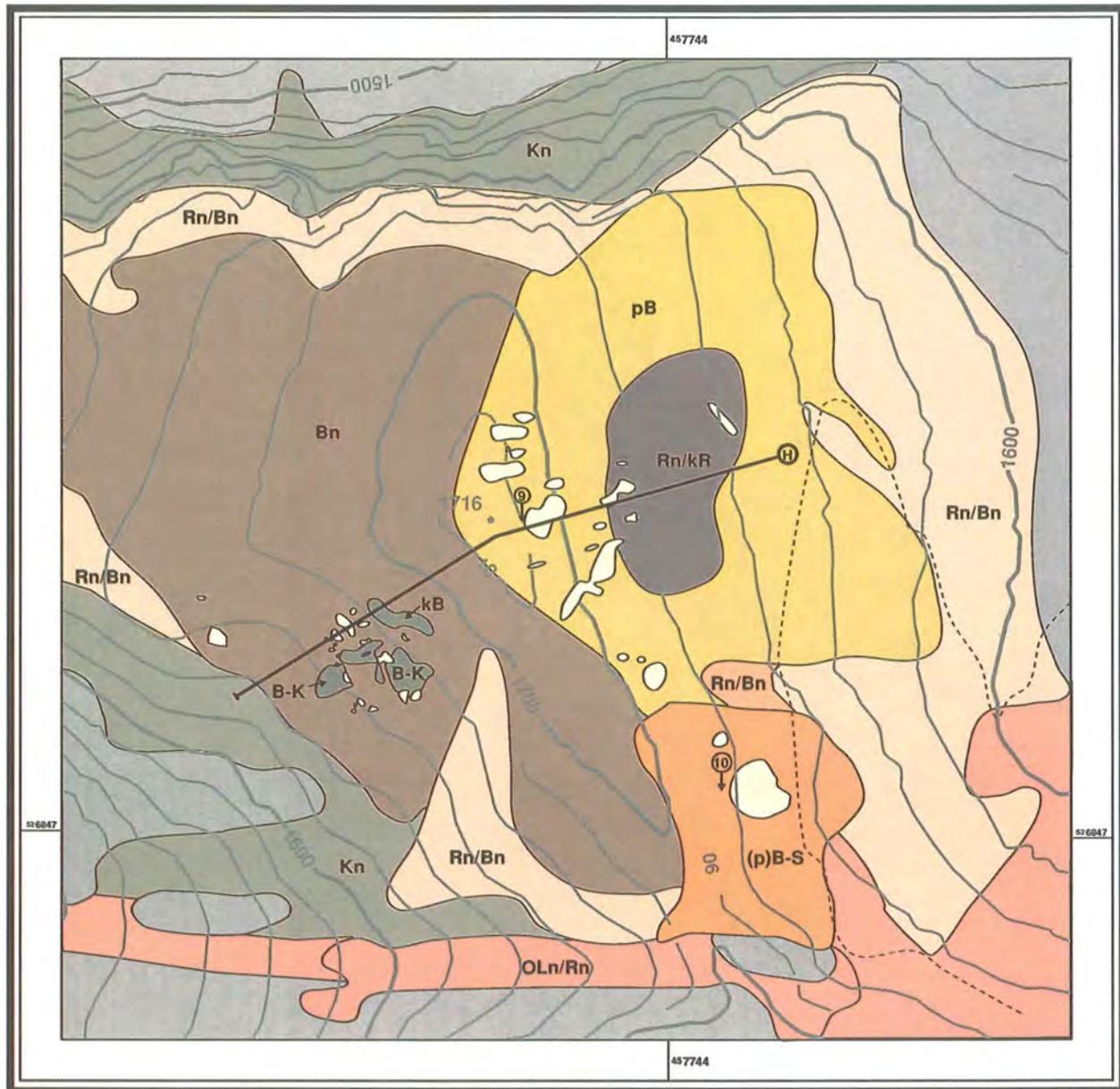
L/Of/Oh	3 – 0 cm	Humuslage
AhSew	0 – 4 cm	dunkelgrauer (10YR 4/1, feucht), humoser, schwach bis mittel steiniger, schluffig lehmiger Sand, Krümelgefüge, sehr stark durchwurzelt, sehr stark sauer, diffus rostfleckig, Übergang scharf, wellig begrenzt zu
Sew	4 – 14 cm	hellgrauer bis grauer (10YR 6/1, feucht), schwach humoser, mittel steiniger, sandig lehmiger Schluff, Subpolyederggefüge, mittel durchwurzelt, sehr stark sauer, deutliche, viele Rostflecken, Übergang scharf zu
(S)Bsv	14 – 33 cm	dunkelgelblichbrauner (10YR 4/6, feucht), schwach humoser, mittel steiniger, stark schluffiger Ton, Subpolyederggefüge, mittel bis schwach durchwurzelt, sehr stark sauer, schwache diffuse Rostflecken, Übergang fließend zu
IISBv	33 – 68 cm	gelblichbrauner (10YR 5/4, feucht), schwach humoser, mittel steiniger, stark schluffiger Ton, Polyederggefüge, schwach durchwurzelt, sehr stark sauer, diffus rostfleckig, Übergang allmählich zu
IISBvICv	68 + cm	hell olivbrauner (2,5Y 5/4, feucht), sehr schwach humoser, stark steiniger, stark schluffiger Ton, Polyederggefüge, sehr stark sauer, diffus rostfleckig.



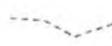
Tafel 9: Catena H; Untersuchungsfläche V (Farrenleiten ENE- und SW-Hang).

Karte 15: Untersuchungsfläche V

Farrenleiten



Böden:

	Festgestein bis Syrosem (Trias- und Jurafolgen, ungegl.)		pB	Braunerde, schwach podsolig, flachgründig, skelettreich		H ———> Profilinie für Bodencatena
	Lockersyrosem bis flachgründige Rendzina auf Blockschutt bis grusigem Gesteinsschutt		(p)B-S	Braunerde-Pseudogley, z.T. podsolig, tiefgründig (Alpiner Pseudogley)		9, 10 Bodenleitprofile
	Rendzina-Braunerde-Gesellschaft, z.T. mit Felsfreistellungen		Kn	Kolluvium, flachgründig über Festgesteinszersatz		— — — Pfad
	Rn/kR		kB/K-B	Kolluvial überdeckte Braunerde bis Braunerde-Kolluvium		0 25 50 75 m
	Rn/Bn			Teilweise sehr stark erodierte Böden (Blaiken)	Quelle: Geländeaufnahme Mai/Juni 1992 Kartengrundlage: GIS NP Berchtesgaden	
	Bn			Braunerde, mittel- bis tiefgründig		

Tab. 31: Korngrößenverteilung des Feinbodens Profil 10.

Farrenleiten ENE-Hang				Alpiner Braunerde-Pseudogley							
Horizont	Tiefe cm	T	fU	mU	gU	Uges. %	fS	mS	gS	Sges.	Textur
L/Ot/Oh	3 – 0	Humuslage									
AhSew	0 – 4	13,3	14,1	23,0	9,6	46,7	18,0	7,9	14,1	40,0	uIS
Sew	4 – 14	15,0	19,8	28,6	15,4	63,8	11,6	3,6	6,0	21,2	slU
(S)Bsv	14 – 33	27,5	19,2	26,5	12,0	57,7	7,8	2,7	4,3	14,8	uT
lISBv	33 – 68	28,2	19,6	24,4	14,8	58,8	4,9	2,8	5,3	13,0	uT
lISBvlCv	68 +	27,1	17,0	26,2	15,1	58,3	4,9	3,2	6,5	14,6	uT

Tab. 32: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte Profil 10.

Farrenleiten ENE-Hang			Alpiner Braunerde-Pseudogley				
Horizont	Tiefe cm	pH KCL	Org. Subst. %	C %	Makrogefüge	Skelettgehalt %	LD g/cm ³
L/Ot/Oh	3 – 0	Humuslage					
AhSew	0 – 4	3,2	2,4	1,7	krü	15,6	n.b.
Sew	4 – 14	3,4	1,8	1,1	sub	21,9	1,33
(S)Bsv	14 – 33	3,8	1,8	1,0	sub	24,3	1,47
lISBv	33 – 68	4,0	1,2	0,7	pol	39,5	1,73
lISBvlCv	68 +	4,0	0,9	0,5	pol	56,0	n.b.

se des ENE-exponierten Hanges zum Hochgschirr erreichen Werte von 32 Grad im Unterhang- und bis 37 Grad im Oberhangbereich. Der SW-exponierte Hang zeigt demgegenüber eine in Hangfallrichtung konvexe Ausbildung mit Neigungen von 27 Grad im Oberhang und bis 38 Grad im Unterhang.

Die Geologie des Farrenleiten wird bestimmt durch eine Sedimentationsfolge flach lagernder jurassischer Gesteine. Die Basis dieser Gesteinsfolgen bilden liassische Rotkalken mit etwa 10 bis 15 m Mächtigkeit, die inselartig dem liegenden Dachsteinkalk auflagern. Darüber folgen Filamentkalken, die lithologisch bereits überleiten zu den hangenden Chiemgauer Schichten des Dogger, einer Serie von Hornstein- und Kieselkalken. Das Hangende bildet der Ruhpoldinger Radiolarit in grauer Faziesausbildung (Dogger/Malm), der auch die Kuppe des Farrenleiten aufbaut (vgl. HAHN 1985: 36 – 83).

Bezüglich des geologischen Aufbaus sind beide Hänge des Farrenleiten identisch. Demgegenüber sind in Abhängigkeit von der Exposition jeweils völlig unterschiedliche Bodentypen anzutreffen. Die Böden des ENE-exponierten Hanges sind in flachgründigem, skelettreichem, überwiegend autochtonem Zersatz der verbreitet anstehenden Kieselkalkgesteine und Radiolarite

entwickelt. Dieses Ausgangssubstrat bedingt stark saure Verhältnisse (pH 3,3 – 3,5). Im Zusammenhang mit einem relativ hohen Sandanteil im Feinboden (40 – 60 %) und der ungünstigen klimatischen Situation (Schattlage) führt dies, im Falle ungestörter Pedogenese, zu einer verstärkten podsoligen Dynamik innerhalb der Böden (siehe Tab. 29 und 30). Eine auch hier hohe Schneedynamik verhindert jedoch weitgehend ungestörte Bodenentwicklungen, so daß die Bodentypen nur partiell eine bedeutendere Bodenbildung erkennen lassen. Lediglich in den Oberhangbereichen im Umfeld bzw. oberhalb der großen Schurfblaiken treten aufgrund der abnehmenden Morphodynamik vermehrt mittelgründige Braunerden auf, die dort in parautochtonem Substrat entwickelt sind (siehe Profil 9). Somit ergibt sich ein enges Nebeneinander von flach- bis mittelgründigen podsoligen Braunerden und flachgründigen, sehr skelettreichen Rendzinen, die aufgrund der Abtragungs- und Umlagerungsprozesse häufig eine deutliche kolluviale Beeinflussung bzw. Überlagerung zeigen (siehe Karte 15).

Mit dem Übergang zur SW-Exposition ändern sich die Bodenverhältnisse. Während auf dem Rücken und am flachen Oberhang des SW-Hanges noch podsolige Braunerden auftreten, die bereits größere Solummächtigkeiten aufweisen als am ENE-Hang (allerdings in

Vegetationsaufnahme:

Standort: Farrenleiten

Teilfläche 1: Unterhangbereich des WSW-Hanges in 1670 m ü. NN Höhe

Deckung: 80 %

Aufnahmedatum: 30. Juli 1993

Nardetum alpinum (Borstgrasrasen) auf gesamtem ungestörten Hang *

Dominanz

K ₁ (0,8 m Höhe):	<i>Veratrum album</i>	- Weißer Germer	2
K ₂ (0,5 m)	<i>Nardus stricta</i>	- Borstgras	3
	<i>Agrostis capillaris</i>	- Rotes Straußgras	3
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	- Gemeines Ruchgras	3
	<i>Potentilla erecta</i>	- Blutwurz	2
	<i>Avenella flexuosa</i>	- Drahtschmiele	1
	<i>Carex pallescens</i>	- Bleich-Segge	1
	<i>Carlina acaulis</i>	- Silberdistel	1
	<i>Arnica montana</i>	- Arnika	1
	<i>Hieracium aurantiacum</i>	- Orangerotes Habichtskraut	1
	<i>Polygonatum verticillatum</i>	- Quirlblättrige Weißwurz	1

* Gestörte Standorte: Wie bei allen betrachteten Blaiken treten unterhalb der Blaiken auch hier *Agrostis capillaris* und *Deschampsia caespitosa* in den Vordergrund; großflächige Monobestände von *Agrostis capillaris* stimmen mit Kolluvienvorkommen überein.

Teilfläche 2: Oberhangbereich des ENE-Hanges in 1710 m ü. NN Höhe im Umfeld der größeren Schurfblaiken

Deckung: 98 %

Aufnahmedatum: 30. Juli 1993

Vaccinium uliginosum-Gesellschaft

Dominanz

K ₁ (0,5 m ü. NN):	<i>Veratrum album</i>	- Weißer Germer	2
K ₂ (0,2 m)	<i>Vaccinium myrtillus</i>	- Heidelbeere	3
	<i>Festuca rubra</i> agg.	- Rot-Schwingel	2
	<i>Avenella flexuosa</i>	- Drahtschmiele	2
	<i>Potentilla erecta</i>	- Blutwurz	2
	<i>Luzula sylvatica</i>	- Wald-Hainsimse	2
	<i>Hypericum maculatum</i>	- Geflecktes Johanniskraut	2
	<i>Nardus stricta</i>	- Borstgras	1
	<i>Deschampsia caespitosa</i>	- Rasenschmiele	1
	<i>Solidago virgaurea</i>	- Gemeine Goldrute	1
	<i>Arnica montana</i>	- Arnika	1
	<i>Gentiana pannonica</i>	- Pannonischer Enzian	1
	<i>Hieracium bifidum</i>	- Gabeliges Habichtskraut	1
	<i>Campanula scheuchzeri</i>	- Scheuchzers Glockenblume	1

Teilfläche 2: Zentraler Hangbereich des ENE-Hanges in 1690 m ü. NN Höhe mit nur wenigen Schurfblaiken

Deckung: 100 %

Aufnahmedatum: 30. Juli 1993

Vaccinium uliginosum - Gesellschaft

Bestand von *Vaccinium myrtillus* dominiert (90 %!), außerdem

Dominanz

<i>Avenella flexuosa</i>	- Drahtschmiele	2
<i>Gentiana pannonica</i>	- Pannonischer Enzian	1
<i>Lastrea limbosperma</i>	- Bergfarn	1

Teilfläche 3: ENE-Hang südlich von Teilfläche 2 in 1690 m ü. NN Höhe im Bereich des großen Blattanbruches

Deckung: 100 %

Aufnahmedatum: 30. Juli 1993

Bestand von *Lastrea limbosperma* dominiert (> 90 %)

K ₁ (0,8 m Höhe):	<i>Lastrea limbosperma</i>	- Bergfarn	5
	<i>Rumex alpestris</i>	- Berg-Sauerampfer	1
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	- Heidelbeere	1
	<i>Luzula sylvatica</i>	- Wald-Hainsimse	1

einschichtiger Ausbildung), gehen die Böden talwärtig und mit zunehmender Neigung allmählich über in mittel- bis tiefgründige, vor allem mehrschichtige Braunerden (siehe Catena H in Tafel 9). Die im Unterhang kurz oberhalb dem Steilabfall zum Priesbergmoos befindlichen Blattanbrüche stehen somit wiederum im engen Zusammenhang mit dort ausgebildeten mehrschichtigen Böden. Kolluvial überdeckte Böden konnten auf dem SW-Hang des Farrenleiten nur unterhalb der ausschließlich in diesem Unterhangbereich auftretenden Blattanbrüche auskartiert werden. Dies weist im Zusammenhang mit dem Fehlen jeglicher Bodenschäden auf dem Ober- und Mittelhang auf die Stabilität dieses flacheren, konvexen Hangabschnittes und der zumindest im Oberhang noch anzutreffenden Einschichtböden gegenüber der rezenten und subrezentemorphodynamik hin.

Eine Besonderheit auf dem Farrenleiten stellt der etwa 19 m x 9 m große Blattanbruch auf dem ENE-Hang dar. Das Auftreten dieser besonders charakteristisch ausgebildeten Abtragsform ist dort am südlichen Rand der Untersuchungsfläche an einen tiefgründigen alpinen Braunerde-Pseudogley gebunden (siehe Profil 10). Dieser ist entwickelt in einer etwa 3 dm mächtigen Hangschuttdecke über tiefreichendem Zersatz von Kieselkalken der Chiemgauer Schichten, welche in diesem Hangabschnitt tektonisch bedingt fast den gesamten Mittel- und Oberhang bis zum Rücken aufbauen (HAHN 1985). Neben der Mächtigkeit und Mehrschichtigkeit des Solums unterscheidet sich dieser Standort vor allem auch durch einen deutlich geringeren Grobbodenanteil (15 – 25 %) der oberen Bodenhorizonte von den Böden des sich nördlich anschließenden Radiolaritbereichs mit den ausgedehnten Schneeschurfflächen (vgl. Tab. 32).

Eng gebunden an die bodenkundlichen Verhältnisse zeigt auch die Vegetation eine deutliche expositionsbedingte Differenzierung innerhalb der Untersuchungsfläche. Mit der Beendigung der Weidewirtschaft und begünstigt durch die Standortverhältnisse setzte auf dem ENE-exponierten Hang eine Sukzession ein, die heute zu der fast flächendeckenden Ausbildung einer *Vaccinium uliginosum*-Gesellschaft geführt hat. Im zentralen Hangbereich dominiert *Vaccinium myrtillus* und erreicht hier Deckungsgrade bis 90 Prozent. Lediglich in den Oberhanglagen in der Umrahmung der dort zahlreichen Schneeschurfblaiken tritt *Vaccinium myrtillus* zurück, wodurch auch andere Arten (*Veratrum album*, *Festuca rubra agg.*, *Avenella flexuosa*) aufkommen können. Eine vergleichbare Vegetationseinheit zeigt sich auch im oberen Hangbereich oberhalb des großen Blattanbruches, wohingegen in der seitlichen und unteren Umrahmung dieser Abtragsform *Lastrea limbosperma* verbreitet (Deckungsgrad teilweise > 90 %) ausgebildet ist.

Mit dem Übergang zur Südexposition ändert sich auch die Vegetation fast übergangslos. Der unverletzte Ober- und Mittelhang trägt ein weitgehend einheitliches *Nardetum alpigenum* mit *Nardus stricta*, *Agrostis capillaris*, *Anthoxanthum odoratum* und *Potentilla erecta*.

In Verbindung mit der Änderung der Böden zu mehr oder weniger kolluvial überdeckten Braunerden im Unterhangbereich treten, wie bereits an den anderen Blaikenstandorten beobachtet, *Agrostis capillaris* und *Deschampsia caespitosa* als Anzeiger für die gestörten Bodenverhältnisse in den Vordergrund. Zum Teil größerflächige Monobestände von *Agrostis capillaris* deuten hier auf die Umfänge der Materialumlagerungen hin.

5.1.5.3 Kurzfassung der Ergebnisse – Untersuchungsfläche V

Der Farrenleiten zeigt beispielhaft die Unterschiede nivaler Abtragung insbesondere in Abhängigkeit von der jeweiligen pedologischen Situation auf. Auf dem ENE-exponierten Hang sind verbreitet flachgründige Rendzinen entwickelt, die lediglich in den oberen Hanglagen in mittelgründige (schwach podsolige) Braunerden übergehen (siehe Profil 9, Karte 15). Sowohl die Rendzinen als auch die Braunerden sind von einem hohen Grobbodenanteil gekennzeichnet, der im Falle der Braunerden bereits im Oberboden Werte um 50 Gew.-Prozent erreicht, sowie einer stärker sandigen Textur (vgl. Tab. 29 und 30). Wie bereits mehrfach beschrieben, führt vor allem der hohe Skelettgehalt zu einer erhöhten Leistung des nivalen Schurfes. Belege hierfür sind die zahlreich in diesem Bereich auftretenden Schneeschurfblaiken. Gleichsam dürfte auch die hier großflächig ausgebildete *Vaccinium uliginosum*-Gesellschaft (mit Deckungsgraden von *Vaccinium myrtillus* bis 90 %) durch die vergleichsweise starren Zwergsträucher den Schneebewegungen zusätzlichen Widerstand bieten und somit zur erhöhten Abtragung durch nivalen Schurf beitragen.

Einige dieser Blaiken sind im unmittelbaren Oberhangbereich ausgebildet. Dies ist einmal mehr ein Hinweis darauf, daß die nivale Abtragung nicht erst durch bereits in Bewegung befindliche Schneedecken erfolgt.

Im südlichen Bereich des ENE-Hanges ist flächenhaft ein tiefgründiger, schluffig-tonig texturierter alpiner Braunerde-Pseudogley entwickelt. Die Ausbildung in einer etwa 3 dm mächtigen Schuttdecke über tiefreichendem Zersatz der Chiemgauer Schichten bedingt eine Mehrschichtigkeit dieses Bodens (mit Lagerungsdichten-, Skelettgehalt- sowie m. E. auch Bodenartenwechsel; vgl. Tab. 30 und 31), die auch auf dem Farrenleiten die Blattanbruchbildung begünstigt. Der hier ausgebildete, etwa eine 180 m² große Fläche erreichende Blattanbruch bietet mit seiner exakt entlang der Schichtgrenze verlaufenden Scherfläche ein anschauliches Beispiel für diesen Zusammenhang.

Der SW-exponierte Hang ist lediglich im unteren Hangbereich von mehreren Blattanbruchbildungen betroffen. Ursache hierfür ist zum einen die Ausbildung der Braunerden, die im Oberhang noch einen einschichtigen Aufbau zeigen und erst gegen den Unterhang hin mehrschichtig ausgebildet sind (siehe Catena G in Tafel 9). Zum anderen sorgt die in Hangfallrichtung konvexe Hangform in Verbindung mit Neigungen um 27 Grad im

Tab. 33: Charakterisierung des Schadensausmaßes von Wegschäden durch Trittbelastung in Abhängigkeit von der Lithologie/Substrateigenschaften der natürlichen Weguntergründe.

	Schadensausmaß	Charakterisierung der Substrate	Gesteine	Betroffene Gesteinsfolgen im Untersuchungsgebiet
3	Starke Schäden	feinerdereiche, skelettarme Substrate	Zusatz aller veränderlich-festen Gesteine (Mergel, Tonsteine, Tonschiefer), Decksedimente, Kolluvien	<ul style="list-style-type: none"> - Werfener Schichten - Fleckenmergelserie - postglaziale Lockerakkumulationen
2	Geringe bis mittlere Schäden	skelettreicher Hangschutt, skelettreicher Zersatz, Grus	Dolomitzersatz, Moränensedimente, Hangschutt, Kalkverwitterungslehme	<ul style="list-style-type: none"> - Ramsadolomit - Karnisch-norischer Dolomit - glaziale und periglaziale Akkumulationen - Lias in Kalkfazies
1	Keine Schäden	Festgestein	alle kompakten Kalke	<ul style="list-style-type: none"> - Dachsteinkalk - Lias in Kalkfazies

Oberhangbereich für eine deutlich geringere Disposition zu Schneebewegungen und damit nivaler Abtragung. Erst zum Mittelhang hin erreicht die Neigung größere Werte und beträgt im Unterhangbereich 38 Grad.

5.2 Beschreibung der möglichen Einflußparameter

Im Rahmen der Arbeiten auf den Untersuchungsflächen wurden die für die direkt anthropogen bedingten und quasinatürlichen Einzelprozesse relevanten Einflußparameter ermittelt. Teile der Ergebnisse wurden bereits in den Kapiteln 5.1.1 bis 5.1.5 kurz beschrieben. Die so erfaßten möglichen Einflußparameter wurden an weiteren Abtragsformen im Untersuchungsgebiet überprüft und in eine statistische Betrachtung miteinbezogen. Im Falle der Trittschäden durch Wanderer und der Weideschäden wurde aufgrund einer nur unzureichend möglichen Abgrenzung von Einzelformen (dem Narbenversatz und der Wegschäden), bzw. zahlenmäßig zu gering auftretender Abtragsformen (Viehitrittblaiken), von einer statistischen Betrachtung abgesehen und eine qualitative Bewertung vorgezogen.

5.2.1 Trittschädigungen im Rahmen des Sommertourismus

Grundsätzlich gesehen stellt jeder Weg bzw. jede Weganlage bereits eine Bodenschädigung dar. Unbefestigte Wege und Pfade bedingen zwangsläufig eine linienhaft orientierte Schädigung der Vegetation und des Bodens. Die Anlage von Wegen beinhaltet bauliche Maßnahmen durch Trassierungs- und Befestigungsarbeiten und damit erhebliche Veränderungen bis hin zur völligen Abtragung der betroffenen Böden. In der vorliegenden Untersuchung geht es jedoch um darüber hinausgehende Schädigungen durch die eigentliche Wegenutzung.

Das Schadensausmaß der Wegenutzung ist abhängig von zeitinvarianten und zeitvariablen Faktoren. Der vorrangige zeitvariable Einflußparameter ist durch die jeweilige Frequentierungsintensität der Wege gegeben.

Hierzu wurde im Jennergebiet von MANGHABATI (1988) eine Untersuchung durchgeführt, die mit Hilfe aufwendiger Zählungen und Befragungen eine Abschätzung der Frequentierungsintensität ausgewählter Wege erreichte. Als Spitzenwerte seien beispielhaft die Zählungsergebnisse für die Wege von der Jennerbahn-Bergstation zum Jennergipfel bzw. zum Schneibsteinhaus angegeben: Im Mittel begehen in den Sommermonaten etwa 1800 bzw. 1400 Personen pro Tag diese Wege (MANGHABATI 1988: 42, Abb. 6).

Ein weiterer zeitvariabler Einflußparameter ergibt sich aus den klimatischen Bedingungen. Je nach Witterungsverlauf ändern sich die Feuchteverhältnisse der Substrate auf den Wegoberflächen. Wie im Untersuchungszeitraum auf unbefestigten Wegen und Steigen oftmals erlebt werden konnte, verhalten sich insbesondere ton- und schluffreich texturierte Substrate bei stärkerer Durchfeuchtung unter Belastung plastisch. Hieraus resultiert einerseits eine verstärkte direkte Bodenabtragung durch das Lostreten von Bodenmaterial. Andererseits wird bei solchen feuchten Wegen oft auf die Randbereiche des Weges ausgewichen, um ein Ausrutschen zu vermeiden. Damit erfolgt gleichfalls eine Ausweitung der Schäden.

Läßt man diese zeitvariablen Faktoren außer Acht, ergeben sich als besondere Vorbedingungen für ein entsprechendes Schadensausmaß einige zeitinvariante Einflußfaktoren. Diese sind durch den geologisch-pedologischen Untergrund der Wege sowie durch die Neigungsverhältnisse des Weges bestimmt.

Das Schadensausmaß der Trittbelastung auf unbefestigten Wegen und Steigen ist deutlich abhängig von den jeweiligen geologisch-pedologischen Untergrundeigenschaften der Wegflächen. Wie sich im Rahmen der Wegekartierung zeigte, können auch höhengleich geführte Wege (d. h. Neigung des Weges 0°) an mäßig geneigten Hängen z. T. stärkere Trittschäden aufweisen, wenn eine entsprechende Disposition seitens der Lithologie/Substrateigenschaften des Untergrundes vorliegt. Die Schadensanfälligkeit steigt dabei mit abneh-

mendem Skelettgehalt und steigendem Schluff- und Tongehalt des die Wegoberfläche bildenden Substrates. Die gemäß der Kartiererergebnisse getroffene Einstufung der Schadensanfälligkeit unbefestigter Wege bei Trittbelastung sind Tab. 33 zu entnehmen.

Besonders augenscheinlich wird diese substratabhängige Schadensanfälligkeit auf dem aufgelassenen und völlig verwilderten Pfad, der um die Stirn des Königsberggrückens zur Königstalalm führt. In seinem Verlauf quert er drei geologische Einheiten; zunächst Ramsaudolomit, dann Gutensteiner Schichten (dunkle kieselige Dolomite) und schließlich Werfener Schichten. An der Grenze Gutensteiner/Werfener Schichten konnte eine unvermittelt einsetzende Zunahme der Trittschäden festgestellt werden.

Die Neigung eines Wegabschnittes im Hangbereich ist abhängig von der Führung des Weges über den Hang. Als kritischer Wert kann anhand der Geländebeobachtungen in bezug auf eine Schadensanfälligkeit durch Trittbelastung eine Neigung des Weges von 20 Grad angegeben werden. Stärker als 30 Grad geneigte Hänge werden im Rahmen einer Weganlage in der Regel serpentinenartig überwunden, womit eine Herabsetzung der Wegneigung erreicht wird. Die gemäß der Wegeklassifizierung (siehe Karte 7) ausgewiesenen befestigten Wege und Straßen (Forstwege und -straßen) überschreiten diesen Neigungswert im Jennergebiet überwiegend nicht. Kurze steilere Abschnitte der ausgebauten Wanderwege, wie beispielsweise auf dem Weg von der Jennerbahn-Gipfelstation zum Schneibsteinhaus, sind mit Treppenstufen versehen. Die Steilabschnitte der Forststraßen (z. B. auf dem Forstweg zum Schneibsteinhaus auf der Königsbachalm), welche nicht durch Treppenbauten gesichert werden können, bedürfen einer ständigen Kontrolle der Wasserauskehrer sowie des Befestigungsbelages und sind somit sehr wartungsanfällig.

Die unbefestigten Wege und Pfade zeigen ein anderes Bild. Hierbei muß unterschieden werden zwischen Wegen, die in den allgemeinen Wanderkarten und topographischen Karten noch ausgewiesen sind und somit auch noch erhalten und gepflegt werden, und Wegen, Steigen oder Pfaden die im Rahmen einer beabsichtigten Konzentration der Touristenströme in den verschiedenen Kartenwerken nicht mehr eingetragen sind. Solche aufgelassenen Wege gibt es zahlreich im Jennergebiet, die nach Beobachtungen in den vergangenen Sommern aber immer noch stark begangen werden (z.B. der Weg vom Schneibsteinhaus über den Königsberggrücken zur Königstalalm, vgl. Kap. 5.1.3). Während die „offiziellen“, d. h. in den Karten ausgewiesenen weitgehend unbefestigten Wege und Pfade in Steilhangbereichen teilweise mit Treppenstufen versehen sind (unterer Hirschenlauf), gibt es vergleichbare Schutzvorrichtungen für die „inoffiziellen“ Wege nicht. Hierbei sind vor allem einige zu beobachtende Wegabschnitte als problematisch zu betrachten, die trotz Hangneigungen oberhalb von 30 Grad annähernd in Hangfallrichtung verlaufen (z.B. SE-Hang Königstalalm, NW-Hang obere Priesbergalm). Diese Wege (häufig

sind es einfache Trampelpfade) werden in der Regel zu Leitbahnen von Oberflächenabfluß. Die Folgen sind tiefe Einschneidungen durch Rinnenspülung und damit verbundener Materialverluste, wie sie auf dem Pfad von der oberen zur unteren Priesbergalm (NW-Hang) beobachtet werden können.

Bei serpentinenartig angelegten Wegen ergeben sich Probleme im wesentlichen aus einer ungünstigen Wegführung. Ein Serpentinweg auf einem steilen Hang mit wenigen Kehren und kurzen Wegstrecken zwischen den Kehren bedingt beispielsweise zwangsläufig steile Einzelabschnitte, so daß der Nutzen der Serpentinführung des Weges verlorengeht. Ungleich größere Abtragsschäden sind jedoch infolge zu eng geführter Kehren, d. h. zu vieler Kehren für eine jeweilige Neigung und damit zu flach geneigter Wegabschnitte, zu verzeichnen. Derartige Weganlagen verleiten die Wanderer dazu, die Kehren vor allem im Abstieg immer wieder abzukürzen, wie es auf der beschriebenen Wegparzelle (vgl. Kap. 4.3.1.1 und Abb. 7) exemplarisch zu beobachten ist.

5.2.2 Schnee- und Lawinenschurf

Schnee- und Lawinenschurfschäden gehen auf Schneebewegungen zurück, deren Dynamik von einer Vielzahl von Einflußfaktoren abhängig ist. Eine Grobcharakterisierung dieser zahlreichen Faktoren ergibt sich aus einer Unterteilung in einen zeitvariablen klimatisch bedingten Faktorenkomplex (mit Witterungsverlauf, Niederschlagshäufigkeit und -intensität, Strahlung und davon abhängiger Schneehöhen, Schneedeckenaufbauten usw.) sowie die zeitinvarianten reliefbedingten (Neigung, Exposition, Hangform und -länge, Rauigkeit) und edaphisch-lithologisch (Bodenaufbau, Skelettanteil, Solummächtigkeit) bedingten Faktorenkomplexe. Vermehrt anthropogen bedingte Einflußfaktoren sind desweiteren in Form von Art und Grad der Vegetationsbedeckung gegeben.

Aus den Meßergebnissen der schneehydrologischen Untersuchungen auf der Königsbergalm (RAU 1992, 1993a) läßt sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Schneedeckensituation der Winter 1991 bis 1993 (siehe Abb. 13 und 14) und der Zunahme von Abtragsschäden (vgl. Kap. 5.1.1) erkennen. In Verbindung mit der absoluten Schneehöhe ist vor allem der vertikale Schneedeckenaufbau (Temperaturgradient, Wassergehalt, Lagerungsdichtenwechsel, Schichtung) für eine Labilität der Schneedecke und einer daraus resultierenden Gleit- bzw. Rutschdisposition von Bedeutung. Die Ergebnisse von RAU (1992, 1993a) deuten hierbei auf die im Rahmen der Geländearbeiten beobachteten, gegenüber den Vergleichswintern umfangreichen Schneedeckendynamik im Ausgang des Winters 1991/92 hin (siehe Kap. 4.3.2.1).

Die Entwicklung der Schneehöhe und des Schneedeckenaufbaus unterliegt im Verlauf eines Winters einer hohen Variabilität, so daß sich die allgemeine Schneedeckensituation im Untersuchungsgebiet je nach den zeitvariablen klimatischen Gegebenheiten,

Tab. 34: Flächenanteile für Höhenlage, Hangneigung, Exposition und Realnutzung im Untersuchungsgebiet bezogen auf die Gesamtfläche und die Lichtweideflächen. Quelle: NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN; Geographisches Informationssystem.

Höhenlage (m ü. NN)	Prozent Gesamtfläche	Prozent Lichtweidefläche	Hangneigung (Altgrad)	Prozent Gesamtfläche	Prozent Lichtweidefläche
500 – 599	0,3	0,4	0– 9	9,5	17,3
600 – 699	13,3	5,5	10–19	16,9	21,4
700 – 799	4,2	1,0	20–29	26,4	28,9
800 – 899	3,7	1,0	30–39	31,5	28,7
900 – 999	3,6	0,5	40–49	11,3	2,8
1000 – 1099	4,0	0,7	50–59	3,7	0,8
1100 – 1199	6,9	5,5	> 60	0,6	0,1
1200 – 1299	6,1	10,5			
1300 – 1399	6,5	9,7			
1400 – 1499	7,4	7,8			
1500 – 1599	8,2	12,5			
1600 – 1699	9,9	20,2			
1700 – 1799	7,1	11,9			
1800 – 1899	6,0	7,8			
1900 – 1999	5,1	3,7			
2000 – 2099	3,9	1,0			
2100 – 2199	2,4	0,3			
> 2200	1,2	0			
Exposition (Neugrad)	Prozent Gesamtfläche	Prozent Lichtweidefläche	Realnutzung (Ökosystemtyp)	Prozent Gesamtfläche	
eben	6,7	0	Fels	20,0	
0 – 24 (N)	4,1	3,1	Alpine Rasen	5,1	
25 – 49 (NO)	5,2	5,6	Latschen	3,9	
50 – 74 (NO)	2,0	2,9	Zwergstrauch- heiden/Grün- erlengeb.	1,1	
75 – 99 (O)	2,4	4,7	Wald	50,3	
100 – 124 (O)	1,0	1,2	Weide, Wiese	10,5	
125 – 149 (SO)	3,4	5,5	Skipiste	0,6	
150 – 174 (SO)	1,2	1,2	Naßstandorte	0,5	
175 – 199 (S)	2,0	1,6	Gewässer	6,8	
200 – 224 (S)	6,2	5,0	Siedlung	1,2	
225 – 249 (SW)	8,9	10,1			
250 – 274 (SW)	12,8	11,7			
275 – 299 (W)	11,9	12,6			
300 – 324 (W)	15,1	10,4			
325 – 349 (NW)	7,7	15,4			
350 – 374 (NW)	6,6	3,5			
375 – 399 (N)	6,7	5,4			
N	10,8	8,5			
NO	7,2	8,5			
O	3,4	5,9			
SO	4,6	6,7			
S	8,2	6,6			
SW	21,7	21,8			
W	27,0	23,0			
NW	14,3	18,9			

d. h. dem Witterungsverlauf (Niederschlag, Temperatur, Strahlung) völlig unterschiedlich gestalten kann. Im Hinblick auf eine standardisierte Erfassung hieraus abzuleitender Gefährdungspotentiale können somit Angaben zu der jeweiligen Schneedeckensituation trotz ihrer zentralen Bedeutung für das nivale Abtragungsgeschehen nicht herangezogen werden.

Neben den klimatischen Einflußfaktoren ist vor allem das Relief als vorrangige Regelgröße für die Intensität der Schneebewegungen von Bedeutung. Die Höhenla-

ge und die Exposition als Reliefparameter sind dabei noch als indirekte Einflußfaktoren über ihre Wirkung auf die lokalen klimatischen Gegebenheiten anzusehen. Insofern stellen sie ein Bindeglied zum klimatisch bedingten Faktorenkomplex dar. Direkte Wirkung auf das schneedynamische Geschehen besitzen hingegen die Reliefparameter Neigungsverhältnisse, Hangformen und das Mikrorelief.

Die *Höhenlage* bestimmt über eine höhenabhängige Niederschlagsverteilung gleichzeitig auch die damit

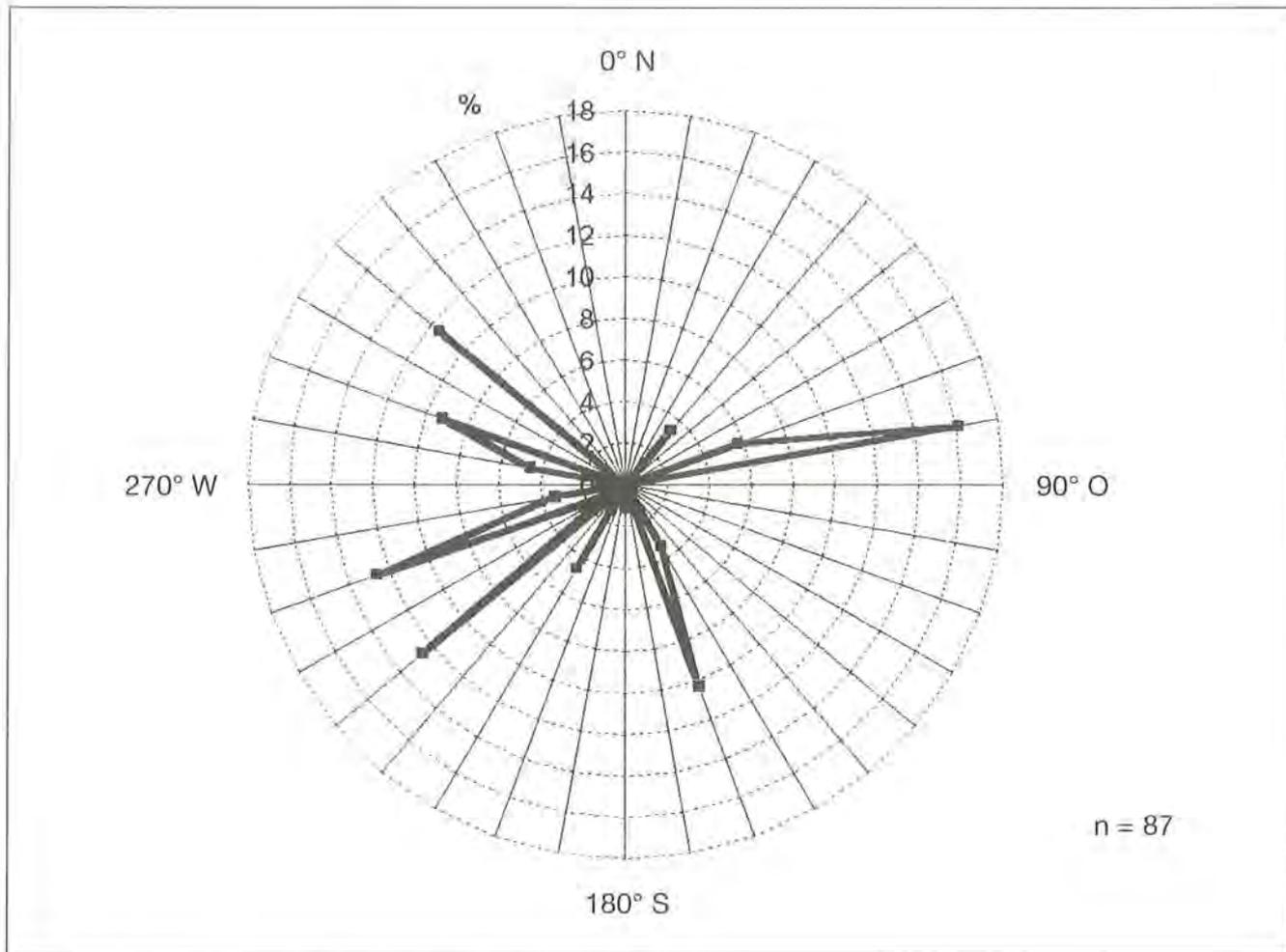


Abb. 34: Anzahl der Schneeschurfblaken in Abhängigkeit von der Exposition.

zusammenhängenden Schneehöhen, woraus sich formal eine Zunahme der Schneebewegungen mit der Höhe ableiten ließe. Wie bereits für andere Bereiche der Alpen beschrieben (vgl. MÖSSMER 1985a; BLECHSCHMIDT 1989), zeigt sich auch im Jennerggebiet eine höhenabhängige Verteilung der Nivationschäden. Eine deutliche Konzentration der Abtragschäden in Höhenlagen zwischen 1400 und 1800 m ü. NN (96,7 %) wird im Untersuchungsgebiet jedoch durch eine entsprechende höhenorientierte kultur-räumliche Gestaltung der Landschaft überlagert. Ein Großteil der Almen liegt in diesem Höhenabschnitt (siehe Tab. 34).

Mit der *Exposition* ist analog zur Höhenlage ein Einflußfaktor gegeben, der die lokalklimatischen Gegebenheiten in Form von Sonn- oder Schattseitenexposition bestimmt. Hiervon abhängig ist die Schneehöhenentwicklung, vor allem aber die Schneedeckenaufbauentwicklung im Laufe eines Winters. In der Analyse der expositionsbedingten Abhängigkeit der Schneeschurfchäden im Jennerggebiet zeigt sich allerdings kein signifikanter Zusammenhang mit einer jeweiligen Exposition (siehe Abb. 34), so daß die Exposition ebenso wie die Höhenlage nicht als signifikante Einflußgröße herangezogen werden konnte.

Die *Hangneigung* stellt die zentrale Regelgröße für Feststofftransporte und damit auch für Schneebewegungen dar. Wie aus zahlreichen vorangegangenen Untersuchungen (u. a. KIENHOLZ 1977; GRÜNDER 1984; MÖSSMER 1985a; ZWECKL & SPANDAU 1987; SONNTAG 1989; BLECHSCHMIDT 1989) bereits bekannt ist, bestätigen auch die Ergebnisse im Untersuchungsgebiet eine Anfälligkeit von Hängen innerhalb eines „potentiellen Hanginstabilitätsbereiches“ (MOSER 1986: 67 f.) von 30 bis 40 Grad (siehe Abb. 35) für Massenbewegungen.

In Hangbereichen unterhalb von 30 Grad Neigung waren keine Schneeschurfchäden festzustellen. Hieraus ist abzuleiten, daß auf Hängen mit weniger als 30 Grad Neigung denudativ wirkende Schneebewegungen nur noch untergeordnet oder gar nicht mehr ablaufen. Oberhalb von 44 Grad lösen dann vermehrt gravitative Vorgänge von Stürzen, die mehr oder weniger einen freien Fall beinhalten, die Gleit- und Rutschvorgänge ab.

In bezug auf die Hangformen ist eine eindeutige Dominanz in Hangfallrichtung konkaver bis gestreckter Ausprägung der durch Schneeschurf geschädigten Hänge zu erkennen (vgl. Kap. 5.1.1 bis 5.1.5).

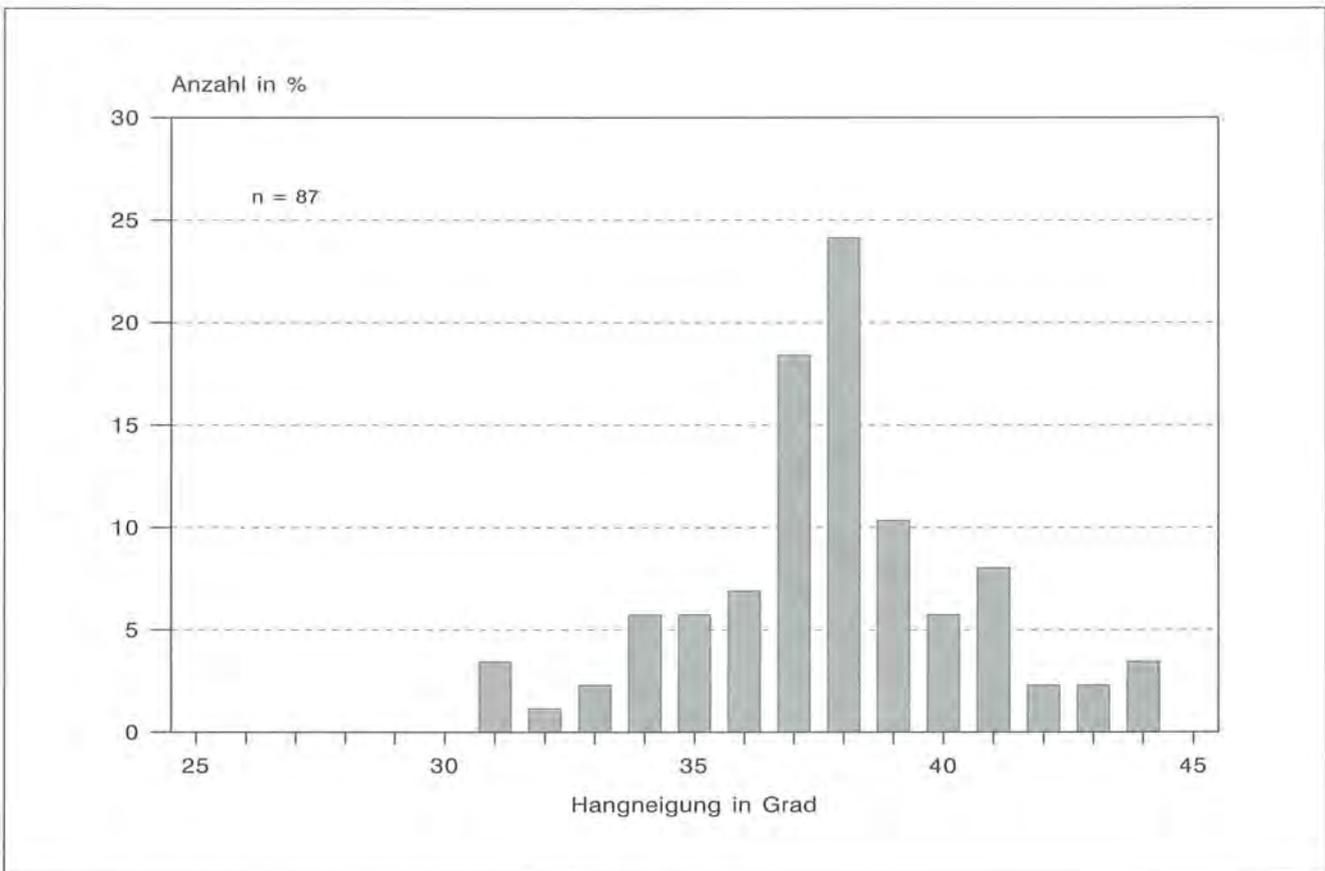


Abb. 35: Anzahl der Schneeschorfblaiken in Abhängigkeit von der Hangneigung.

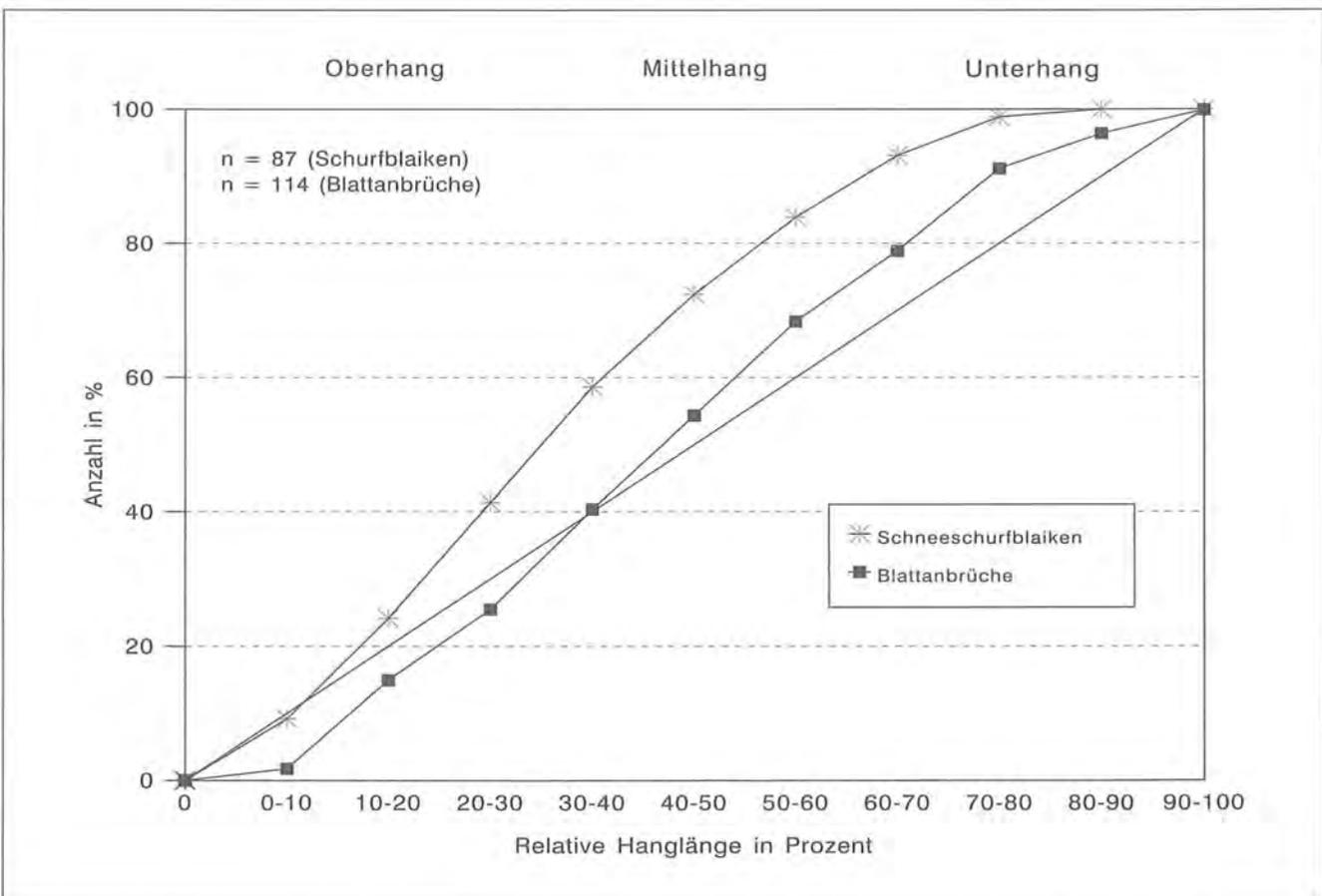


Abb. 36: Verteilung der Schneeschorfblaiken und Blattanbrüche im Hang.

Im Hinblick auf ihre Position im Hang zeigen die Abtragsformen eine stetige Abnahme der Einzelformen zum Unterhang hin (siehe Abb. 36). Aufgrund der Tatsache, daß 9,2 Prozent der Schneeschurfbläiken in direkter Oberhanglage ansetzen, geht folglich der Beginn der Schurfarbeit der sich bewegenden Schneedecken zeitgleich einher mit dem Einsetzen der Bewegung. Die Abnahme der Schneeschurfschäden in den häufig stärker mikroreliefierten Unterhangbereichen (Vergangelung) deutet auf eine dort mit der Erhöhung der *Rauhigkeit* und der Verflachung des Hanges einhergehende Verringerung der Schurfleistung im Zuge eines Abbremsens der Schneebewegungen hin. Oberhalb einer Neigung von 30 Grad wirkt sich dagegen eine verstärkte Mikroreliefierung förderlich auf eine Erhöhung der Schurfschäden aus. Hierauf weist die flächenhafte Ausweitung der Weideschäden durch Schneeschurfvorgänge auf dem NW-Hang der Königstalalm hin (siehe Kap. 5.1.2).

Die beschriebenen Reliefparameter wirken ausschließlich steuernd auf die Intensität der schneedynamischen Vorgänge. Demgegenüber besitzen die edaphisch-lithologischen Faktoren Wirkung auf die Schurfleistung und damit auf das Schadensausmaß der Schneebewegungen. Die Ergebnisse der bodenkundlichen Kartierarbeiten auf den Untersuchungsflächen zeigen eine vorrangige Abhängigkeit des Auftretens

der Schneeschurfschäden und ihres Schadensausmaßes von dem *Skelettgehalt*, der *Solummächtigkeit* und dem *Feinbodensubstrat* der jeweiligen Böden (siehe Abb. 37). Im Einzelfall können die Bodeneigenschaften betroffener Böden dabei durchaus auch als das Resultat der Abtragung verstanden werden.

Die flächenhaft umfangreichsten Schäden von Schneeschurfprozessen sind an das Auftreten von skelettreichen Rendzinen aus Hartkalken oder Dolomiten sowie diesen Gesteinen auflagernden Kolluvien mit geringer Solummächtigkeit gebunden. Der Fortgang der Abtragung bewirkt bei diesen Böden in jedem Fall eine Erhöhung der nivalen Schurfleistung. Verantwortlich hierfür ist der oberflächennah hohe Skelettgehalt der betroffenen Böden. Dieser wirkt sich in Form eines Verstärkungseffektes auf die Schurfleistung aus, wenn die Grasnarbe durch die Abtragung verletzt wird und grobes Gesteinsmaterial von der Schneedecke mitgerissen wird. Insofern ist die Solummächtigkeit (vgl. Abb. 37) nur als Indiz für die Grobbodenverhältnisse zu sehen, da Böden mit geringer Solummächtigkeit im Untersuchungsgebiet aufgrund der Nähe des Anstehenden unter der Bodenoberfläche und den verbreitet auftretenden Festgesteinen im Untergrund in der Regel hohe Grobbodenanteile aufweisen.

Neben dem hohen Grobbodenanteil kennzeichnet die besonders stark von nivalem Schurf betroffenen flach-

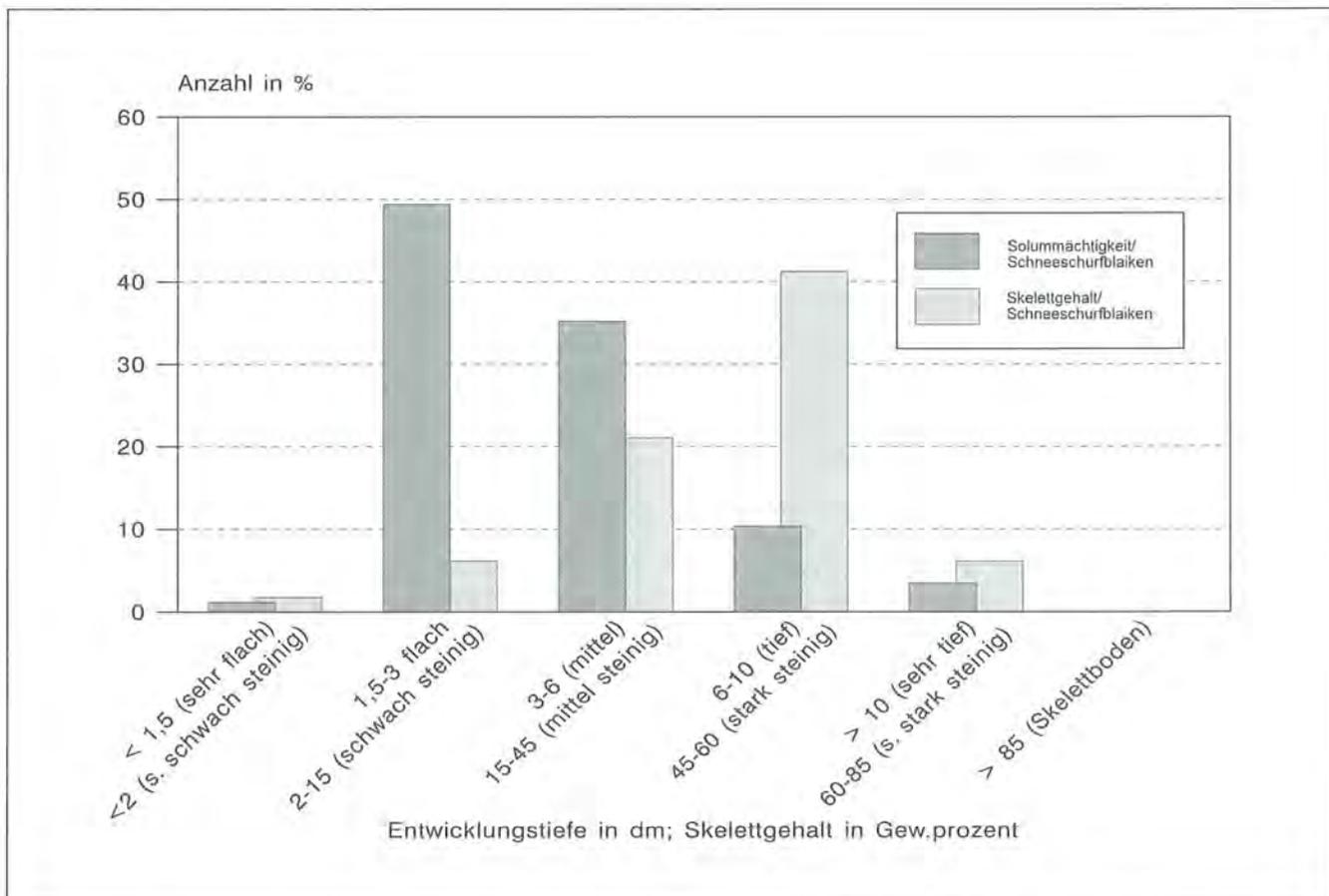


Abb. 37: Anzahl der Schneeschurfbläiken in Abhängigkeit von Solummächtigkeit und Skelettgehalt der betroffenen Böden.

gründigen Rendzinen und Kolluvien zugleich ein überwiegend hoher Anteil gröberer Feinbodenkomponenten mit deutlich sandiger Matrix. Aufgrund der geringen Kohäsion der groben Bodenkomponenten sind diese Substrate gegenüber nivaler Abtragung anfälliger als feinkörnige Substrate. Demgemäß zeigen die tiefgründigen, skelettärmeren Böden mit zumeist schluffreichen bzw. lehmig-bindigen Substraten auf den Almen keine oder nur untergeordnete Schädigung durch Schneeschurf. Hervorgegangen sind diese Böden im Untersuchungsgebiet überwiegend aus den Verwitterungsprodukten der mergelig-kieseligen Kalkfaziesgruppen der Jurafolgen. Die wenigen hier zu beobachtenden Schäden gehen auf sekundäre Ausweitung bereits vorhandener Abtragungsschäden (Narbenversatzschäden, Schneedruckblaiken) zurück. Aufgrund der Auflockerung des bereits geschädigten Bodens und der damit verbundenen Gefügezerstörung sind somit Ansatzpunkte für weitere Abtragung durch nivalen Schurf gegeben. Die unverletzten Böden kennzeichnet demgegenüber eine hohe Kohäsion innerhalb der feinkörnigen Matrix. In Kombination mit einem zumeist hohen Organikanteil auch der Unterbodenhorizonte ergibt sich hieraus ein stabiles Bodengefüge und damit die relative Stabilität dieser Böden gegenüber der Schurfbelastung.

Eine Ausnahme bilden hierbei die Schneedruckvorgänge auf einzelne größere Hindernisse (Büsche, junge Bäume, Felsbrocken). Schneedruckblaiken sind überwiegend im Bereich dieser tiefgründigen Böden festzustellen und bewirken hier umfangreichere Materialverluste. Aufgrund der selten eindeutig möglichen Ansprache der damit verbundenen Abtragsformen, konnten diese Vorgänge jedoch nicht getrennt von den Schurfprozessen betrachtet werden.

Ein entscheidender Einflußfaktor für die Nivation insgesamt, ist die Art und der Grad einer Vegetationsbedeckung. Ein geschlossener Wald verhindert weitgehend Schneebewegungen. Beleg hierfür ist, daß Nivationsschäden innerhalb geschlossener Wälder im Untersuchungsgebiet nicht festgestellt werden konnten. Aufgelichtete Wälder lassen demgegenüber Schneebewegungen zu, wodurch auf solchen Standorten sofort auch Abtragungsschäden zu verzeichnen sind (z. B. an den ostexponierten Hängen der Sillenköpfe).

Die waldfreien Bereiche unterhalb der natürlichen Waldgrenze gehen auf die Kulturnahme durch den Menschen zurück. Durch den Verlust des Waldes wurde eine stark erhöhte Abtragunganfälligkeit dieser Bereiche geschaffen. Über die Jahrhunderte hinweg wurde diese durch Pflegemaßnahmen annähernd ausgeglichen. Die heute unpfleglich betriebene Weidewirtschaft hat dagegen eine „Verwilderung“ der Weiden zur Folge, die eine deutlich erhöhte Abtragung bewirkt. Von Bedeutung ist hier vor allem eine nur noch ungenügende Beweidung oder Mahd der steilen Weidengänge. Die Folgen sind zum einen eine direkte Bodenabtragung durch das Ausreißen einzelner hochragender Grasbüschel oder -horste (z. B. von *Nardus*

stricta oder *Deschampsia caespitosa*) und zum anderen das flächenhaft zu lange Gras, welches sich unter der Schneelast teppichartig talwärtig niederlegt (Lahnergras). Dieses begünstigt Schneebewegungen und führt damit indirekt zu einer erhöhten Abtragungsleistung.

Mangelnde Almpflege bedeutet aber auch, daß das Schwenden aufkommender Bäume und Büsche sowie die Räumung größerer Gesteins- oder Felsbrocken ausbleibt. Dadurch sind Angriffspunkte für Schneedruckvorgänge gegeben, die eine Ausweitung der Abtragungsschäden mit sich bringen.

5.2.3 Blattanbruchbildung

Wie die Schneeschurfschäden werden auch die Blattanbrüche von Schneebewegungen erzeugt, auf deren Dynamik weitgehend die gleichen klimatischen und reliefbedingten Einflußfaktoren wirken. Abweichungen ergaben sich lediglich im Hinblick auf die Analyseergebnisse der Reliefparameter Exposition und Hangneigung.

Hinsichtlich der Exposition konnte eine Konzentration eines Großteils der Blattanbruchschäden (57,8 %) auf SW-exponierten Hängen festgestellt werden (siehe Abb. 38). Die vermehrte Ausbildung von Blattanbrüchen in SW-exponierten Lagen ist im Untersuchungsgebiet jedoch nicht so sehr auf eine expositionsbedingte – infolge der Sonnlage – erhöhte Schneedynamik zurückzuführen. Vielmehr zeigen die weiteren Untersuchungsergebnisse eine deutliche Abhängigkeit der Blattanbruchbildungen von bestimmten Bodeneigenschaften, welche zugleich die Böden zahlreicher SW-exponierten Hänge kennzeichnen (vgl. Tab. 34).

Ursache hierfür ist die überwiegende Bindung dieser gegenüber der Blattanbruchbildung anfälligen Böden an die jurassischen Sedimentfolgen als geologischen Untergrund, bzw. die aus deren Verwitterungsprodukten hervorgegangenen Hangschuttdecken. Die vorrangige Ausrichtung der durch diese Gesteinsserien aufgebauten Rücken entlang einer teilweise tektonisch bedingten NW-SE Streichrichtung im Bereich des Hagengebirgswestrandes (Ruck, Farrenleiten, Roßfeld; vgl. geologische Karten von HAHN 1985 und LANGENSCHIEDT 1981) verursacht somit indirekt die expositionsabhängige Verteilung der Blattanbrüche im Untersuchungsgebiet. Eine vergleichbare Abhängigkeit der Blattanbruchbildung von der Exposition wie sie für das Untersuchungsgebiet von ZWECKL & SPANDAU (1987: 125) sowie auch für andere Bereiche der nördlichen Kalkalpen beschrieben wurde (MÖSSMER 1985b: 85; BLECHSCHMIDT 1990: 37) konnte somit nicht festgestellt werden.

Die Häufigkeitsverteilung der Hangneigungswerte der von Blattanbruchbildungen betroffenen Standorte, zeigt gegenüber der Neigungswerteverteilung der Schurf-schäden ein um etwa 5 Grad zum flacheren hin verschobenes Spektrum. Einige wenige, zumeist undeutlich ausgebildete Blattanbrüche sind bereits in 26 Grad

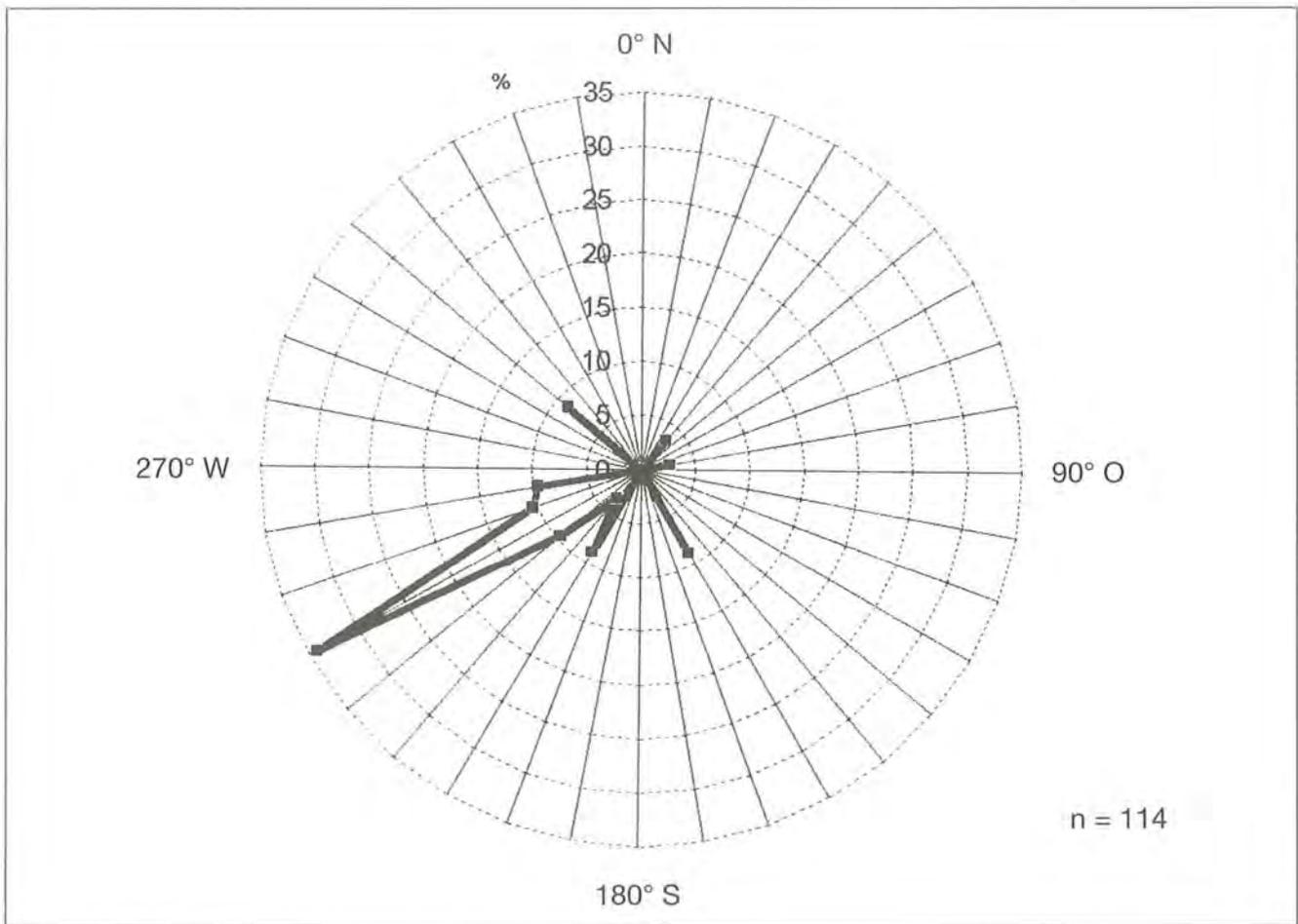


Abb. 38: Anzahl der Blattanbrüche in Abhängigkeit von der Exposition.

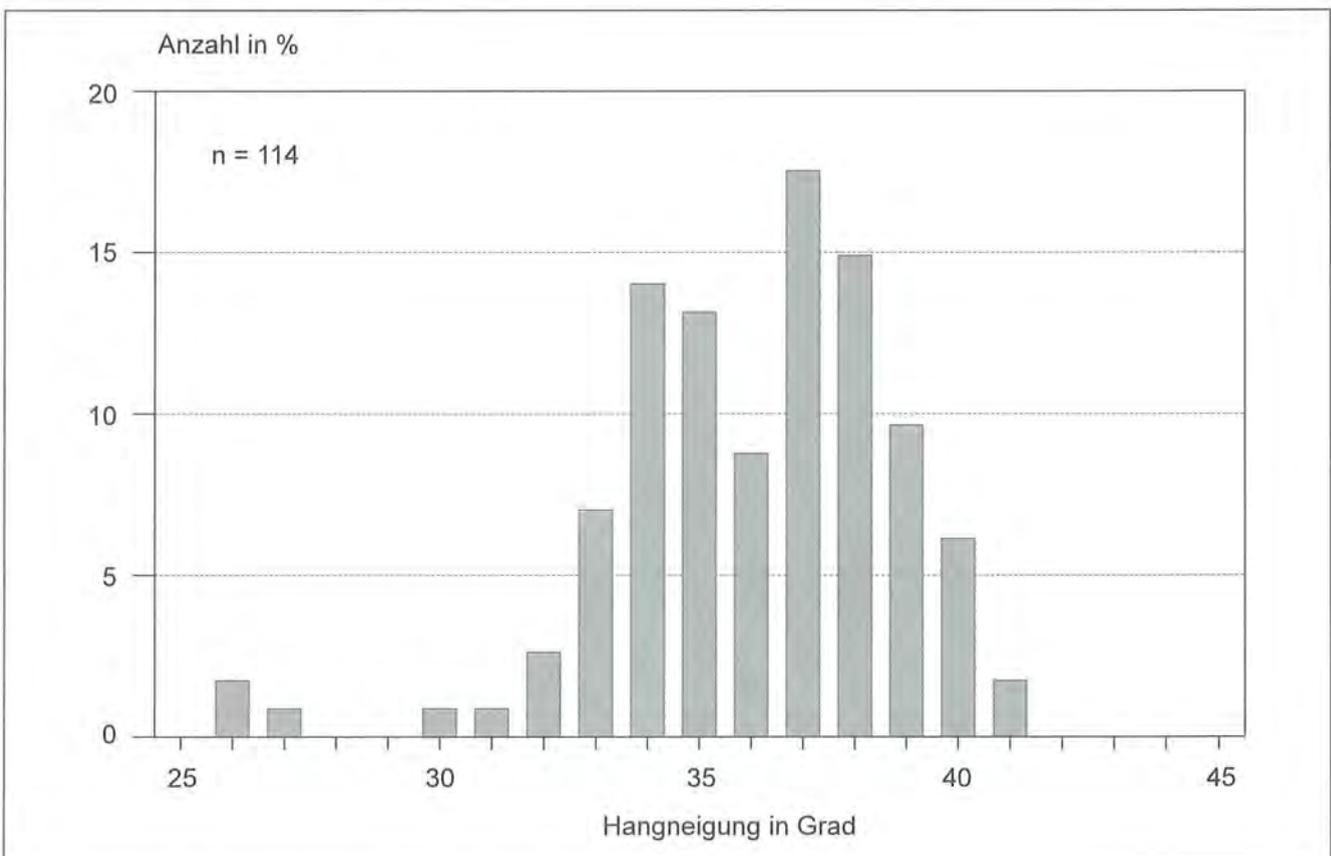


Abb. 39: Anzahl der Blattanbrüche in Abhängigkeit von der Hangneigung.

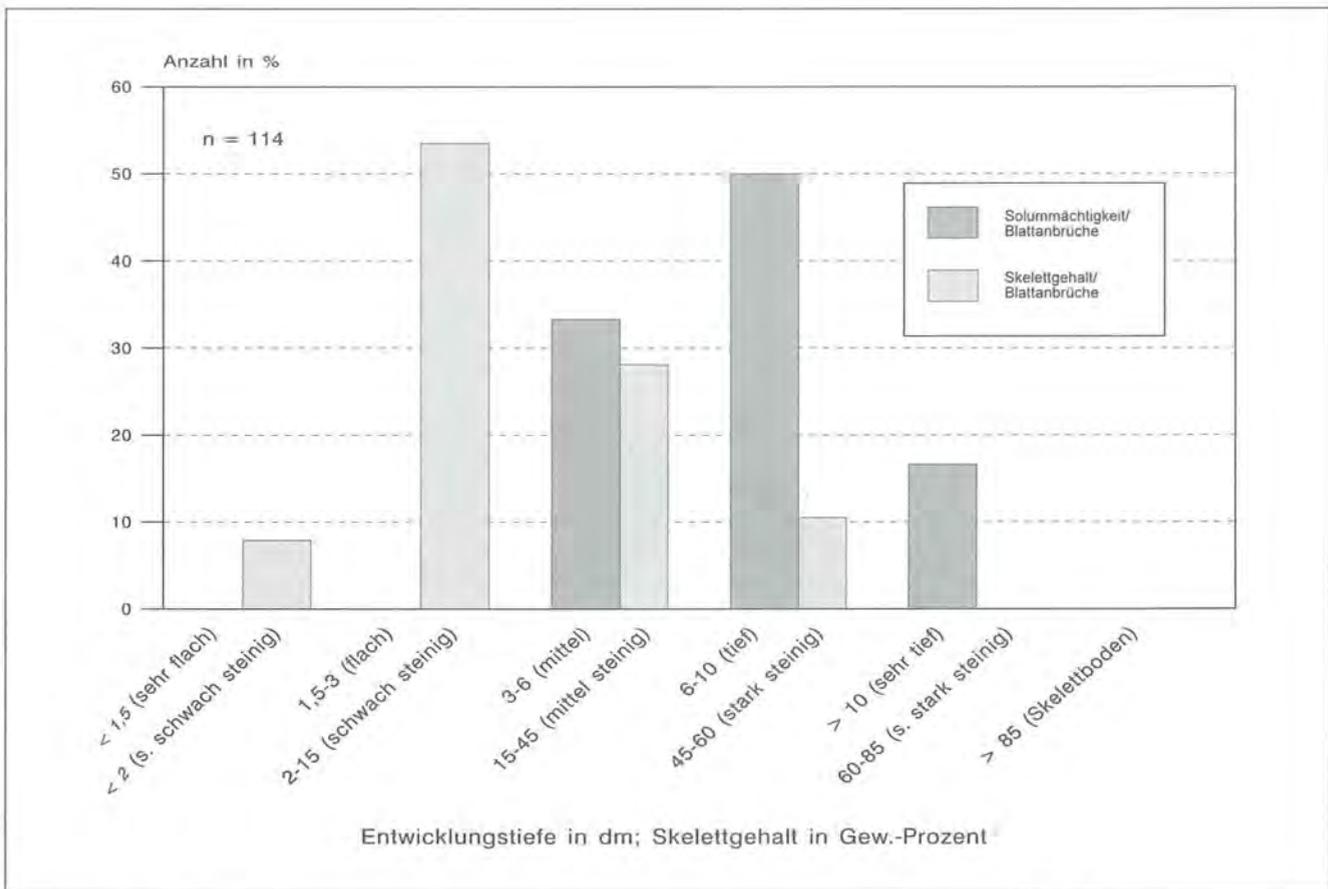


Abb. 40: Anzahl der Blattanbrüche in Abhängigkeit von Solummächtigkeit und Skelettgehalt der betroffenen Böden.

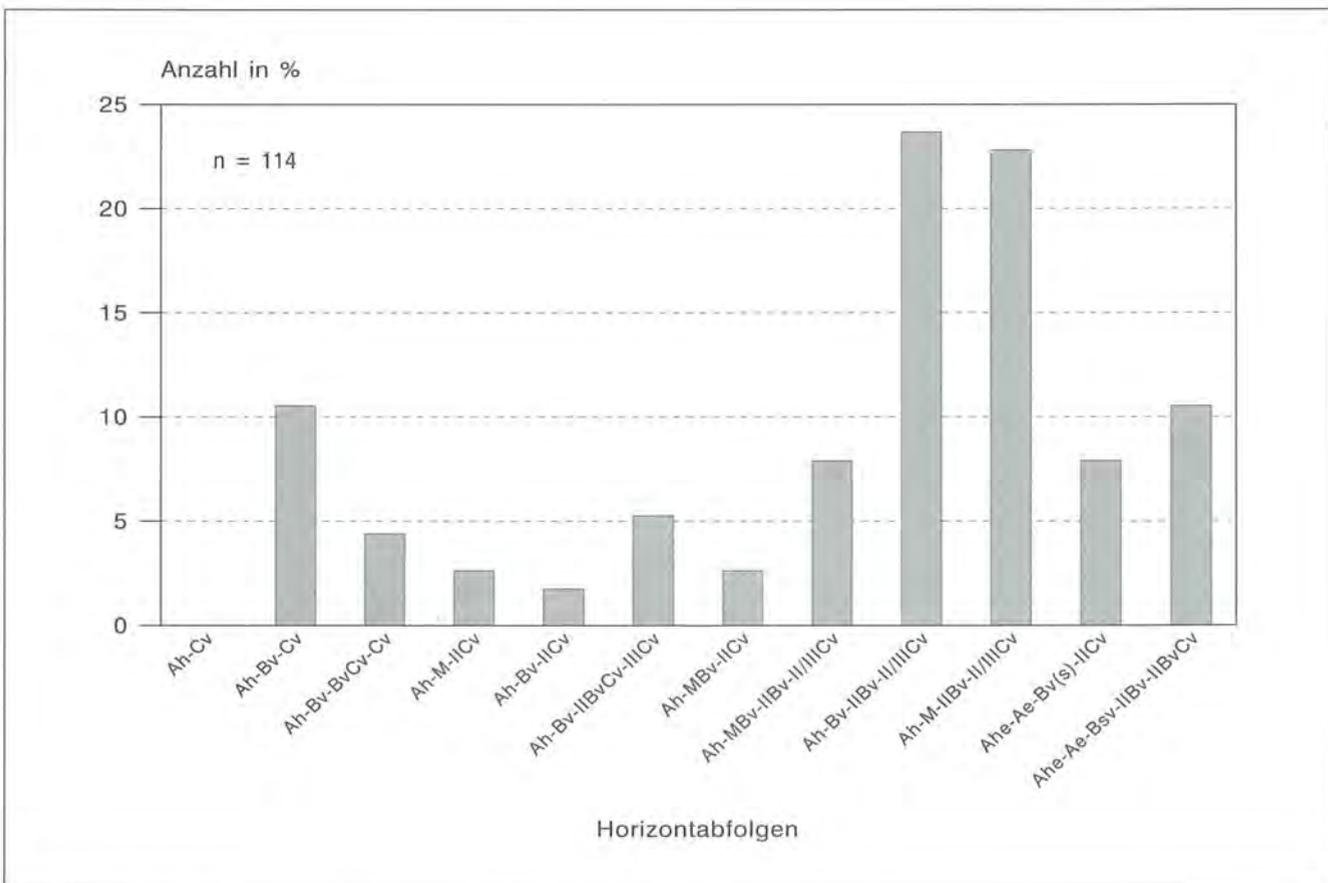


Abb. 41: Anzahl der Blattanbrüche in Abhängigkeit vom vertikalen Aufbau betroffener Böden.

geneigten Hanglagen (in flach auslaufenden Unterhangbereichen) zu beobachten (vgl. MÖSSMER 1985b: 86). In Steilhanglagen treten Blattanbrüche bis zu maximalen Neigungen von 41 Grad auf, wobei 78 Prozent aller Blattanbrüche im Untersuchungsgebiet in einem Neigungsbereich von 34 Grad bis 39 Grad anzutreffen sind (siehe Abb. 39).

Die ungleich drastischere Bodenabtragung der Blattanbruchbildung ist gegenüber dem nivalen Schurf zurückzuführen auf grundlegend andere Vorbedingungen des geologischen Untergrundes, des oberflächennahen Untergrundes und der Bodeneigenschaften. Wie bereits in Kap. 2.2 zur Geologie ansatzweise beschrieben, sind es bevorzugt die aus Verwitterungsprodukten mergelig-toniger Kalkfazies der Jurafolgen („Almhorizonte“) und untergeordnet auch aus Werfener-Gesteinszersatz hervorgegangenen Böden, welche in besonderem Maß von Blattanbruchbildungen betroffen sind. Entscheidend sind hierbei die Parameter Solummächtigkeit, Substrateigenschaften und Schichtungsverhältnisse bzw. vertikaler Bodenaufbau.

Wie Abb. 40 zu entnehmen ist, betreffen Blattanbruchbildungen ausschließlich mittel- bis sehr tiefgründige Böden, wobei der weitaus größte Teil der geschädigten Böden Solummächtigkeiten zwischen 80 und 120 cm aufweisen. Die Mächtigkeit des Solums ist auch hier wiederum nur Indiz für eine in diesem Fall zumeist ausgebildete Mehrschichtigkeit der tiefgründigen Böden, welche für den genetischen Ablauf der Blattanbruchbildung von entscheidender Bedeutung ist.

Im Laufe der bodenkundlichen Profilaufnahmen an den Abrißkanten von Blattanbrüchen zeigte sich schnell, daß die Untergrenze der verlagerten Bodenmaterialien stets mit einer deutlichen Horizont- oder Schichtgrenze innerhalb des vertikalen Bodenaufbaus zusammenfällt. In diesem Fall entsprechen die Mächtigkeiten der abgetragenen Schollen jeweils denen der hangenden Bodenschichten benachbarter unverletzter Böden. Die Entwicklung der Böden in mehreren übereinandergelagerten Hangschuttdecken bedingt hierbei eine diskontinuierliche Gliederung einzelner bodenphysikalischer Parameter im vertikalen Bodenaufbau, die sich in mehreren sprunghaften Änderungen der Skelettgehalte, der Textur des Feinbodens und der effektiven Lagerungsdichten nach unten hin äußert. Den Beleg für die Anfälligkeit derart geschichteter Böden gegenüber der Blattanbruchbildung liefert Abb. 41: 86 Prozent der Blattanbrüche im Untersuchungsgebiet sind in Mehrschichtböden entwickelt.

Die entscheidenden aber nicht zwingend auch anzutreffenden Merkmale der von der Blattanbruchbildung betroffenen Böden sind in Abb. 42 aufgeführt.

Aus dieser vertikalen Bodengliederung ergibt sich in bezug auf eine Scherbelastung durch Schneebewegungen eine höhere Standfestigkeit der liegenden Bodenschichten gegenüber den oberen feinkörnigen und locker gelagerten Deckschichten. Damit weisen die Mehrschichtböden eine natürlicherweise präformierte

- Heterogener Bodenaufbau mit deutlich ausgebildeter Schichtgrenze,
- Mächtigkeit der hangenden Schicht einschließlich des humosen Oberbodens von minimal 20 bis maximal 50 Zentimetern,
- Wechsel innerhalb der Feinbodenkörnung entlang der obersten Schichtgrenze (in der Regel von IU zu uL),
- Deutliche Zunahme der Grobbodenanteile unterhalb dieser Schichtgrenze (zumeist von etwa 30 % auf über 50 %),
- Zunahme der effektiven Lagerungsdichte unterhalb dieser Schichtgrenze (um etwa 0,2 bis 0,5 g/cm³).

Abb. 42: Kennzeichnende Merkmale innerhalb der vertikalen Bodengliederung für die Labilität von Böden gegenüber der Blattanbruchbildung.

hangparallele Labilitätszone gegenüber mechanischer Beanspruchung durch Schneebewegungen auf.

Ein gemeinsamer Wurzelhorizont der Pflanzen innerhalb der Rasen- bzw. Weidegesellschaften, wie ihn SCHAUER (1975: 14 f.) als maßgebliche Ursache für die Blattanbruchbildung beschreibt, konnte bei den bodenkundlichen Untersuchungen an den Blattanbrüchen kaum festgestellt werden. Hiergegen spricht auch die häufig sehr uneinheitliche floristische Artenzusammensetzung der Rasengesellschaften, bei gleichzeitig hoher Artenvielfalt. Es war vielmehr öfters zu beobachten, daß zahlreiche Wurzeln (vor allem der Tiefwurzler *Veratrum album* und *Chaerophyllum villarsii* aber auch einiger Weidegräser, vgl. Kap. 5.1.1 bis 5.1.5) über die Schichtgrenzen und damit über die Scherflächen des Abtragungsvorganges der Blattanbruchbildung hinaus tiefer reichen und deshalb von dem Schervorgang gekappt wurden.

Eine Ausnahme bildet der SE-exponierte Hang der Königstalalm (vgl. Untersuchungsfläche III, Kap. 5.1.3). Die dort anzutreffende Zwergstrauchheide (*Vaccinium uliginosum*-Gesellschaft) im zentralen Hangbereich wird fast ausschließlich von *Calluna vulgaris*, *Potentilla erecta*, *Vaccinium myrtillus* und *Nardus stricta* bestimmt. Diese Pflanzen bilden in einer Tiefe von 25 bis 35 cm Tiefe eine deutliche Durchwurzelungsgrenze aus, welche innerhalb des bezogen auf die Substrateigenschaften vertikal relativ homogenen Bodenaufbaus der Braunerden eine deutliche Inhomogenität bedingt. Die oberhalb stark durchwurzelten Bodenbereiche zeigen gegenüber den tieferen, nur gering bis nicht durchwurzelten Bereiche, eine deutlich geringere effektive Lagerungsdichte, womit innerhalb dieser Bodenprofile die Scherfläche durch die Durchwurzelungstiefe vorgegeben ist.

Unterhalb dieser Durchwurzelungsgrenzen ausgebildete Ausspülungshorizonte (vgl. SCHAUER 1975: 15)

konnten an keinem der untersuchten Böden festgestellt werden. Hiergegen spricht bereits die gegenüber den Beschreibungen von SCHAUER (1975: 17) geringe Verspülbarkeit der schluffreichen Bodenmaterialien. Wie in Kap. 5.1.2.2 erläutert, kennzeichnet die Almböden im Untersuchungsgebiet in der Regel ein hoher Organikgehalt, der auch im Unterboden noch Werte um 1 bis 3 Gew.-Prozent erreichen kann. Dieser bewirkt aufgrund der hiermit verbundenen günstigen physikalischen Eigenschaften (hohe Aggregatstabilität) in Verbindung mit verbessertem Wasserhaushalt der Böden die geringe Erodierbarkeit bzw. Verspülbarkeit der Substrate.

Eine Auswirkung der dominanten Wuchsformen auf die Blattanbruchbildung hinsichtlich ihrer oberirdischen Morphologie konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Nach den Ergebnissen der vegetationskundlichen Untersuchung sind die zu beobachtenden Artenverschiebungen, z. B. in Richtung eines *Deschampsia caespitosa*-Stadiums im direkten Umfeld der Blattanbrüche, eher die Folge als die Ursache der Abtragsvorgänge. Da sowohl in Zwergstrauchheiden, als auch in horstgrasreichen bis hin zu von der Wuchsform her völlig differenzierten Beständen Blattanbrüche ausgebildet sind, kann für das Untersuchungsgebiet von einer weitgehenden Unabhängigkeit der Abtragungsvorgänge von der Rasenzusammensetzung und damit den Durchwurzelungsverhältnissen ausgegangen werden.

5.2.4 Viehtritt

Das Ausmaß von Viehtrittschäden ist in erster Linie von der jeweiligen Intensität der Beweidung abhängig. Auf die diesbezügliche Problematik hinsichtlich der heute nicht mehr üblichen Behirtung der Weidetiere wurde bereits in Kap. 4.3.2.2 hingewiesen. Im Rahmen der Feldbegehungen konnten bestimmte räumliche Verteilungsmuster der Schäden festgestellt werden, wobei flachere Unterhangbereiche, steilere Einstiege in die Weidehänge sowie Bereiche in der näheren Umgebung der Almhütten besonders stark geschädigt sind. Die Schäden in diesen Bereichen sind hauptsächlich auf einen sehr häufigen Begang zurückzuführen. Mit der Beweidungsintensität ist jedoch ein Einflußparameter gegeben, der für eine standardisierte Ausscheidung gefährdeter Bereiche nicht geeignet ist.

Unter der Vorgabe gleicher Beweidungsintensität ergeben sich allerdings eine Reihe von Einflußfaktoren, die sich auf das Schadensausmaß auswirken. Diese setzen sich aus Hangneigung, Bodeneigenschaften und Zustand der Grasnarbe zusammen. Von entscheidender Bedeutung ist zudem der Bodenwassergehalt der Almböden. Vor allem im Verlauf von feuchter Witterung und der damit verbundenen temporären Instabilität der Böden (vgl. Kap. 4.3.2.2.2) bewirkt die Viehtrittbelastung drastische Schäden.

Eine flächenhaft verbreitete Vergangelung von Hangbereichen wurde ausschließlich in Hanglagen oberhalb

von 25 Grad Neigung beobachtet. Mit einer starken Vergangelung auf derart geneigten Weidehängen geht auch immer eine deutliche Tendenz zum Narbenversatz einher. Bei fortgesetzter Beweidung können somit alle erfaßten, bereits geschädigten Bereiche sowie alle auskartierten vergangelten Weidebereiche gleichzeitig auch als gefährdete Standorte für Narbenversatz oder weitergehende Trittblaikenbildung angesehen werden. Auf geringer bis nicht geneigten Almflächen lassen sich Weideschäden einzig in direkter Umrahmung der Almkaser oder im Bereich unweit von diesen befindlichen bevorzugten Ruheplätzen der Weidetiere feststellen.

Umfangreichere Viehtrittschäden betreffen vor allem lehmige, schluffreiche bis tonige, relativ skelettarme, mittel- bis tiefgründige Böden. Diese unterliegen aufgrund ihres Wasserhaushaltes (hohes körnungsbedingtes Wasserbindungsvermögen bei gleichzeitig hohem Wasserangebot durch Hangzugs- und Niederschlagswasser) im Laufe der sommerlichen Beweidungszeiten häufig einer starken Vernässung. Dies hat eine erhöhte Verformbarkeit der Böden im Zuge eines plastischen Verhaltens der Bodenmaterialien zur Folge, die bei fortgesetzter Beweidung die Abtragung begünstigt (vgl. Kap. 4.3.2.2.2). Ein hoher Skelettgehalt wirkt dieser Verformbarkeit entgegen.

Einer intakten Grasnarbe kommt insofern Bedeutung zu, als sie durch ihr Wurzelwerk die oberen Bodenbereiche zu stabilisieren vermag und somit erhöhten Widerstand gegenüber der Verformung bzw. einen erhöhten Eindringwiderstand gegenüber Punktbelastungen (Huf) erzeugt (vgl. HORN 1984: 10 f.).

5.3 Ableitung von Gefährdungspotentialen gemäß der Einflußparameter

Unter der Maßgabe einer leichten Nachvollziehbarkeit bei der Ausscheidung der durch die jeweiligen Abtragungsvorgänge gefährdeten Bereiche im Untersuchungsgebiet Jenner wurde versucht, sich weitgehend auf eine Differenzierung zwischen „gefährdet“ und „nicht gefährdet“ zu beschränken. Dies ist zugleich einer vereinfachten Abgrenzung von schutz- oder auch sanierungsbedürftigen Bereichen förderlich.

• Hangneigung:	oberhalb von 30°
• Bodeneinheiten:	4, 5, 6, 9, 10, 28 *
• Realnutzungstyp:	waldfrei (geschlossener Wald)

Abb. 43: Vorschriften für die Flächenverschneidung zur Ausscheidung der durch Schnee- und Lawinenschurf gefährdeten Bereiche. (* Angaben zu den Bodeneinheiten sind im Anhang zusammengefaßt).

Tab. 35: Einflußfaktoren des Reliefs auf die Schurfleistung von Schneebewegungen.

Stärker gefährdet	Weniger bis nicht gefährdet
Langgestreckte Glatthänge	Stärker reliefierte Hangbereiche mit häufigem Wechsel der Hangformen (konvex, konkav)
Konkave Hangformen	Konvexe Hangformen
Stärker mikroreliefierte Unterhangbereiche bei glattem Oberhang	Über die gesamte Hanglänge stärker mikroreliefierte Hänge (z. B. mit Viehgangeln)
Hänge mit vereinzelt aufkommendem jungen Baumwuchs, Buschwerk oder größerer Grashorste	Blockreiche Hänge und Buckelwiesenhänge
Hänge mit verstreuten Steinen oder Felsbrocken auf der Hangfläche	
Hänge mit bereits bestehenden Blaiken oder anderen Bodenverwundungen	

5.3.1 Abtragungsvorgänge im Rahmen des Sommertourismus

Für eine Abgrenzung durch Trittbelastung abtragungsgefährdete Wanderwege wurden nur solche Wege betrachtet, die im Rahmen der Wegeklassifizierung (Kap. 4.1.6, Karte 7) als unbefestigte, d. h. nicht geschotterte Wege, Pfade und Steige bezeichnet sind. Die Ausscheidung gefährdeter Wegabschnitte berücksichtigt hierbei folgende Parameter:

- Wegneigung > 20°
- ungünstige Wegführung von Serpentinewegen (subjektive Einschätzung)
- Lithologie/Substrateigenschaften der Wegoberflächen, bzw. des Weguntergrundes (gemäß Zeile 1 und 2 in Tab. 33)

5.3.2 Schnee- und Lawinenschurf

Unter der Vorgabe von über dem Boden ablaufenden Schneebewegungen (Schneerutsche, Grund- bzw. Bodenlawinen), wird die schadbringende Wirkung des nivalen Schurfes im wesentlichen durch die Neigungsverhältnisse und die Bodeneigenschaften bestimmt. Da in geschlossenem Wald keine Schneebewegungen bzw. keine mit diesen verbundenen Schäden beobachtet wurden, wird hier davon ausgegangen, daß eine intakte Waldbedeckung nivale Massenabtragung verhindert.

Die Ausscheidung der durch Schnee- und Lawinenschurf gefährdeten Bereiche konnte mit Hilfe des GIS erfolgen, wobei für die Vorschriften der Verschneidung die in Abb. 43 aufgeführten Maßgaben herangezogen wurden.

Die so ermittelten Flächen können anhand nicht zu standardisierender Reliefmerkmale, die Art und Umfang der schadbringenden Schneebewegungen zu

steuern vermögen, überprüft bzw. auch weiter differenziert werden. Für konkretere Fragestellungen ist gegebenenfalls vor Ort zu prüfen, ob und in welcher Form die einzelnen Reliefmerkmale auch in Kombination miteinander von Bedeutung sind. Dabei können in diesem Zusammenhang Steine, kleinere Felsblöcke oder auch junger Baumwuchs als Mikroreliefmerkmale angesehen werden. Als Richtlinien können die in Tab. 35 aufgeführten Beispiele dienen.

5.3.3 Blattanbruchbildung

Die Disposition zur Blattanbruchbildung ergibt sich aus der Hangneigungsstärke, aus den labilen Bodeneigenschaften sowie aus dem Grad einer Waldbedeckung.

Die herangezogenen Informationen der forstlichen Standortkartierung (FREYER 1988) reichen in bezug auf den Einflußfaktor Bodeneigenschaften für eine konkret nachvollziehbare und auch exakte Ausscheidung durch Blattanbruchbildung gefährdeter Flächen nicht aus. Hierfür wäre eine Bodenkarte gemäß der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODENKUNDE 1982) notwendig. Diese liegt nicht vor und konnte im Rahmen dieser Arbeit für das Jennergebiet auch nicht erstellt werden. Daher wurde versucht, die auf den Untersuchungsflächen auskartierten Bodeneinheiten mit den Bodeneinheiten der forstlichen Standortkartierung zu parallelisieren, um so eine Extrapolation der Ergebnisse von den Untersuchungsflächen (vor allem hinsichtlich der Schichtungsverhältnisse der Böden) auf das gesamte Untersuchungsgebiet zu erreichen. Die Bodeneinheiten der forstlichen Standortkartierung wurden diesbezüglich im Gelände punktuell überprüft und die Legenden abgestimmt (siehe Anhang). Für die Entwicklung exakter Gefährdungspotentiale, auch hinsichtlich einer für den gesamten Nationalparkbereich gültige Verschneidungsvorschrift, muß auf eine zukünftige Erstellung einer Bodenkarte des Jennergebietes bzw. des Nationalparks gewartet werden.

• Sehr labil:	Böden mit der Horizontabfolge Ah – Bv – IIBv – IICv, IIICv Ah – M – IIBv – IICv, IIICv Ah – M, Bv – IICv, IIICv Ah – M – fAh – IIM – IIIBv(Cv)
• Mäßig labil:	Böden mit der Horizontabfolge Ah – Bv – Bv – Cv (Durchwurzelungsgrenze !) Ah – Bv – BvCv – Cv (deutlich ausgebildete Horizontgrenze) Ah – M – IIBv – IICv (M < 10 cm)
• Stabil:	Böden mit der Horizontabfolge Ah – BvCv – Cv Ah – Cv Ah – Cn

Abb. 44: Labilitätsstufen von Böden gegenüber der Blattanbruchbildung in Abhängigkeit ihres vertikalen Horizontaufbaus.

• Hangneigung:	oberhalb von 30°
• Bodeneinheiten:	11, 12, 13, 28, 29
• Ökosystemtyp:	waldfrei

Abb. 45: Vorschriften für die Flächenverschneidung zur Ausscheidung der durch Blattanbruchbildung gefährdeten Bereiche.

Gemäß der in Abb. 42 aufgeführten Merkmale für eine vorliegende Bodenlabilität und mit Hilfe der in Abb. 41 dargestellten Abhängigkeit des Auftretens der untersuchten Blattanbrüche von den Horizontabfolgen der betroffenen Böden wurde eine Einschätzung der Anfälligkeit der Almböden gegenüber der Blattanbruchbildung anhand der jeweiligen Horizontabfolgen vorgenommen. Die Einteilung der Horizontabfolgen in die einzelnen Labilitätsstufen ist Abb. 44 zu entnehmen. Als gefährdet konnten somit die in Abb. 45 aufgeführten Bodeneinheiten bestimmt werden. Unter Einbezug dieser Bodeneinheiten und gemäß der weiteren Vorschriften in Abb. 45 konnten mittels einer Flächenverschneidung innerhalb des GIS durch Blattanbruchbildung gefährdete Areale im Untersuchungsgebiet ausgewiesen und in der Karte der potentiellen Massenabtragungsbereiche dargestellt werden.

Für die durchgeführte Verschneidung wurde als unterer Grenzwert der Hangneigung der Wert 30 Grad eingesetzt. Nach den Ergebnissen aus der Analyse der Neigungsverhältnisse der von Blattanbruchbildungen betroffenen Standorte (siehe Abb. 39), wäre 25 Grad der korrekte Wert. Diese Abweichung wurde jedoch

notwendig, da die Neigungsstufen im verwendeten GIS derzeit nur in 10 Grad Stufen vorliegen und somit eine Verschneidung mit Hangflächen oberhalb von 25 Grad Neigung nicht möglich waren.

Die für die Blattanbruchbildung verantwortlichen Schnee-bewegungen unterliegen hinsichtlich Art und Umfang, analog zu dem nivalen Schurf, ebenso steuernden Einflüssen durch bestimmte Merkmale der Hangformen und des Mikroreliefs. Die hierfür in Frage kommenden Einflußfaktoren sind in Tab. 36 aufgeführt.

5.3.4 Viehtritt

Die Entwicklung eines Gefährdungspotentials Viehtrittschäden, welcher die Ergebnisse einer Einflußparameteranalyse zugrunde liegen, wurde nicht durchgeführt und erscheint auch nicht sinnvoll. Denn prinzipiell sind alle Standorte durch Abtragung gefährdet, die einer übermäßigen Beweidung ausgesetzt sind. Anhand von Geländebeobachtungen im Rahmen der bodenkundlichen Aufnahmen der Untersuchungsflächen können allerdings Aussagen über erhöht schadensanfällige Böden gemacht werden (vgl. Kap. 5.2.4). Da gleichzeitig größere Flächen mit Viehgangeln ausschließlich in Hanglagen oberhalb von 25 Grad Neigung festzustellen waren, können zur groben Abgrenzung von durch Viehtritt besonders gefährdeten Bereichen die in Abb. 46 aufgeführten Vorschriften für eine entsprechende Flächenverschneidung gelten.

5.4 Weitere Gefährdungspotentiale

Die hier zusammengefaßten weiteren Gefährdungspotentiale beziehen sich gegenüber den bisherigen Betrachtungen nur untergeordnet auf eine potentielle Gefährdung durch Bodenabtragung. Vielmehr stehen bei

Tab. 36: Einflußfaktoren des Reliefs auf die Disposition zur Blattanbruchbildung.

Stärker gefährdet	Weniger bis nicht gefährdet
Langgestreckte Glatthänge	Stärker reliefierte Hangbereiche mit häufigem Wechsel der Hangformen (konvex, konkav)
Konkave Hangformen	Konvexe Hangformen Über die gesamte Hanglänge stärker mikroreliefierte Hänge (z.B. mit Viehgangeln) Blockreiche Hänge und Buckelwiesenhänge

• Hangneigung:	oberhalb von 20°
• Bodeneinheiten:	6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 28, 29
• Ökosystemtyp:	Weide

Abb. 46: Vorschriften für die Flächenverschneidung zur Ausscheidung der durch Viehtrittbelastung gefährdeten Bereiche.

der fluvialen Abtragung, den im Jennergebiet mit der fluvialen Abtragung eng zusammenhängenden Rutschungsvorgängen und ergänzend der Lawinensituation, Massenbewegungen allgemein im Vordergrund. Hiermit verbunden sind Gefährdungen hinsichtlich erhöhter Feststofffrachten der Wildbäche und auch Abtragung von Boden- und Gesteinsmaterial. Mit der Lawinensituation geht sowohl eine Gefährdung in bezug auf Boden- und Gesteinsabtragung als auch gleichzeitig eine Gefährdung für menschliche Einrichtungen (Siedlungen, Wege, Lifanlagen etc.) einher.

5.4.1 Abtragungsvorgänge in fluvial geprägten Einzugsbereichen

Fluvialer Abtragung (Tiefen- und Seitenerosion mit der Ausbildung von Ufer- und Feilenabrüchen) unterliegen vorrangig umfangreichere Lockerakkumulationen im näheren Einzugsbereich der Fließgewässer (vgl. Kap. 4.2.2.3.1). Aus diesem Grund wurde für die Abgrenzung durch fluviale Abtragung gefährdete Bereiche im Rahmen der Fließgewässerkartierung auch eine Erfassung der potentiellen Feststoffherde durchgeführt. Die so ermittelten Feststoffherde wurden als Flächen direkt in die Karte der potentiellen Massenabtragungsbereiche eingetragen.

Da in diesen Lockergesteinskörpern an den Einhängen der Fließgewässer gleichzeitig auch die Translationsrutschungen ablaufen (vgl. Kap. 4.2.2.3.2), ist mit der Erfassung der Feststoffherde gleichsam die Abgrenzung der durch translationsförmige Rutschungen gefährdeten Bereiche gegeben.

Durch Rotationsrutschungen gefährdete Bereiche können durch das Auftreten entweder mächtiger Lockergesteinskörper oder veränderlichfester Gesteine im direkten Einflußbereich der Fließgewässer abgegrenzt werden. Da in Lockergesteinen ausgebildete Rotationsrutschungen bisher nicht festgestellt werden konnten, ist davon auszugehen, daß die Mächtigkeiten der im Jennergebiet vorhandenen Lockergesteinskörper

für eine Entwicklung rotationsförmiger Rutschungen nicht ausreichen. Demnach beschränken sich Rotationsrutschungen auf die Bereiche von veränderlichfesten Gesteinen in Ufer- oder Quellnähe.

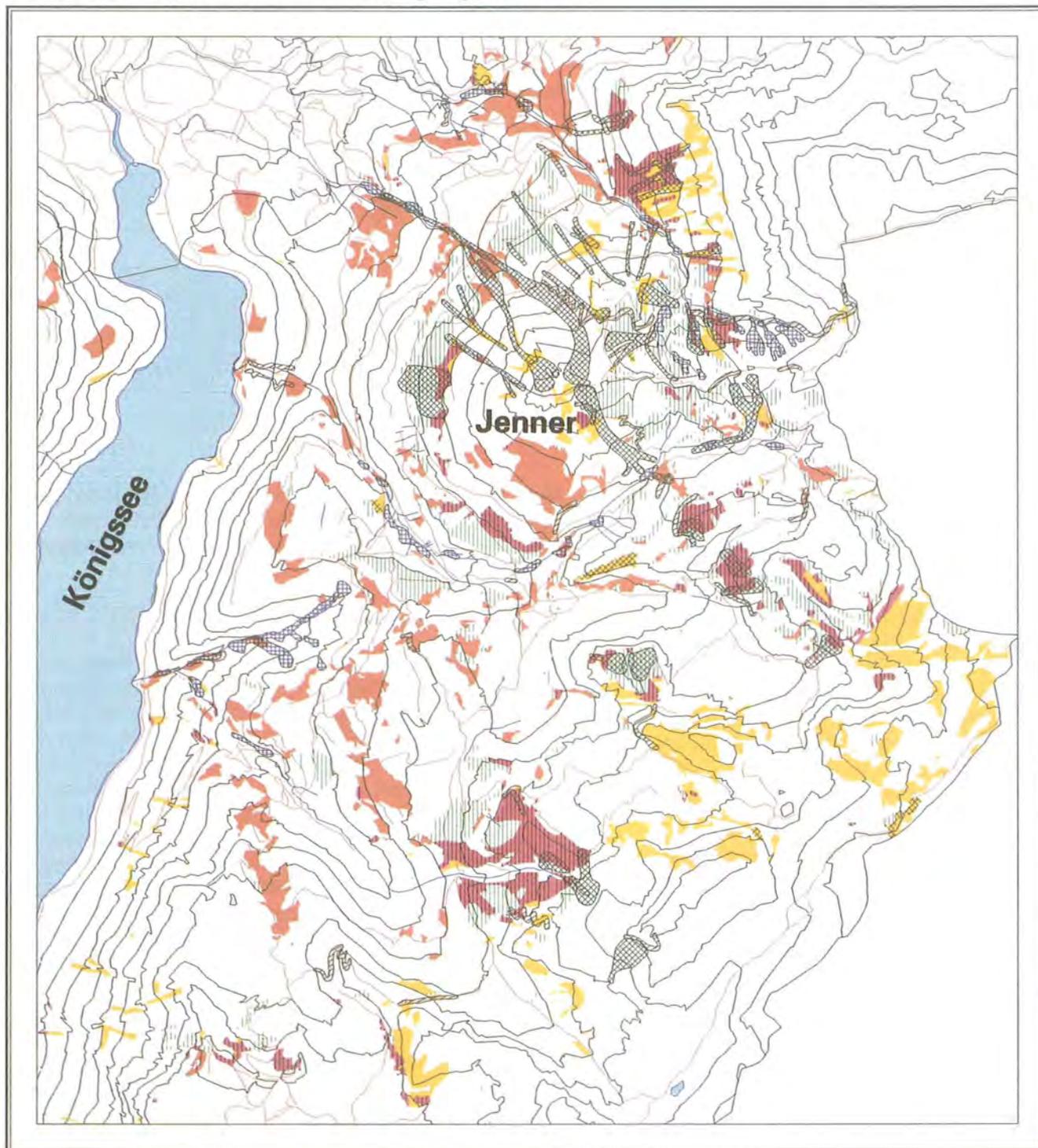
5.4.3 Lawinensituation

Für den nördlichen Teil des Arbeitsgebietes, im Umrahmung des Jenner, ist die Lawinensituation in Form einer Lawinenkatasterkarte (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1991, Blatt 8444 Hoher Göll) erfaßt. In diese sind jedoch nur Lawinengassen oder weitere häufig bestrichene Bereiche eingetragen, in denen eine Gefährdung von menschlichen Einrichtungen gegeben ist. Für das restliche Untersuchungsgebiet und ergänzend zum Lawinenkataster, mußten deshalb vermehrt von Lawinenabgängen betroffene Bereiche lokalisiert werden. Hierzu dienten zum Teil die Ergebnisse eigener Beobachtungen vor Ort in den Frühjahren 1991 und 1992, Ableitungen aus Betrachtungen der Geländegestalt waldfreier Hangbereiche und vor allem die Befragung eines Ortskundigen. Die so gewonnenen Informationen wurden gemeinsam mit den aus der Lawinenkatasterkarte übernommenen Lawinenstriche in die Karte der potentiellen Massenabtragungsbereiche eingetragen.

5.5 Karte der potentiellen Massenabtragungsbereiche

Die gemäß der entwickelten Vorschriften und anhand der Geländearbeiten ermittelten potentiellen Erosions- und Abtragungsbereiche im Jennergebiet sind in Karte 16 zusammengefaßt dargestellt. Alle hierin ausgewiesenen Bereiche unterliegen aufgrund ihrer naturräumlichen Ausstattung einer potentiellen Gefährdung durch Massentransport- oder Massenselbstbewegungsvorgänge. Im Vordergrund stehen dabei stets von diesen Vorgängen ausgehende Gefährdungen hinsichtlich einer Boden- und auch Gesteinsabtragung.

Karte 16: Potentielle Massenabtragungsbereiche



- Blattanbruchbildung, stark gefährdet
- Blattanbruchbildung, mäßig gefährdet
- Schneeschurf, gefährdet

- Nationalparkgrenze
- Wege
- Fließgewässer

- Viehtritt, gefährdet
- Fluviale Abtragsprozesse (Feststoffherde)
- Schnee- u. Lawinendynamik
- Trittschädigung (Wege)

1 km

Quelle: GIS (ARC INFO)-Verschnidungen 1992
Kartengrundlage: GIS Nationalpark Berchtesgaden

6 Zusammenfassung

Weite Teile der Alpen unterliegen heute in besonderem Maß einer Gefährdung durch schädigende geomorphologische Prozesse. Dieser Zustand ist das Resultat einer Entwicklung, welche vor Jahrhunderten mit der Nutzungnahme und damit verbundener Rodung der Wälder in weiten Teile des Alpenraumes in Gang gesetzt worden ist.

Ausgehend von der Tatsache, daß geomorphologische Prozesse im Hochgebirge ohnehin mit besonderer Intensität ablaufen, kann im Verlauf der letzten Jahrzehnte eine deutliche Zunahme von Abtragsschäden vor allem in den Kulturlandschaftsbereichen der Alpen beobachtet werden. Erklärbar wird dies, wenn man berücksichtigt, daß der überwiegende Anteil der Abtragungsvorgänge in einer Kulturlandschaft zwar nach dem Vorbild natürlicher Prozesse ablaufen, jedoch sowohl durch das Wirken des Menschen initiiert sind, als auch durch Übernutzung und neuerdings auch durch Unternutzung weiter Bereiche kulturlandschaftlich geprägter Alpenregionen verstärkt werden.

Bei der Betrachtung der für die Schadenzunahme verantwortlichen Abtragungsvorgänge und Massenbewegungen stand im Rahmen dieser Untersuchung daher der anthropogene Einfluß im Vordergrund. Soweit dieser Einfluß auch im Gelände nachweisbar war, sollten die Wirkungen auf die Prozeßabläufe und deren Auswirkungen aufgezeigt werden. Um dieser Aufgabenstellung Rechnung zu tragen, wurden die abtragungswirksamen Prozesse anhand des Grades der jeweiligen anthropogenen Einflußnahme in folgende Kategorien eingeteilt:

- Direkt anthropogen bedingte Abtragungsvorgänge: sie sind geprägt durch ein unmittelbares Verursachen von Abtragsschäden durch den Menschen.
- Quasinatürliche Prozesse: sie sind durch Eingriffe des Menschen initiiert und sind in der Regel auch weiterhin hinsichtlich ihrer Schadenswirkung anthropogen beeinflusst; die Prozesse laufen aber nach natürlichen Gesetzmäßigkeiten ab.
- Weitgehend natürliche Prozesse: Bei diesen Prozessen ist eine anthropogene Einflußnahme nicht gegeben oder nicht abschätzbar.

Ziel der Untersuchung war es zunächst, alle in einem abgegrenzten Untersuchungsgebiet auftretenden schadenswirksamen Einzelprozesse und die damit verbundenen Abtragsschäden in diese Kategorien einzuordnen. Als Untersuchungsgebiet wurde hierfür ein 3344 ha großer Ausschnitt des Nationalparks Berchtesgaden ausgewählt, welcher in Hinsicht auf die Zielsetzung der Arbeit besonders geeignet erschien. Für die Wahl des Arbeitsgebietes waren dabei folgende Faktoren entscheidend:

- die geologisch-tektonischen Verhältnisse, die sich neben dem Vorkommen ausgedehnter Dachstein-

kalkbereiche durch ein verhältnismäßig verbreitetes Vorkommen von Gesteinen mergelig-kieseliger Jurakalkfazies (z. B. Fleckenmergel-Serie, Chiemgauer Schichten) – den „Almhorizonten“ – und darüberhinaus durch ein Auftreten zahlreicher weiterer Gesteinsfolgen im Verlauf der Torrener-Joch-Störungzone auszeichnen. Hieraus ergibt sich hinsichtlich der lithologischen Verhältnisse eine besondere Vielfalt;

- die umfangreichen Abtragserscheinungen in Verbindung mit einem entsprechend vielfältigen Prozeßinventar;
- der hohe Kulturlandschaftsanteil, der sich äußert in einem engräumigen Wechsel naturnaher Wälder sowie noch forstlich genutzter Wälder mit noch almwirtschaftlich genutzten oder bereits aufgelassenen Lichtweideflächen;
- die intensive touristische Nutzung;
- und die bereits langjährige Forschungsgeschichte des Jennergebietes, verbunden mit einer guten Datendokumentation früherer Untersuchungen.

Für die Erfassung der rezenten abtragungswirksamen Prozesse wurde eine geomorphologische Übersichtskartierung vorgenommen. Aus den Ergebnissen dieser Kartierarbeiten wurde eine geomorphologische Grundlagenkarte erstellt, in welcher sowohl die aktuellen geomorphologischen Prozesse als auch der teilweise aus diesen resultierende geomorphologische Formenschatz zusammengefaßt wurden. Mit Hilfe dieser geomorphologischen Grundlageninformationen konnte eine Karte der vorliegenden Massenabtragsformen erstellt werden, die weitgehend alle Abtragserscheinungen enthält.

Auf der Basis dieser geomorphologischen Kartierarbeiten können Aussagen zur Entstehung der einzelnen Abtragsformen und zum Ablauf der hierfür verantwortlichen Abtragungsvorgänge gemacht werden. Als Abtragsformen überwiegen sogenannte „Blaiken“, worunter allgemein vegetationslose oder nur schütter bewachsene Flächen bzw. Hohlformen am Hang verstanden werden. Die Schadenssituation im Untersuchungsgebiet Jenner stellt sich in Abhängigkeit von den einzelnen Abtragungsvorgängen und der aus diesen resultierenden Schadensart wie folgt dar:

- Entlang der Wege sind vielfältige Formen von Abtragsschäden zu erkennen. Sie sind auf mechanische Belastung der Vegetationsdecke und des Bodens durch Bergwanderer zurückzuführen. Die Schäden zeigen sich dabei in Abhängigkeit vom Wegtyp und der Wegführung in unterschiedlicher Ausprägung. Von dieser Betrachtung sind alle befestigten Wege wie die Forststraßen und -wege ausgeschlossen. Sie blieben im Rahmen dieser Untersuchung unberücksichtigt. Umfangreichere Schädigung der Vegetation und nachfolgend des Bodens mit Materialverlusten sind in erster Linie an serpentinenartig geführte Wege in mäßig steilen Hanglagen (20 bis

30°) gebunden. Auf diesen werden die Kehren von den Wanderern immer wieder abgekürzt, wodurch eine Vielzahl von Wegabschneidern und damit flächenhafte Trittblaiken entstehen. Demgegenüber unterliegen die Substrate der Oberflächen in Hangfallrichtung geführter Wege und Pfade in der Regel deutlicher Verdichtung und bilden so Leitbahnen für oberflächlich abfließendes Wasser nach Niederschlägen. Die hierauf folgenden Eintiefungen durch Linearerosion sorgen dann für Materialverluste. Auf allen unbefestigten Wegen sind darüberhinaus Schäden zu verzeichnen, die auf ein Verlassen des Wanderers des eigentlichen Weges zurückzuführen sind. Insbesondere bei Nässe und damit verbundener Ausrutschgefahr werden die Randbereiche der Wege betreten. Daraus folgt eine zumeist wegparallele Ausweitung von Abtragschäden.

- Auswirkungen des Wintersportbetriebs auf Vegetation und Boden sind im Bereich der Jennerskipiste zu beobachten. Durch Planierungen für den Pistenbau oder die ständige Pistenpflege aber auch durch die Skifahrer in Form von Skikantenschurf, sind entlang großer Teile der Pistenführung Schäden an Vegetation und Böden zu verzeichnen. Diese werden aber weniger in auffälligen Blaikenbildungen sichtbar, sondern sind vielmehr durch eine weitgehende Bodenabtragung gekennzeichnet, welche nahezu den gesamten Nutzungs- bzw. Pistenbereich betrifft. Die betroffenen Böden zeigen sich in der Regel stark erodiert bis hin zu einem häufig zu beobachtenden völligen Solumverlust.
- Vorzugsweise auf steilen Weidehängen sind zahlreiche Arten von Blaikenbildungen erkennbar. Diese sind in der großen Mehrzahl auf nivale unterhalb der natürlichen Waldgrenze quasinatürlich ablaufende Abtragungsvorgänge zurückzuführen. Durch die Schurfwirkung von Schneebewegungen auf den Grashängen der Almen, auch der ehemaligen Almen, entstehen Schneeschurfblaiken. Der nivale Schurf setzt an Steinen, Grashorsten, Zwergsträuchern oder auch bereits vorhandenen Bodenverwundungen an und bewirkt im weiteren Verlauf ein Abhebeln zunächst der Vegetationsdecke, des humosen Oberbodens und nachfolgend des oberen Mineralbodenhorizontes. Erkennbar sind Schneeschurfblaiken an ihrer unregelmäßigen Begrenzung, der oftmals nur wenige Zentimeter erreichenden Abtragstiefe und der charakteristischen langgestreckten Ausbildung in Hangfallrichtung.

Treffen Schneebewegungen auf größere Einzelhindernisse wie Felsbrocken, Büsche oder junge Bäume und werden diese Hindernisse durch den Schneedruck verlagert bzw. ausgehebelt. Es entstehen tiefe Schurfgrinnen in den Böden oder die entwurzelten Büsche oder Bäume hinterlassen etwa quadratmetergroße Bodenverwundungen die Schneedruck- oder auch Schneeschubblaiken.

Die Abtragung mehrerer Quadratmeter großer Bodenschollen mitsamt Vegetationsdecke und mit

Mächtigkeiten bis zu 50 Zentimetern entlang hanggefällsparalleler Scherflächen verursacht die Blattanbruchbildung. Diese stellt mithin die drastischste Bodenabtragung im Untersuchungsgebiet dar. Nach den Geländebeobachtungen und bodenkundlichen Betrachtungen handelt es sich hierbei ebenfalls überwiegend um einen Massenschurf. Bei diesem Vorgang treten durch die sich in Bewegung setzenden bzw. sich bereits bewegenden Schneedecken Scherkräfte auf, welche über die Vegetation auf den Boden übertragen werden. In Form von präformierten hanggefällsparallelen Labilitätszonen innerhalb des vertikalen Bodenaufbaus besitzen in erster Linie die in Verwitterungsprodukten der jurassischen Gesteinsfolgen entwickelten tiefgründigen Mehrschichtböden eine besondere Anfälligkeit gegenüber diesen abscherenden Kräften der Schneebewegungen. Die Schneebewegungen bewirken so die schollenweise Abtragung ganzer Bodenschichten. Da die translationsförmige Abscherung in der großen Mehrheit der Fälle entlang der oberen Schichtgrenze dieser Böden erfolgt und exakt die hangende Bodenschicht erfaßt und talwärtig verlagert, sind somit die Schichtgrenzen als präformierte Scherzonen anzusehen. Zurückbleiben im Grundriß ovale, am oberen Rand mit scharfen, sichelförmigen Abrißkanten ausgebildete Blattanbrüche.

- Intensiv beweidete Almflächen in Hanglagen zeigen eine charakteristische Mikroreliefierung ganzer Hangbereiche in Form von weitgehend hangparallel verlaufender Viehgangeln. Eine starke Vergangelung auf den Weidehängen beinhaltet aber noch keine Bodenabtragung. Erst der Narbenversatz, mit dem Lostreten ganzer Bodenstücke mitsamt Vegetation am talwärtigen Rand der Gangeln, führt zu einer Schädigung der Almböden durch Abtragung. Weitere intensive Beweidung häufig in der Folge von lokal hoher Beweidungsintensität ohne Überbesatz auf den Almen führt letztlich zu einer entlang der Viehgangeln orientierten flächenhaften Ausweitung der Narbenversatzschäden und damit zur Bildung von Viehtrittblaiken. Großflächige Viehtrittblaiken im Untersuchungsgebiet sind allerdings häufig das Resultat einer Prozeßüberlagerung durch nivale Abtragungsprozesse.
- Weitgehend unabhängig von einem anthropogenen Einfluß verlaufen die Abtragungsvorgänge im Einflußbereich der Fließgewässer. Obwohl die Abtrags- und Feststoffrachtintensitäten der Wildbäche vergleichsweise geringe Dimensionen beobachten lassen, sind dennoch alle typischen Merkmale natürlicher Wildbäche vorhanden: Im Sinne der Aufgabenstellung sind dies in erster Linie die zahlreich auftretenden verschiedenen Anbruchsformen entlang der Bachläufe. Ufer- und Feilanbrüche stehen dabei im direkten Zusammenhang mit fluvialer Erosion (Seiten- bzw. Tiefenerosion). Sie sind im Arbeitsgebiet gebunden an Lockergesteinskörper in Form von Moränenablagerungen, bereits fluvial geprägte Schotterkörper, mächtigere Hangschuttdecken, stark gries-

bildenden Dolomitzersatz oder veränderlichste Gesteine wie die Gipstone des ausgelaugten Haselgebirges in unmittelbarer Gewässernähe.

- In engem Zusammenhang mit dem fluvialen Geschehen stehen im Untersuchungsgebiet Massenselbstbewegungen in Form von Rutschungen. Dies sind weitgehend eigenständig ablaufende Gleitbewegungen von Bodensubstrat oder Lockergesteinsmassen entlang hanggefällsparalleler (Translationsrutschung) oder mehrerer gekrümmter (Rotationsrutschung) Gleitflächen. Translationsförmige Rutschungsvorgänge betreffen dabei in der Regel steile Einhänge von kerbförmig eingeschnittenen Fließgewässern, die aus Lockergesteinen aufgebaut sind (Hangschuttkörper, glaziale-fluvioglaziale Lockergesteins- oder Schotterkörper), bzw. darin entwickelte Böden. Eine differenzierte Ansprache anhand der rutschauslösenden Faktoren (gravitativer oder bodenwasserabhängiger Rutschungstyp) erfolgte hier nicht. Rotationsförmige Rutschungen hingegen liegen ausschließlich im Bereich veränderlichfester Gesteine (Sedimente des Haselgebirges) vor.
- Die gravitativen Prozesse wurden in der vorliegenden Arbeit auf reine Sturzvorgänge begrenzt und im Hinblick auf die Aufgabenstellung nur zur Vervollständigung der Massenverlagerungsprozesse betrachtet. Zahlreich auftretende Sturzvorgänge sind in erster Linie mit dem Steinschlaggeschehen verbunden, welches an die ausgedehnten Felsregionen des Hohen Bretts und des Hagengebirges gebunden ist. Größer dimensionierte Abstürze von Gesteinsmassen in Form von Fels- und Bergstürzen fanden in jüngerer Zeit, mit Ausnahme des kleinen Felssturzes aus der Mooswand in das Priesbergmoos (November 1989), nicht statt.

Anhand der Ergebnisse der geomorphologischen Kartierarbeiten und der bodenkundlichen Betrachtungen einzelner Schadensstandorte konnte eine Bewertung der Schäden durchgeführt werden, welche in einer Schadenskarte zusammengefaßt sind.

- Die umfangreichsten Bodenschäden sind hiernach auf nivale Abtragung durch Schneeschurf und durch Blattanbruchbildung auf den Weidehängen zurückzuführen. Zur Kennzeichnung der hierfür verantwortlichen Abtragungsdynamik wurden Luftbilder (Zeitraum 1953 bis 1990) interpretiert und eine Fotodokumentation (Zeitraum 1991 bis 1993) angefertigt, welche eine nach wie vor anhaltende Zunahme von Nivationssschäden aufzeigen. Als stark geschädigte Bereiche sind in erster Linie die Königstalalm im gesamten Bereich des Ruck, am Königsbergücken und auf dem Farrenleiten, die obere Priesbergalm und ehemalige Roßfeldalm, die Mitterkaseralm sowie die Gotzenalm am Nordabfall zur Seeaualm zu nennen.
- Ausgedehnte und in größeren Teilbereichen drastische Bodenschäden sind auf der Jennerskipiste zu verzeichnen. Diese können allerdings aufgrund der

vergleichswisen Kleinräumigkeit des eigentlichen Pistenbereichs und damit der geschädigten Fläche – vor allem im Vergleich zu anderen wintersportlich genutzten Alpenregionen – als relativ unbedeutend bezeichnet werden.

- Dies gilt auch für die Situation der Wege im Jennergebiet. Obwohl einige Abschnitte (z. B. der Weg von der Mittelstation zur Mitterkaseralm und der Pfad von der oberen Priesbergalm hinab zu den Almhütten) eine starke Schädigung aufweisen, kann die derzeitige Situation insgesamt jedoch als relativ stabil eingestuft werden.
- Größere Schädigungen gehen von intensiver Beweidung aus. Als verantwortlich für die negative Entwicklung der Beweidungsschäden sind hier die Veränderungen in der Almwirtschaft insbesondere die verbreitete hirtelose Jungviehhaltung zu nennen. Die teilweise starke Schädigung einiger Unterhangbereiche der Königstalalm, der Krautkaseralm und der Büchsenalm sind deutliche Belege.

Über die Erfassung der vorliegenden Abtragsschäden hinaus wurde auch eine Entwicklung von Gefährdungspotentialen angestrebt, welche zur Abgrenzung potentiell gefährdeter, d. h. in Zukunft möglicherweise von Abtragungsvorgängen betroffenen Bereiche dienen soll. Dabei wurde nach der Methode der „stummen Zeugen“ verfahren, wodurch die im Untersuchungsgebiet relevanten abtragungswirksamen Prozesse anhand des aus ihnen resultierenden Formenschatzes identifiziert wurden. Da die umfangreichsten Bodenschädigungen im Untersuchungsgebiet von Nivationsprozessen ausgehen, wurde auf diese Prozesse im Hinblick auf entsprechend abtragungsgefährdete Bereiche besonderes Augenmerk gelegt. Hiernach erfolgte eine Auswahl von fünf Untersuchungsflächen, welche besonders starke Schädigung durch Nivation aufweisen und innerhalb derer eine Aufnahme und Analyse der möglichen Einflußparameter der einzelnen nival bedingten Prozeßabläufe durchgeführt werden konnte.

Die Abgrenzung der durch Trittbelastung von Mensch und Tier sowie durch fluviale Abtragungsvorgänge gefährdeten Bereiche erfolgten anhand von Ergebnissen zielgerichteter Kartierarbeiten (Wildbachkartierung, Wegschadenskartierung) im gesamten Untersuchungsgebiet.

Folgende Einflußparameter der einzelnen schadbringenden Prozeßarten im Untersuchungsgebiet wurden ermittelt (die zur Ausscheidung potentiell abtragungsgefährdeter Bereiche geeigneten und auch herangezogenen Parameter sind kursiv gestellt):

- Trittschädigungen im Rahmen des Sommertourismus: *Frequenzintensität der Wege, Witterungsverlauf, Wegetyp, Neigungsverhältnisse des Weges, Wegführung, Lithologie/Substrateigenschaften der Wegoberfläche unbefestigter Wege;*
- Trittschädigungen durch Beweidung: *örtliche Beweidungsintensität, Witterungsverlauf (Bodenwas-*

sergehalte), Hangneigung, Hangposition, Mikrorelief (Häufigkeit vorhandener Viehgangeln), Zustand der Grasnarbe, *Bodeneigenschaften beweideter Böden*;

- Schnee- und Lawinenschurf: Niederschlagshöhe und -verlauf, Schneehöhe, Schneedeckenaufbau, Hangneigung, Hangform und -länge, Mikrorelief (Rauhigkeit), *Feinbodensubstrat, Grobbodenanteil, Solummächtigkeit, Art und Grad der Vegetationsbedeckung*;
- Blattanbruchbildung: Niederschlagshöhe- und verlauf, Schneehöhe, Schneedeckenaufbau, Hangneigung, Mikrorelief (Rauhigkeit), *Feinbodensubstrat, Grobbodenanteil, Solummächtigkeit, vertikaler Bodenaufbau, Art und Grad der Vegetationsbedeckung*.

Für die Prozesse Schnee- und Lawinenschurf, Blattanbruchbildung und m. E. auch Viehtritt wurden mittels der herangezogenen Einflußparameter Vorschriften für Flächenverschneidungen innerhalb des GIS entwickelt. Mit Hilfe dieser Vorschriften konnte eine Abgrenzung potentieller Abtragungsbereiche erzeugt werden. Diese wurden abschließend gemeinsam mit den direkt im Gelände ermittelten durch Sommertourismus und fluviale Prozesse gefährdeten Bereiche in einer Karte der potentiellen Massenabtragungsbereiche zusammengefaßt.

7 Ausblick

Als junges Hochgebirge sind die Alpen in besonderem Maße Abtragungskräften ausgesetzt, welche bestrebt sind, die infolge der Orogenese geschaffenen Formen des Georeliefs wieder abzutragen und einzuebnen. Insofern ist ein Großteil der rezenten geomorphodynamischen Vorgänge im Alpenraum ohne weiteres als natürliche Phänomene anzusehen. Von entscheidender Bedeutung sind allerdings zwei Aspekte:

- Der Alpenraum verzeichnete besonders im 20. Jahrhundert eine starke Zunahme der Bevölkerung und der Besiedlungsdichte. Hiermit verbunden ist zwangsläufig ein entstehender Mangel an Siedlungsraum sowie bebaubarer Fläche für infrastrukturelle Einrichtungen aller Art. Dies führte dazu, daß immer mehr Teilbereiche der Alpen in Nutzung genommen wurden, welche als Gefahrenzonen (z. B. Lawenstriche, geologisch instabile Bereiche) gelten. Hand in Hand mit dieser Entwicklung ging somit eine Zunahme von Katastrophenereignissen – in der Regel anthropogen weitgehend unbeeinflusste geologisch vorbedingte Massenbewegungen (Bergstürze, Rutschungen größeren Ausmaßes usw.) – und der mit diesen verbundenen hohen Zahl an Opfern und Schäden.
- Der Mensch greift erheblich in die ökosystemaren Strukturen der Alpen ein und hat hierdurch erst eine Vielzahl von Prozessen in Gang gesetzt oder bereits

natürlich ablaufende Prozesse deutlich intensiviert. Im Zuge der Waldrodungen zur Gewinnung von berglandwirtschaftlich zu nutzender Flächen verwandelte der Mensch große Teile der Naturlandschaft der Alpen sukzessive in ausgedehnte Kulturlandschaftsbereiche. Der Verlust des Waldes mit seiner natürlichen Schutzfunktion vor Abtragung und Massenbewegungen bedeutete aber eine deutliche Destabilisierung der komplexen Hochgebirgsökosysteme. Um dieser Destabilisierung weit unterhalb der potentiellen Waldgrenze entgegenzuwirken, war der Mensch auf eine nachhaltige, die weitere Produktivität sichernde Wirtschaftsweise angewiesen. Somit wurden die künstlich geschaffenen Ökosysteme mit hohem Arbeits- und Pflegeaufwand in einem labilen Gleichgewicht gehalten.

Die sowohl in vielen Teilen des bayerischen Alpenraumes als auch im Untersuchungsgebiet beobachtbare Zunahme von Bodenabtragsschäden sind deutliches Anzeichen dafür, daß die tiefgreifenden Veränderungen in der Almwirtschaft dieses labile Gleichgewicht nicht mehr gewährleisten.

Hinzu kommt, daß die Handlungsweisen des Menschen infolge neuer Technologien immer größere Schäden mit immer weitreichenderen Folgewirkungen verursachen. Der Zustand der Böden in wintersportlich genutzten Bereichen, der in weiten Teilen geschädigte Bergwald, die zunehmende Bodenversiegelung sowie die Entwicklungen in der Atmosphäre durch klimawirksame Gase sind Beispiele hierfür.

Erscheinen Veränderungen zur Vermeidung zuletzt genannter Entwicklungen derzeit nur schwer durchführbar, bieten sich zum Schutz und Erhalt der Kulturlandschaften im Untersuchungsgebiet vergleichsweise leicht umzusetzende Möglichkeiten an:

Sommertourismus:

- Kontrolle aller noch begehbaren Wege und Pfade unter dem Gesichtspunkt der Nutzungsnotwendigkeit mit Beachtung der vorhandenen Schäden sowie der Schadensanfälligkeit;
- Sanierung und soweit möglich „Unkenntlichmachen“ von Abkürzern oder sonstigen Tritts Spuren mittels Nadelreisig o. ä.; z. B. im Rahmen von im Jennergebiet örtlich bereits erfolgreich durchgeführter Sanierungsarbeiten durch angeleitete „Bildungsurlauber“ oder „Umweltbaustellen“ durch die Jugend des Deutschen Alpenvereins (siehe hierzu auch KEMPER 1992: 177 – 180; FRIEDEL 1991).
- umfassende Aufklärung über „umweltgerechtes Verhalten“ mit dem Ziel der Entwicklung eines Problembewußtseins. Möglichkeiten bieten sich an durch: Nationalpark-Informationsstellen, Nationalpark-Haus (Führer, Handzettel u. ä.), Infotafeln entlang der Nationalparkgrenze oder übergeordnete Organisationen (DAV). Vermieden werden sollte dagegen ein „Schilderwald“ durch zahlreiche Hinweisschilder vor Ort,

- gezielte Aufklärungsarbeit vor Ort und laufende Überprüfung der Schadenssituation der Wege durch im Nationalpark Berchtesgaden bereits geplantes Aufsichtspersonal („Ranger“).

Wintertourismus:

- Eingrenzung der wintersportlichen Aktivitäten auf die engeren Pistenbereiche (in anderen Bereichen der Alpen wäre es eine Überlegung wert, die Pisten in der Fläche zu minimieren);
- Reduzierung des Einsatzes von Pistenraupen auf ein Mindestmaß;
- konsequente Überwachung der Schneesituation auf der Piste mit frühzeitiger Sperrung nicht schneesicherer Pistenabschnitte;
- umfassende Aufklärungsarbeit bei den Wintersporttreibenden über Umfang und Ausmaß der Schäden durch Wintersport (Möglichkeiten wie oben beschrieben);
- deutliche Preiserhöhungen für Liftbenutzung usw. (Verursacherprinzip).

Almwirtschaft:

- Regelmäßige Mahd und Schwendungen bzw. auch das Entfernen weiterer Einzelhindernisse auf stark geneigten Weidehängen,
- Behirten auch der Jungtiere auf den Almen (vor allem bei feuchter Witterung);
- Wiederbegrünung von Erosionsflächen (z. B. durch Aufbringen von Grasschollen oder biologisch abbaubaren Geotextilien, vgl. SINOWSKI & AUERSWALD 1992: 181 – 184);
- Inanspruchnahme der Fördermittel für almpflegerische Maßnahmen.

So dringlich diese Maßnahmen für den Landschaftsschutz nötig sind, kann das vorrangige Ziel zuletzt genannter Maßnahmen nicht die schlichte Rückkehr in traditionelle Arbeitsweisen in der Almwirtschaft sein.

Denn anders als früher steht bei der heutigen wirtschaftlichen Situation weniger eine nachhaltige Sicherung der Produktivität der landwirtschaftlichen Flächen im Vordergrund, sondern vielmehr der alleinige Schutz vor Erosion. Dieser Schutz vor Erosion ist heute in den Alpen von entscheidender Bedeutung, da aufgrund des Zustandes des Bergwaldes, noch möglicher größerer Waldverluste durch neuartige Waldschäden sowie durch die zunehmende Bodenversiegelung, der Erhaltung des Bodens als Wasserspeicher und der damit verbundenen Wirkung auf die weitere Abtragungs- und Hochwasserdynamik eine zentrale Rolle zukommt. Unter dem Gesichtspunkt der Nutzung der kulturlandschaftlich geprägten Gebirgsregionen als Erholungsraum sind außerdem Aspekte der Landschaftsästhetik bedeutsam.

Hierbei ist zu beachten, daß sich für einen hinreichenden Bodenschutz in den kulturlandschaftlich geprägten Hochgebirgsregionen prinzipiell nur zwei Alternativen anbieten, läßt man einmal umfangreiche Verbauungsmaßnahmen außer Acht. Dies ist entweder eine gänzliche Wiederbewaldung oder die seit Jahrhunderten betriebene aufwendige Pflege. Da eine natürliche Wiederbewaldung in stärker reliefierten Bereichen aufgrund der Nivationsvorgänge nahezu auszuschließen ist und somit eine Wiederbewaldung, welche zudem vielerorts im Kulturreich der Alpen nicht erwünscht ist, nur mit Hilfe von Verbauungen zu erreichen ist, bleibt als einzige Alternative die Pflege. Diese Pflege ist derzeit jedoch überwiegend nur mit staatlicher Unterstützung möglich.

Für den Nationalpark Berchtesgaden ist der Erhalt der landwirtschaftlichen Nutzflächen in seinen Statuten festgeschrieben (§ 10 Abs. 1 und 6), so daß innerhalb der Nationalparkgrenzen auch nicht nutzungsintegrierte und zudem staatlich geförderte Landschaftsschutzmaßnahmen sinnvoll erscheinen. Außerhalb der Nationalparkgrenzen muß daher für die Zukunft nach modernen Alternativen gefragt werden, welche zwar den biotischen, abiotischen sowie auch ästhetischen Ressourcenschutz innerhalb der Kulturlandschaften ermöglichen, gleichzeitig aber finanziell unabhängig funktionieren.

Literaturverzeichnis

- ABELE, G. (1974): Bergstürze in den Alpen. Wiss. Alpenvereinshefte, 25: 230 S., 73 Abb., 4 Tab., 3 Kt.; München.
- AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. 3. Aufl.: 331 S.; Hannover.
- ALMWIRTSCHAFTLICHER VEREIN OBERBAYERN [Hrsg.] (1993): Das Schwenden eine Kulturarbeit zur Landschaftspflege. Neues Maßnahmenblatt für das Kulturlandschaftsprogramm Teil C (Schwendprogramm). Der Almbauer, 45: 57–60; München.
- ALPENINSTITUT FÜR UMWELTFORSCHUNG UND ENTWICKLUNGSPLANUNG (1975): Untersuchung der ökologischen Gegebenheiten auf den bestoßenen Almen und der Wechselbeziehungen zwischen Erholung und Bergbauernbetrieben im Bayerischen Alpenpark. Gutachten im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen.
- AMMER, U., & PRÖBSTL, U., & MÖSSMER, E.-M. (1986): Erosion auf Almen. Ein Beitrag zu aktuellen Fragen des Bodenschutzes. Forstwiss. Zentralblatt, 105 (1): 49–59; Hamburg, Berlin.
- AMMERER, G., & FEHN, K. (1991): Die Land und Forstwirtschaft. In: BRUNNER, W., & DOPSCH, H., & KRAMML, P.F. [Hrsg.]: Die Geschichte von Berchtesgaden. II/1: 505–534; Berchtesgaden.
- AUERSWALD, K., & SINOWSKI, W. (1992): Erosion von Wanderwegen in den Alpen. Mitt. d. dt. Bodenkdl. Ges., 68: 145–148; Oldenburg.
- AULITZKY, H. (1975): Beurteilung und Ausscheidung der Gefahrenzonen in den Alpen einschließlich der Tallagen. Int. Symposium Interpraevent: 159–157; Innsbruck.
- BÄTZING, W. (1991): Die Alpen. Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft. 5. Aufl. (Neufassung): 287 S., 42 Abb.; München.
- BAKKEHOI, S., & DOMAAS, U., & LIED, K. (1982): Berechnung der Auslauflängen von Lawinen. Wildbach und Lawinenverbau. Zeitschr. d. Ver. d. Dipl. Ing. d. Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, 49 (101): 119–144; Wien.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT. Almstatistik 1992 Landkreis Berchtesgadener Land.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT (1993): Fachlicher Beitrag des AfL Laufen zum Nationalparkplan für den Nationalpark Berchtesgaden (nach § 13 Abs. 3 Nationalpark-Verordnung).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT [Hrsg.] (1990): Schneebewegungen und Lawinentätigkeit in zerfallenden Bergwäldern. Informationsbericht, 3: 300 S.; München.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT [Hrsg.] (1991): Lawinenkataster der Bayerischen Alpen 1:25.000 – Bereich: Landkreis Berchtesgadener Land; München.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1989): Bayerisches Kulturlandschaftsprogramm.
- BECHT, M., & WETZEL, K.F. (1992): Hangabtrag in den Nördlichen Kalkalpen. Mitt. Deutsche Bodenkdl. Ges., 68: 153–158; Oldenburg.
- BERG, R. (1981): Einfluß des Menschen auf die Vegetation der alpinen Stufe im Jennergebiet. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Landschaftsökologie der TU München/Weihenstephan. [Unveröff.].
- BERGTHALER, J. (1975): Grundsätze der Erarbeitung von Gefahrenzonenplänen in Wildbächen der nördlichen Kalkalpen und der Grauwackenzone. Österr. Wasserwirtschaft, 27 (7 u.8): 160–168.
- BLECHSCHMIDT, G. (1989): Ursachen und Ausmaß der Blaikenerosion im Karwendel. Diss. Geographie TU München: 149 S.; München.
- BLECHSCHMIDT, G. (1990): Die Blaikenbildung im Karwendel. Jahrbuch d. Vereins zum Schutz der Bergwelt, 55: 31–45; München.
- BOCHTER, R. (1984): Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten. Beiträge zur Genese, Ökologie und Systematik. Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden, 6: 212. S.; Berchtesgaden.
- BOCHTER, R., & NEUERBURG, W., & ZECH, W. (1981): Humus und Humusschwund im Gebirge. Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden, 2: 110 S.; Berchtesgaden.
- BRANDNER, J. (1994): Almbauer der Wasserfall- und der Königstalalm; freundliche mündliche Mitteilung.
- BRUNNER, F. K., & SCHEIDEGGER, A. E. (1975): Zur Dynamik des Rasengleitens. Int. Symposium Interpraevent, 1: 25–32; Innsbruck.
- BUNZA, G. (1975): Geomorphologische Kartierung und Beurteilung von Wildbachgebieten mit unterschiedlichen Lockermassen. Int. Symposium Interpraevent: 199–207; Innsbruck.
- BUNZA, G. (1975): Analyse und Kartierung von Bodenbewegungen und Erosionsvorgängen in alpinen Gebieten. Jahrb. d. Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen u. -tiere, 41: 119–137; München.
- BUNZA, G. (1982): Systematik und Analyse alpiner Massenbewegungen. In: BUNZA, G., & KARL, J., & MANGELSDORF, J. (1982): Geologisch-morphologische Grundlagen der Wildbachkunde. Mit einem Beitrag von P. SIMMERSBACH. Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 17, Teil I: 1–84; München.
- BUNZA, G. (1989): Abtrag in Wildbachgebieten. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 4: 81–89; München.
- BUNZA, G. (1992): Instabile Hangflanken und ihre Bedeutung für die Wildbachkunde. Forschungsberichte des Deutschen Alpenvereins, 5: 359 S.; München.
- BURGER, R., & FRANZ, H. (1969): Die Bodenbildung in der Pasterzenlandschaft. In: Deutscher Alpenverein [Hrsg.] (1969): Neue Forschungen im Umkreis der Glocknergruppe. 253–266; München.
- BUSER, O., & FRUTIGER, H. (1980): Über maximale Auslaufstrecken von Lawinen und die Bestimmung der Reibungswerte μ und λ . Int. Symposium Interpraevent, 3: 125–134; Klagenfurt.
- CERNUSCA, A. (1984): Beurteilung der Schipistenplanierungen in Tirol aus ökologischer Sicht. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 12: 137–148, 7 Abb., 1 Tab.; Göttingen.

- DANZ, W. (1985): Sanfter Tourismus. Eine Chance für ökologisch empfindliche Erholungsgebiete mit Beispielen aus Deutschland. *Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt*, 50: 95–105; München.
- DEISENHOFER, H. E. (1989): Der Lawinenkataster der Bayerischen Alpen. *Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft*, 2: 13–22. München.
- DE QUERVAIN, M. (1975): Lawinendynamik. als Grundlage für die Ausscheidung von Lawinenzonen. *Int. Symposium Interpraevent*: 247–267; Innsbruck.
- DIETMANN, T. (1985): Ökologische Schäden durch Massenskiport. Entwicklung und Veränderung des Skigebietes am Fellhorn bei Oberstdorf/Allgäu von 1953 – 1982 durch seine Erschließung für den Massenskiport. *Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt*, 50: 107–159; München.
- DIETMANN, T., & KOHLER, U., & LEICHT, H. (1993): Landschaftsökologische Untersuchungen in Skigebieten des bayerischen Alpenraumes Darstellung der Methodik. *Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt*, 58: 147–192; München.
- DOMMERMUTH, C., & STAHR, A. (1992): Beschleunigter Bodenabtrag auf Almen. *Forschung Frankfurt*, 2: 12–22; Frankfurt.
- ENDERS, G. (1979): Theoretische Topoklimatologie. *Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden*, 1: 92 S.; Berchtesgaden.
- FEHN, K. (1968): Almen und Almwirtschaft im Berchtesgadener Land vom Mittelalter bis zur Gegenwart. *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie*, 16: 36–54; Frankfurt am Main.
- FELIX, R., & JOHANNES, B. (1993): Bodenforschung im deutschen Alpenraum. Abschlußbericht des Teilprojektes Berchtesgaden. Untersuchung der Beziehungen zwischen Niederschlag, Oberflächenabfluß und Bodenerosion auf unterschiedlich genutzten Hochgebirgsstandorten. [Unveröff].
- FINKE, N. (1986): Beurteilung geomorphodynamischer Prozesse hinsichtlich der Abgrenzung von Gefahrenzonen am Beispiel des Hochkalter-Gebirges. Diplomarbeit der Georg-August-Universität Göttingen. [Unveröff].
- FISCHER, K. (1984): Erläuterungen zur Geomorphologische Karte 1:25000, Blatt 16, 8443 Königssee: 57 S.; Berlin.
- FISCHER, K. (1994): Freundliche mündliche Mitteilung.
- FÖHN, P. (1975): Analyse der Beziehungen zwischen Witterung, Schneedeckenaufbau und Großlawinen am Beispiel der Katastrophenlawinen vom April 1975. *Winterberichte der Eidgenössischen Schnee- und Lawinenforschung*, 39: 209–218; Davos.
- FORSTER, J.-C., & ZECH, W. (1992): Organische Substanz und Aggregation in Böden unter Almweide und Bergwald im Nationalpark Berchtesgaden. *Mitt. Deutsche Bodenkdl. Ges.*, 68: 161–164; Oldenburg.
- FRANZ, H. (1993): Digitale Daten auf herkömmlichen Medien. Datendokumentation des Sachgebietes 560 (EDV) der NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN. [Unveröff].
- FREY, W. (1977): Wechselseitige Beziehungen zwischen Schnee und Pflanze Eine Zusammenstellung anhand von Literatur. *Mitt. d. Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung*, 34: 223 S.; Zürich. [Originalarbeit konnte nicht beschafft werden; zitiert nach B. ZENKE 1985: 52].
- FREYER, K. (1988): Forstliche Standortkartierung im Nationalpark Berchtesgaden. Stand 1988 [Unveröff].
- FRIEDEL, M. (1991): Sanierung von Erosionsrinnen im Rahmen einer Umweltbaustelle der Jugend des Deutschen Alpenvereins am Herzogstand/Oberbayern. *Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt*, 56: 153–164; München.
- FRÖHLICH, J., & DRÄYER, D., & HUBER, M. (1994): GIS-Methoden in der landschaftsökologischen Raumbewertung mit einem Beispiel zur Bestimmung der Bodenerosionsgefährdung. *Die Erde*, 125 (1): 1–13, 6 Fig.; Berlin.
- FRUTIGER, H. (1980): Schweizerische Lawinengefahrenkarten. *Int. Symposium Interpraevent*, 3: 135–143; Klagenfurt.
- GATTINGER, T. (1975): Geologisch und tektonisch bedingte Typen von Massenbewegungen. *Int. Symposium Interpraevent*: 61–64; Innsbruck.
- GERBER, H. (1974): Klassifikation von Schutthalden. *Geographica Helvetica*, 2/3: 73–82; Zürich.
- GOSE, A. (1987): Die Almwirtschaft im Berchtesgadener Land. Ein historisch-geographischer Abriß ihrer Entwicklung zur gegenwärtigen Situation. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Regensburg. [Unveröff].
- GRÖSS, M. (1992): Erwartungen an die Landwirtschaft im Berchtesgadener Land und ihre Erfüllung. Eine Fallstudie zur Situation der Berglandwirtschaft in den bayerischen Alpen. Diplomarbeit am Institut für Geographie der TU München. [Unveröff].
- GRUNDER, M. (1983): Beispiel einer anwendungsorientierten Gefahrenkartierung 1:25.000 für forstliche Sanierungsprojekte im Berner Oberland. *Int. Symposium Interpraevent*, 4: 353–360; Klagenfurt.
- GRUNDER, M. (1984): Ein Beitrag zur Beurteilung von Naturgefahren im Hinblick auf die Erstellung von mittelmaßstäbigen Gefahrenhinweiskarten (mit Beispielen aus dem Berner Oberland und der Landschaft Davos). *Geographica Bernensia*, G 23: 217 S.; Bern.
- GUBLER, H. (o.J.): Aspekte der natürlichen Schneebrettauslösung. 1–18.
- HAEFELI, R., & DE QUERVAIN, M. (1955): Gedanken und Anregungen zur Benennung und Einteilung von Lawinen. *Die Alpen*, 31 (4): 72–77.
- HAHN, H.-D. (1985): Die Geologie des Hagengebirges zwischen Torrener Joch, Fagstein und Windschartenkopf (Berchtesgadener Alpen). Diplomarbeit der Philipps-Univ. Marburg. [Unveröff].
- HARTGE, K.-H., & HORN, R. (1989): Die physikalische Untersuchung von Böden. 2. Auflage: 175 S., 51 Abb., 12 Tab.; Stuttgart (Enke).
- HARTGE, K.-H., & HORN, R. (1991): Einführung in die Bodenphysik. 2. Auflage: 303 S., 156 Abb., 19 Tab.; Stuttgart (Enke).
- HERRMANN, T., & KÖPPEL, J. G., & PFADENHAUER, J. (1988a, b, c, d): Abschlußberichte Fachbereich 02 des MaB-6-Projektes, Band C, D/I, D/II, D/III. Lehrgebiet Geobotanik, TU München-Weihenstephan. [Unveröff].

- HÖLLERMANN, P. W. (1964): Rezente Verwitterung, Abtragung und Formenschatz in den Zentralalpen am Beispiel des oberen Suldentales (Ortlergruppe). Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband, 4: 273 S.; Berlin.
- HOHENSINN, F. (1979): Bodenmechanische Analyse von Geländebrüchen bei Murenbildung in kristallinen Verwitterungsböden. Mitt. Inst. für Bodenmechanik, Felsmechanik und Grundbau Univ. Innsbruck, 2: 95 S.; Innsbruck.
- HORMANN, K. (1975): Maßstabsabhängige Größen und Begriffe in der Geographie, erläutert an den Beispielen Hangneigung, Bevölkerungsdichte, Klima, Schnee- und Baumgrenzhöhe, Pflanzenformation. In: GIESE, E. [Hrsg.] (1975): Symposium „Quantitative Geographie“ Gießen 1974. Gießener Geogr. Schriften, 32: 181–193; Gießen.
- HORN, R. (1984): Einfluß der menschlichen Nutzung auf alpine Böden. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben Alpine Böden, MaB-6, Fo 03/3/5 – 983/83: 38 S. [Unveröff.].
- HORN, R. (1985): Auswirkungen mechanischer Belastungen auf die Redoxpotentiale von 3 Bodenmonolithen – ein Laborversuch. Zeitschr. für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 148: 47–53; Weinheim.
- IN DER GAND, H. (1968a): Neue Erkenntnisse über das Schneegleiten. In: Schweizerische Bauzeitung, 86 (31): 557–561; Zürich.
- IN DER GAND, H. (1968b): Aufforstungsversuche an einem Gleitschneehang. Mitt. d. Schweizerischen Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen, 44 (3): 233–326; Beer, Zürich.
- JAHN, J. (1988): Entwaldung und Steinschlag. Int. Symposium Interpraevent, 1: 185–198; Graz.
- JAHN, J. (1989): Der Gebirgswald als Steinschlagschutz. Informationsbericht des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 4: 183–196; München.
- JOBST, E. (1988): Unabwendbare Naturkatastrophen in den Alpen – schon immer?. Jahrb. des Vereins zum Schutze der Bergwelt, 52: 11–16; München.
- JOHANNES, B. (1993): Freundliche mündliche Mitteilungen. Berchtesgaden.
- KÄRCHER, K. L. (1987): Parameterstudie zum Einfluß von Niederschlägen auf die Entwicklung von Hangsickerlinien in Hangschuttdecken kristalliner Schiefer. Mitt. Inst. für Bodenmechanik, Felsmechanik und Grundbau Univ. Innsbruck, 7: 70 S.; Innsbruck.
- KARL, J. (1961): Blaikenbildung auf Allgäuer Blumenbergen. Jahrb. d. Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen u. -tiere, 26: 54–62; München.
- KARL, J. (1981): Methoden zur Erfassung und landschafts-ökologischen Beurteilung von Abtragungsvorgängen in den Alpen. Geomethodica, 6: 119–142; Basel.
- KARL, J. (1983): Zur Erosionsgefährdung von brachgelegten Wiesen und Weiden im Berggebiet. Geographica Helvetica, 38 (4): 161–165; Zürich.
- KARL, J. (1985): Der Alpenraum – heute. Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt, 50: 161–179; München.
- KARL, J., & DANZ, W. (1969): Einfluß des Menschen auf die Erosion im Bergland. Schriftenreihe der Bayerischen Landesstelle für Gewässerkunde, 1: XII + 98 S, 31 Abb., 17 Kt.; München.
- KARL, J., & MANGELSDORF, J. (1982): Die Wildbachtypen der Ostalpen. In: BUNZA, G., & KARL, J., & MANGELSDORF, J. (1982): Geologisch-morphologische Grundlagen der Wildbachkunde. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, 17, Teil II: 85–102; München.
- KASPERIDIUS, H.-D., & SPANDAU, L. (1986): Mögliche Auswirkungen unterschiedlicher almwirtschaftlicher Nutzungseinflüsse auf die Ökosysteme der Almflächen im Jennergebiet. Bericht Nr. I/05, MaB Projekt 6. [Unveröff.].
- KELCH, G., & DREXLER, O., & ZECH, W. (1977): Über den Bodenabtrag im Kampenwandgebiet. In: WIRTHMANN, A. [Hrsg.] (1977): Hangformen und Hangprozesse. Zeitschr. f. Geomorphologie, Suppl. Band, 28: 134–147; Berlin, Stuttgart.
- KELLER, G. (1993): Monitoring und geotechnische Analyse von Massenbewegungen in Flysch und Faltenmolasse des Gunzesrieder Tals (Oberallgäu). Deutsche Hochschulschriften, 802: 151 S.; Egelsbach.
- KEMPER, G. (1992): Bodenerosion auf Wanderwegen. Mitt. d. dt. Bodenkdl. Ges., 68: 177–180; Oldenburg.
- KIENHOLZ, H. (1977): Kombinierte geomorphologische Gefahrenkarte 1:10000 von Grindelwald. Mit einem Beitrag von W. Schwarz. Geographica Bernensia, G4: 204 S.; Bern.
- KIENHOLZ, H. (1980): Zur Anwendung des Luftbildes bei der mittelmaßstäbigen Gefahrenkartierung für regionalplanerische Zwecke in schlecht erschlossenen Gebirgsräumen anhand von Erfahrungen aus Kartierungen in den Rocky Mountains. Int. Symposium Interpraevent, 3: 155–171; Bad Ischl.
- KIENHOLZ, H. (1981): Zur Methodologie der Beurteilung von Naturgefahren. Geomethodica, 6: 25–56; Basel.
- KNOBLICH, K. (1967): Mechanische Gesetzmäßigkeiten beim Auftreten von Hangrutschen. Zeitschr. f. Geomorphologie, 11: 286–299; Berlin, Stuttgart.
- KNOTT, H. (1988): Geschichte der Salinenwälder von Berchtesgaden. Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden, 12: 55 S; Berchtesgaden.
- KRAUS, O. (1989): Gefährdungsklassifizierung bei Wildbächen. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 4: 91–99; München.
- KRONFELLNER-KRAUS, G. (1976): Quantitative Aspekte der Wildbacherosion aus der Sicht der jüngsten Katastropheneignisse. Mitt. d. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, 115: 71–83; Wien.
- KRONFELLNER-KRAUS, G. (1981): Über die Einschätzung der Wildbacherosion unter Berücksichtigung forstlicher und technischer Maßnahmen – Beiträge zur Wildbacherosion und Lawinenforschung. Mitt. d. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, 138: 111–124; Wien.
- KRONFELLNER-KRAUS, G. (1989): Die Änderung der Feststofffrachten von Wildbächen. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 4: 101–115; München.
- LAATSCH, W. (1974): Hangabtrag durch Schnee in den oberbayerischen Alpen und seine Begünstigung durch

- unpflegliche Almwirtschaft und Wildverbiß. Forstwiss. Zentralblatt, 93, Sonderdruck, 1: 23–34; Hamburg, Berlin.
- LAATSCH, W. (1978): Das statistische Ermitteln extremer Reichweiten von Fließlawinen. Mitt. d. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, 125: 153–175; Wien.
- LAATSCH, W. (1980): Vorschlag zu einer statistischen Berechnung der Reichweite von Fließlawinen. Int. Symposium Interpraevent, 3: 111–124; Klagenfurt.
- LAATSCH, W., & GROTTENTHALER, W. (1972): Typen der Massenverlagerungen in den Alpen und ihre Klassifikation. Forstwiss. Zentralblatt, 91 (6): 309–339; Hamburg, Berlin.
- LAATSCH, W., & GROTTENTHALER, W. (1973): Labilität und Sanierung der Hänge in der Alpenregion des Landkreises Miesbach. Mit einer Karte der Hanglabilitätsformen und -stufen im Maßstab 1:25000. Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landw. u. Forsten [Hrsg.]: 57 S.; München.
- LANGENSCHIEDT, E. (1981): Geologie zwischen Fagstein und Königssee in den Berchtesgadener Alpen. Diplomarbeit an der Phillips-Univ. Marburg. [Unveröff.].
- LANGENSCHIEDT, E. (1986): Höhlen und ihre Sedimente in den Berchtesgadener Alpen. Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden, 10: 95 S.; Berchtesgaden.
- LANGENSCHIEDT, E. (1987): Geomorphodynamische Kartierungen sowie deren Auswirkungen hinsichtlich der Ausgrenzung von Gefahrenzonen in den MaB-6-Testgebieten Funtensee, Jenner, Ramsau und Untersberg. [Unveröff.].
- LANGENSCHIEDT, E. (1988a): Geologische Karte des Nationalpark Berchtesgaden. [Unveröff.].
- LANGENSCHIEDT, E. (1988b): Geologische Karte und Erläuterungen zum MaB 6 – Testgebiet Jenner. Bericht des MaB-Projekt 6, Ökosystemforschung Berchtesgaden. [Unveröff.].
- LANGENSCHIEDT, E. (1993): Freundl. mündl. Mitteilung.
- LANGENSCHIEDT, E. (1994): Geologie der Berchtesgadener Berge. 155 S.; Berchtesgaden.
- LANGENSCHIEDT, E., & FISCHBACH, J. (1988): Rechenvorschriften zur Ableitung einer synthetischen Bodenkarte. Ber. Nr. 1/88 FB 06: 31 S..
- LEBLING, C. (1935): Geologische Verhältnisse des Gebirges um den Königssee. Abh. geol. Landesuntersuchung bayer. Oberbergamt, 20: 1–45, 7 Abb., 1 Kt., 1 Taf.; München.
- LESER, H., & PANZER, W. (1981): Geomorphologie. 216 S.; Braunschweig.
- LESER, H., & STÄBLEIN, G. (1975): Geomorphologische Kartierung. Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1:25000. Berliner Geogr. Arbeiten, Sonderheft: 39 S.; Berlin.
- LIDDLE, M. J. (1975): A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. Biological Conservation, 7: 17–36. [Originalarbeit konnte nicht beschafft werden; zitiert nach SPANAU 1988: 8].
- MANGHABATI, A. (1988): Einfluß des Tourismus auf die Hochgebirgslandschaft. Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden, 13: 87 S.; Berchtesgaden.
- MANGHABATI, A., & AMMER, U. (1988): Auswirkungen des Tourismus auf den Bergwald. Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt, 53: 107–114; München.
- MANI, P., & GERBER, B. (1992): Geographische Informationssysteme in der Analyse von Naturgefahren. Int. Symposium Interpraevent: 97–108; Bern.
- MAYER, H. (1989): Die Gebirgswälder in den Alpen. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 4: 29–45; München.
- MERWALD, I. (1984): Die Einschätzung und Entwicklung der Schutzwirkung des Waldes gegenüber Lawinen. Int. Symposium Interpraevent, 2: 289–302; Villach.
- MEYER-GRASS, M. (1989): Grundlagen und Möglichkeiten des Gleitschnee- und Lawinenschutzes unterhalb der aktuellen Waldgrenze. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 4: 197–210; München.
- MÖSSMER, E.-M. (1984): Unterschiede der standortlichen Einflußfaktoren auf die Blaikenerosion zwischen beweideten und aufgelassenen Almen. Int. Symposium Interpraevent: 79–88; Villach.
- MÖSSMER, E.-M. (1985a): Einflußfaktoren für die Blaikenerosion auf beweideten und aufgelassenen Almflächen im kalkalpinen Bereich der Landkreise Miesbach und Rosenheim. Forstl. Forschungsberichte, 63: 128 S.; München.
- MÖSSMER, E.-M. (1985b): Blaiknenbildung auf beweideten und unbeweideten Almen. Jahrb. des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 50: 79–93; München.
- MORTENSEN, H. (1954/55): Die „quasinatürliche“ Oberflächenformung als Forschungsproblem. Wiss. Zeitschr. d. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 4, Math. nat. Reihe 6/7 (Mager-Festschrift): 625–628; Greifswald.
- MOSER, M. (1975): Beurteilung von Wildbachgebieten mit Hilfe von Hangstabilitätsklassifikationen. Int. Symposium Interpraevent: 189–197; Innsbruck.
- MOSER, M. (1978): Vorschlag zur Unterscheidung von Gefahrenzonen und Geschiebeherden in den Hangbereichen dargestellt am Talzusub des Gradenbaches/Kärnten. Mitt. d. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, 125: 73–96; Wien.
- MOSER, M. (1980): Stand und Problematik der Ausscheidung von Gefahrenzonen in Hangbereichen im alpinen Raum (unter besonderer Berücksichtigung von Hangbewegungen). Int. Symposium Interpraevent, 3: 93–101; Bad Ischl.
- MOSER, M. (1986): Ingenieurgeologische Karten für die Gefahrenzonenplanung in Hangbereichen. Geologische Bergbaustudien Österreich, 33: 57–76, 11 Abb., 1 Tab., 3 Beil.; Wien.
- MOSER, M., & ÜBLAGGER, G. (1984): Vorschläge zur Erstellung von geotechnischen Karten und Erhebungen im Rahmen von Gefahrenzonenplänen in Hangbereichen. Int. Symposium Interpraevent: 275–287; Villach.
- MOSIMANN, T. (1980): Eine Legende für die ökologische Standort- und Schadenskartierung im Bereich von Skipisten. Natur und Landschaft, 55 (11): 425–431.
- MOSIMANN, T. (1981): Geoökologische Standortindikatoren für die Erosionsanfälligkeit alpiner Hänge nach Geländeingriffen für Pistenanlagen. Geomethodica, 6: 143–174; Basel.

- MOSIMANN, T. (1984): Das Stabilitätspotential alpiner Ökosysteme gegenüber Bodenstörungen durch Skipistenbau. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 12: 167–176, 5 Abb, 1 Tab.; Göttingen.
- MOUSSAVI, R. (1985): Die Geologie des mittleren Abschnittes der Torrener-Joch-Zone zwischen Jenner Bergstation und Oberjochalm (auf der österreichischen Seite). Diplomarbeit an der Philips-Univ. Marburg. [Unveröff.].
- MÜLLER, L. (1975): Ursachen und Abläufe von Boden- und Felsbewegungen. Int. Symposium Interpraevent, 53–60; Innsbruck.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1990). Baltimore, Maryland 21218, USA.
- NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN: Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes.
- NATIONALPARKVERWALTUNG BERCHTESGADEN (1993): Abschlußbericht 1988 – 1992 des Bodenforschungsprojektes Deutsche Alpen. Kurzfassung. [Unveröff.].
- NESTROY, O. (1984): Aspekte der Bodenentwicklung unter Almen. Wiener Geograph. Schriften, 59/60: 67–72; Wien.
- OBERDORFER, E. (1979): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 4. Aufl.: 997 S., 58 Abb.; Stuttgart.
- PIMPI, S. (1988): Beitrag zum Erosionsschutz durch Besucherlenkung im Nationalpark Berchtesgaden. Diplomarbeit im Fachbereich Landespflege der Universität Paderborn. [Unveröff.].
- PIPPAN, T. (1974): Die Bedeutung der Lawinentätigkeit für gegenwärtige geomorphologische Prozesse im Hochgebirge von Salzburg. In: POSER H. [Hrsg.]: Geomorphologische Prozesse und Prozeßkombinationen in der Gegenwart unter verschiedenen Klimabedingungen. Abh. d. Akad. der Wissenschaften, Math. Phys. Kl., 3.(29): 301–312; Göttingen.
- PLÖCHINGER, B. (1955): Zur Geologie des Kalkalpenabschnitts vom Torrener-Joch zum Ostfuß des Unterbergs; die Göllmasse und die Halleiner Hallstätter Zone. Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt, 98 (1): 93–144, 5 Abb; Wien.
- POPP, T. (1984): Änderung der Landnutzung und Verlauf der Bodenerosion seit 1917 in Teilgebieten der Allgäuer Alpen nach Luftbildserien und Geländeaufnahmen. Dissertation am Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der TU München/Weihenstephan: 274 S.; München.
- POSCH, A. (1977): Bodenkundliche Untersuchungen im Bereich der Glocknerstraße in den Hohen Tauern. In: CERNUSCA, A. [Hrsg.]: Alpine Grasheide Hohe Tauern Veröff. d. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern, 1: 111–121; Innsbruck.
- POSCHINGER, A. (1989): Kartieranleitung zur Aufnahme von Massenbewegungen im Bayer. Alpenraum. GEO-RISK- Erhebung und Untersuchung von Massenbewegungen im bayer. Alpenraum. Informationsbericht des Bayer. Geologischen Landesamtes: 41 S.; München.
- PRINZ, H. (1982): Abriß der Ingenieurgeologie. Mit Grundlagen der Boden- und Felsmechanik sowie des Erd-, Grund- und Tunnelbaus: 420 S., 252 Abb., 50 Tab.; Stuttgart (Enke).
- QUILLET, R. (1984): Der Einfluß des Skibetriebes auf die Vegetation in der alpinen Stufe. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 12: 177–183, 3 Abb, 4 Tab.; Göttingen.
- RANKE, K. (1929): Die Alm- und Weidewirtschaft des Berchtesgadener Landes. Diss. TH München: 109 S.; München.
- RATHJENS, C. (1982): Geographie des Hochgebirges. 1 Der Naturraum. Teubner Studienbücher der Geographie: 210 S., 66 Abb.; Stuttgart (Enke).
- RAU, R. (1992): Schneehydrologische Untersuchungen im Nationalpark Berchtesgaden. Bericht 1991. Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. [Unveröff.].
- RAU, R. (1993a): Schneehydrologische Untersuchungen im Nationalpark Berchtesgaden. Bericht 1992. Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. [Unveröff.].
- RAU, R. (1993b): Freundliche mündliche Mitteilungen. Berchtesgaden.
- RIEHM, H. & ULRICH, B. (1974): Quantitative kolorimetrische Bestimmung der organischen Substanz im Boden. Landw. Forschungen, 6: 173–176; Frankfurt am Main.
- RINGLER, A. (1984): Beeinflussung von Lebensräumen und Lebensgemeinschaften durch die Almbewirtschaftung. In: Landschaftspflegliche Almwirtschaft. Laufener Seminarbeiträge der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, 4: 24–84; Laufen/Salzach.
- ROBENS, R., & BLACEK, M. (1993): Untersuchungen zur Entstehung und Vermeidung von Trittschäden entlang von Wanderwegen touristisch hochfrequentierter Gebiete in den Alpen, Dargestellt an der Wege- und Informationsplanung des Fellhorns. Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt, 58: 119–146; München.
- ROTHMALER, W. (1982): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD – Gefäßpflanzen, 2: 612 S.; Berlin.
- ROTHMALER, W. (1987): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD – Atlas der Gefäßpflanzen, 3: 752 S.; Berlin.
- SALM, B. (1990): Vorlesungsskript Schnee, Lawinen und Lawinenschutz. Eidgenössische Schnee und Lawinenforschung Davos. [Unveröff.].
- SALM, B., & BURKHARD, A., & GUBLER, H. U. (1980): Berechnung von Fließlawinen – Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitt. d. Eidgenössischen Schnee- und Lawinenforschung, 47: 25 S.; Davos.
- SANKTJOHANSER, L. (1964): Wegbauprobleme im Flyschgebiet dargestellt an den Bayerischen Verhältnissen. Forstwissenschaftliche Forschungen, 19: 108 S.; Hamburg.
- SCHAD, P., & MAKESCHIN, F., & REHFUESS, K. E., & ASCASO, J., & AICUBILLA, M. (1992): Bodenformen und Bodenabtrag in den Hochlagen der axialen Pyrenäen. Zeitschr. f. Pflanzenern. und Bodenkunde, 155 (2): 87–93; Weinheim.
- SCHANG, H. (1983): Die Geologie des Jenners zwischen Königssee und Torrener Joch (Berchtesgadener Alpen) mit einer geologischen Karte 1:10.000. Diplomarbeit an der Philipps-Universität Marburg. [Unveröff.].
- SCHAUER, T. (1975): Die Blaiktenbildung in den Alpen. Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 1: VIII + 30 S., 9 Abb., 9 Tab, 13 Bilder; München.

- SCHAUER, T. (1981a): Zur Vegetation der Lawenstriche. In: BAYER. LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT [Hrsg.] (1981): Einfluß von Schneefeldsprengungen auf die Erosion. Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, 8: 43–50; München.
- SCHAUER, T. (1981b): Vegetationsveränderung und Florenverlust auf Skipisten in den bayerischen Alpen. Jahrb. d. Vereins zum Schutz der Bergwelt, 46: 149–171, 2 Abb., 1 Tab.; München.
- SCHÖNHALS, E., & POETSCH, T. J. (1976): Körnung und Schwermineralbestand als Kriterien für eine Deckschicht in der Umgebung von Seefeld und Leutasch (Tirol). Eiszeitalter und Gegenwart, 27: 134–142, 4 Abb., 3 Tab., 1 Taf.; Öhringen/Würt.
- SCHNEIDER, T. (1979): Geomorphologische Aufnahme des Gotzengebirges und westlichen Hagengebirges (Berchtesgadener Alpen) mit einer aktuumorphologischen Karte 1:10.000. Diplomarbeit Univ. Augsburg. [Unveröff.]
- SCHNETZINGER, K. (1972): Oberflächenverglebung im Raum Zell am See. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., 16: 107–110; Wien.
- SEMMELE, A. (1964): Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen. Notizbl. hess. Landesamt für Bodenforschung, 92: 275–285, 3 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- SIEDEK, P., & VOSS, R., & FLOSS, R., & BRÜGGEMANN, K. (1982): Die Bodenprüfverfahren bei Straßenbauten. XI + 237 S., 80 Abb., 28 Tab., 20 Anl.; Düsseldorf.
- SIMMERSBACH, P. (1982): Über Translationsgleitungen in alpinen Hängen. In: BUNZA, G., & KARL, J., & MANGELSDORF, J. (1982): Geologisch-morphologische Grundlagen der Wildbachkunde. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, 17, Teil III: 103–128; München.
- SONNTAG, H. (1989): Blaikenbildung in den Berchtesgadener Alpen – Ursachen und Entwicklung. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Physische Geographie Univ. Augsburg. [Unveröff.]
- SPANDAU, L. (1988): Angewandte Ökosystemforschung im Nationalpark Berchtesgaden. Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden, 16: 88 S.; Berchtesgaden.
- SPANDAU, L., & SIUDA, C. (1985): Das Geographische Informationssystem im MaB-Projekt 6. Fachbereichsbericht des FB 93 Kartographie des Lehrstuhls für Landschaftsökologie der TU München/Weihenstephan. [Unveröff.]
- SPATZ, G. (1981): Die Weidewirtschaft im Gebirge und ihre Auswirkung auf die Bodenerosion. Berichte über Landwirtschaft, Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Sonderheft, 197: 49–54.
- SPRINGER, S., & SPATZ, G. (1985): Grünlandkartierung auf Almen im Alpenpark Berchtesgaden. Abschlußbericht MaB 6, Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der TU München/Weihenstephan. [Unveröff.]
- STAHR, A. (1991): Bodenphysikalische Ursachen von Waldabbrüchen im Zentralalpinen Raum. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 162 (8): 150–154, 4 Abb., 1 Tab.; Frankfurt am Main.
- STAHR, A. (1994 in Vorb.): Bodenkundliche Aspekte der Blaikenbildung auf Almen. Ein Beitrag zur Genese von Blattanbrüchen in schluffreichen Almböden. Diss. an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.
- STAHR, A., & DOMMERMUTH, C. (1993): Erosion im Hochgebirge und der strukturelle Wandel in der Almwirtschaft. Spektrum der Wissenschaft, 5: 16–18; Heidelberg.
- STAHR, K. (1979): Die Bedeutung periglazialer Deckschichten für Bodenbildung und Standorteigenschaften im Südschwarzwald. Freiburger Bodenkundl. Abhdl., 9: 273 S., 30 Abb., 27 Tab., 1 Kt., umfangr. Anhang; Freiburg i. Breisgau.
- STINY, J. (1931): Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern. 121 S., 40 Abb.; Wien.
- STOCKER, E. (1985): Zur Morphodynamik von „Plaiken“, Erscheinungsformen beschleunigter Hangabtragung in den Ostalpen anhand von Messungsergebnissen aus der Kreuzeckgruppe, Kärnten. Mitt. d. Österr. Geographischen Gesellschaft, 127: 44–70; Wien.
- TOLLMANN, A. (1973): Grundprinzipien der alpinen Deckentektonik: 404 S.; Wien.
- TOLLMANN, A. (1976): Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. 449 S., 130 Abb., 7 Taf.; Wien.
- ÜBLAGGER, G. (1989): Erkundung und Bewertung von Wildbacheinzugsgebieten. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 4: 117–147; München.
- VEIGEL, A. (1991): Bergstürze am Achberg bei Unken und am Hirschangerkopf bei Berchtesgaden (Nördliche Kalkalpen). Geomechanische Ursachen mit Spezialkartierung im Maßstab 1:10.000. Diplomarbeit des Lehrstuhl für Allgemeine, Angewandte und Ingenieur-Geologie der TU München. [Unveröff.]
- ZANKL, H. (1962): Die Geologie der Torrener-Joch-Zone in den Berchtesgadener Alpen. Zeitschr. dt. Geologische Gesellschaft, 113: 446–462; Hannover.
- ZECH, W., & VÖLKL, W. (1979): Beitrag zur bodensystematischen Stellung kalkalpiner Verwitterungslehme. Mitt. d. dt. Bodenkundl. Ges., 29: 661–668; Oldenburg.
- ZENKE, B. (1985): Lawenstriche im Bergwald. Jahrbuch d. Vereins zum Schutze der Bergwelt, 50: 49–63; München.
- ZENKE, B., & HILDEBRANDT, M. (1983): Vorschlag eines statistisch-graphischen Verfahrens zur Lawinenreichweitenbestimmung auf un stetigen Strichen. Wildbach und Lawinenverbau, 47 (2): 59–78; Wien.
- ZENKE, B. (1989): Die Lawinensituation im bayerischen Alpenraum. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 4: 163–182; München.
- ZOLLINGER, F. (1976): Die Ausscheidung von Gefahrenzonen. Dokumente und Informationen zur Schweizerischen Orts-, Regional- und Landesplanung, 42: 28–38; Zürich.
- ZWECKL, J. (1986): Untersuchungen zu Abtragsformen und Bodenschäden im Testgebiet Jenner. MaB-Projekt 6. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Landschaftsökologie der TU München/Weihenstephan. [Unveröff.]
- ZWECKL, J., & SPANDAU, L. (1987): Untersuchungen zur Blaikenerosion im Jennergebiet des Nationalparks Berchtesgaden. Landschaft und Stadt, 19 (3): 122–128; Stuttgart.

Anhang

Zusammenfassung der Bodeneinheiten der forstlichen Standortkartierung (Freyer 1988)

1	Festgestein, (Kalk, Dolomit, Mergelkalke etc.)	Bodeneinheiten: 10, 20, 30
2	Blockschutt, Blöcke, Gesteinsschutt	Bodeneinheiten: 50, 51
3	Zersatz, Grus	Bodeneinheiten: 52, 70
4	Syroseme (On) IS bis grusig, st. steinig bis blockreich	Bodeneinheiten: 11, 21, 31, 55
5	Syroseme/Regorendzina (O-R) IS, st. steinig, Gründigkeit z.T. > 60 cm	Bodeneinheiten: 56 – 60
6	Regorendzina, verbraunt (Rn) utL, st. steinig, Gründigkeit z.T. > 60 cm	Bodeneinheiten: 61 – 63
7	Tangel-/Moderrendzina (Rt/Rm) gering mächtig bis 30 cm, mäßig bis st. sauer, mäßig bis gut zersetzt	Bodeneinheiten: 1, 2, 5, 6
8	Tangel-/Moderrendzina (Rt/Rm) mächtig > 60 cm, mäßig bis st. sauer, mäßig bis gut zersetzt	Bodeneinheiten: 3, 4, 7, 8
9	Rendzina/Rendzinabraunerde (Rn/R-B) uL/sIU/sL, st. steinig, flachgründig	Bodeneinheiten: 22, 73
10	Braunerde (Bn) sU – utL, flachgründig, st. steinig	Bodeneinheiten: 32, 76
11	Braunerde (Bn) sU – utL, mittel- bis tiefgründig, mittel bis st. steinig, z.T. auf Moräne	Bodeneinheiten: 23, 24, 33, 34, 74, 75, 77, 78
12	Podsolbraunerde, podsolige Braunerde (P-B/pB) uL, mittel- bis st. steinig, flach- bis tiefgründig	Bodeneinheiten: 35 – 37
13	Braunerdepodsol (B-P) sU – IS, st. steinig, flach- bis tiefgründig	Bodeneinheiten: 38 – 40
14	Terra fusca/Braunerde (CF-B) utL – IT, schw. steinig bis skelettfrei, flach- bis tiefgründig	Bodeneinheiten: 25 – 27
15	Pelosol/Pelosolpseudogley (Dn/D-S) utL – IT, naß, mehr oder weniger humose Verwitterungslehme, skelettfrei	Bodeneinheit: 28
16	Pseudogley (Sn) stL – tL, naß, skelettfrei, humusreiche Lehme unterschiedl. Herkunft	Bodeneinheit: 82
17	Hanggley (NG) IS bis Grus, hangnaß, st. humos (Auflage)	Bodeneinheit: 81
18	Hangpseudogley-Gley (Sg-G) stL – IT, naß, skelettfrei bis schw. steinig, Verw. lehme aus Haselgeb., st. humos	Bodeneinheiten: 29, 83
19	Gley (Gn) IS bis Grus, naß, st. humos (Auflage)	Bodeneinheit: 80
20	Stagnogley (SSn) IS – sL, naß, sauer, st. steinig	Bodeneinheiten: 41, 42
21	Humusgley/Quellengley (Gh/QGn) sL – stL, z.T. quellig, eutroph, Mullaufage	Bodeneinheit: 84
22	Stagnogley (SSH) sehr humusreich, naß	Bodeneinheit: 91
23	Anmoorgley (GAN)	Bodeneinheit: 92
24	Flachniedermoor (HNn)	Bodeneinheit: 93
25	Niedermoor (HNn)	Bodeneinheit: 94
26	Übergangsmoor (HUn)	Bodeneinheit: 95
27	Hochmoor (HHn)	Bodeneinheit: 96
28	Kolluvium/Äolium (Kn/KAn) utL/IS, schw. bis st. steinig, flach- bis tiefgründig, st. humos	Bodeneinheiten: 12 – 15, 64, 65, 71, 72
29	Kolluvium (Kn) utL – LU, schw. steinig, tiefgründig, humos bis st. humos	Bodeneinheiten: 66 – 69

In der Reihe der Forschungsberichte sind erschienen:

- Nr. 1 G. Enders
Theoretische Topoklimatologie
- Nr. 2 R. Bochter, W. Neuerburg, W. Zech
Humus und Humusschwund im Gebirge
- Nr. 3 Herausgeber Nationalparkverwaltung
Zur Situation der Greifvögel in den Alpen
- Nr. 4 G. Enders
Kartenteil: Theoretische Topoklimatologie
- Nr. 5 O. Siebeck
**Der Königssee
Eine limnologische Projektstudie**
- Nr. 6 R. Bochter
**Böden naturnaher Bergwaldstandorte
auf carbonatreichen Substraten**
- Nr. 7 Herausgeber Nationalparkverwaltung
Der Funtensee
- Nr. 8 H. Schmid-Heckel
**Zur Kenntnis der Pilze in den Nördlichen
Kalkalpen**
- Nr. 9 R. Boller
**Diplopoden als Streuzersetzer in einem
Lärchenwald**
- Nr. 10 E. Langenscheidt
**Höhlen und ihre Sedimente in den
Berchtesgadener Alpen**
- Nr. 11 Herausgeber Nationalparkverwaltung
Das Bärenseminar
- Nr. 12 H. Knott
**Geschichte der Salinenwälder von
Berchtesgaden**
- Nr. 13 A. Manghabati
**Einfluß des Tourismus auf die
Hochgebirgslandschaft**
- Nr. 14 A. Spiegel-Schmidt
**Alte Forschungs- und Reiseberichte
aus dem Berchtesgadener Land**
- Nr. 15 H. Schmid-Heckel
Pilze in den Berchtesgadener Alpen
- Nr. 16 L. Spandau
**Angewandte Ökosystemforschung im
Nationalpark Berchtesgaden**
- Nr. 17 W. Berberich
Das Raum-Zeit-System des Rotfuchses
- Nr. 18 U. Mäck, R. Bögel
**Untersuchungen zur Ethologie und
Raumnutzung von Gänse- und Bartgeier**
- Nr. 19 B. Dittrich, U. Hermsdorf
Biomonitoring in Waldökosystemen
- Nr. 20 F. Kral, H. Rall
Wälder – Geschichte, Zustand, Planung
- Nr. 21 M. Klein, R.-D. Negele, E. Leuner, E. Bohl,
R. Leyerer
**Fischbiologie des Königssees:
Fischereibiologie und Parasitologie**
- Nr. 22 W. Traunspurger
**Fischbiologie des Königssees:
Nahrungsangebot und Nahrungswahl
Bd. I**
- Nr. 23 R. Gerstmeier
**Fischbiologie des Königssees:
Nahrungsangebot und Nahrungswahl
Bd. II**
- Nr. 24 W. Hecht, M. Förster, F. Pirchner,
R. Hoffmann, P. Scheinert, H. Rettenbeck
**Fischbiologie des Königssees:
Ökologisch-genetische Untersuchungen
am Seesaibling und Gesundheitsstatus
der Fische**
- Nr. 25 G. Hofmann
Klimatologie des Alpenparks
- Nr. 26 K. Rösch
**Einfluß der Beweidung auf die Vegetation
des Bergwaldes**
- Nr. 27 H. Remmert, P. G. Rey, W. R. Siegfried,
W. Scherzinger, S. Klaus
Kleinstmögliche Populationen bei Tieren
- Nr. 28 B. Müller, W. Berberich, A. David
Schalenwild
- Nr. 29 J. Köppel
Beitrag der Vegetation zum Wasserhaushalt
- Nr. 30 H. Zierl et al.
Die Wallfahrt über das Steinerne Meer
- Nr. 31 Peter Pechacek
Spechte im Nationalpark Berchtesgaden
- Nr. 32 Christian Dommermuth
**Beschleunigte Massenabtragung im
Jennerggebiet**

Zu beziehen über die
Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6, D-83471 Berchtesgaden

