Zur Vegetation unterschiedlich alter Blockschuttstandorte am Rossberg/SZ

Autor(en): **Grundmann, Andreas / Gillmann, Dieter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin of the Geobotanical Institute ETH**

Band (Jahr): **63 (1997)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-377806

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Zur Vegetation unterschiedlich alter Blockschuttstandorte am Rossberg/SZ

ANDREAS GRUNDMANN & DIETER GILLMANN

Geobotanisches Institut ETH, Zürichbergstrasse 38, 8044 Zürich, Switzerland

Summary

Vegetation on block-debris sites on landslides of different age

1 At the Rossberg (central Switzerland) vegetation of block-debris sites was studied on landslides of different age and extent but with the same geological bed rock ("Nagelfluh") and the same southern exposition. The survey of the vegetation was adapted to the inhomogeneous and small-scale structure of the forest stands, including moderately tilted block surfaces and steep block flanks. Three old-grown submontane forest stands on prehistoric landslides were compared with younger stands on the landslide at Goldau from 1806.

2 The forest stands on ancient landslides are mature beech forests of the sub-alliances Galio-Fagenion, Lonicero-Fagenion and Tilio-Acerion. Steep block flanks are dominated by moss communities (Thamnietum alopecuri and Neckero-Anomodontetum). Tilted block surfaces are covered with herb species and tree saplings. In contrast, at the younger landslide at Goldau typical herbs of Fagenion communities are much rarer, while calciophilous shrubs and herbaceous species, which are indicators of variable soil humidity, are more common.

3 The soils of ancient landslides are highly variable yielding a complicated mosaic including well developed, acidic and skeleton-poor brown earths, regosols and basic skeleton-rich pararendzinas. Succession of soil and vegetation are complicated by more recent small-scale rock falls. Such disturbances partly explain the mosaic character of the forest stands investigated.

Zusammenfassung

1 Auf Fels- und Bergstürze zurückgehende Blockschuttstandorte am Rossberg ermöglichen es, die Vegetationsentwicklung innerhalb und zwischen verschieden alten Blockstandorten bei gleichem geologischen Untergrund und gleicher Exposition zu studieren. Mit einem an Kleinflächigkeit und Inhomogenität angepassten Verfahren zur Vegetationserfassung wurden drei alte, submontane Wälder auf Nagelfluhschutt am Rossberg bezüglich darin vorkommender Wald- und Felsstandorte untersucht und mit jungen Beständen aus dem «Goldauer Bergsturz» von 1806 verglichen.

2 Die Wälder auf alten Blockschuttstandorten ähneln gereiften, anspruchsvollen (Kalk-) Buchenwaldtypen (Galio- und Lonicero-Fagenion) mit teilweisem Anklang an die Ahorn- und Lindenwälder (Tilio-Acerion). Felsflanken zeigen ein von Moosen dominiertes Bild und können dem Thamnietum alopecuri und den Neckero-

Anomodonteten angeschlossen werden. Flache Blockoberflächen werden von Waldkräutern und Baumverjüngung bestockt. Im Vergleich mit den alten Blockstandorten sind im Goldauer Bergsturzgebiet anspruchsvolle Buchenwaldpflanzen deutlich schwächer vertreten, dafür sind dort «Kalksträucher» sowie Kraut- und Grasarten, die wechselnde Feuchtigkeitsverhältnisse ertragen, häufiger.

3 Die Böden der alten Blockschuttstandorte reichen von weit entwickelten, sauren und skelettarmen Braunerden über Regosole bis zu basischen, sehr skelettreichen Pararendzinen und weisen in der Regel einen kleinräumigen, mosaikartigen Wechsel auf. Boden und Vegetation verharren in einem «metastabilen» Dauerzustand. Kleine Abbrüche und Rutschungen sind für die Untersuchungsgebiete dokumentiert und ereignen sich immer wieder. Diese Störungen lösen lokale Vegetations- und Bodenentwicklungsvorgänge aus und erklären das Fehlen grossflächig homogener Böden.

Keywords: block flanks, forest vegetation, landslide at Goldau, soil development, succession

Bulletin of the Geobotanical Institute ETH (1997), **63**, 45–67

Einleitung

Der Rossberg im Kanton Schwyz am Zentralschweizer Alpennordrand ist bekannt als Felssturzhang. Aufgrund der geologischen Verhältnisse – zerklüftete Nagelfluhplatten über Mergelschichten – haben an dessen Südhang seit Ende der Eiszeit eine Reihe von Bergstürzen, Felsabbrüchen und Rutschungen stattgefunden (Kopp 1936). Der «Bergsturz von Goldau» aus dem Jahre 1806 war in diesem Zusammenhang das spektakulärste Ereignis und ist wegen der grossen Ausdehnung und des genau bekannten Abbruchdatums vegetationskundlich äusserst aufschlussreich. Die Waldentwicklungsstufen, die heute auf dem rund 6 km^2 grossen, ehemals vegetationsfreien Schuttareal stocken, reichen von pionierartigen Bergföhrenhainen in der obermontanen Stufe bis zu weit entwickelten Nadel-Laub-Mischwäldern in der submontanen Stufe. An waldfreien Stellen befinden sich diverse Nass- und Trockenstandorte. Vor allem das untere Bergsturzgebiet ist durchsetzt von Nagelfluhblöcken in eindrucksvoller Anordnung und Grösse, welche von Moosen und üppigen Strauch- und Krautfluren überwachsen sind.

Ausserhalb des Felssturzes von 1806 existieren am Rossberg weitere bewaldete Blockschuttstandorte, die auf ältere Bergstürze und Felsabbrüche zurückgehen. Diese Tatsache ermöglicht heute, die Vegetationsentwicklung innerhalb und zwischen verschiedenen (ruhenden) Blockschuttstandorten zu studieren. Die Wälder innerhalb des Goldauer Bergsturzes werden zurzeit in einer umfassenden Studie untersucht (Grundmann in Vorb.). Im Rahmen einer flankierenden Untersuchung wurden von Gillmann (1995) verschiedene submontane Wälder auf alten Blockschuttstandorten ausserhalb des Sturzgebietes von 1806 bearbeitet. Die vorliegende Veröffentlichung gibt einen Überblick über diese alten Blockschuttstandorte und zieht erste Vergleiche mit den wesentlich jüngeren

Beständen im unteren Bergsturzgebiet von Goldau.

Material und Methoden

UNTERSUCHUNGSGEBIETE

Für die Untersuchung wurden drei Blockschuttwälder am Rossberg ausgewählt. Sie mussten eine Fläche umfassen, die eine genügend grosse Anzahl an Aufnahmen erlaubt, und durften nur Blockmaterial aus ortstypischem Nagelfluhschutt enthalten, d.h. keine Hartkalk- oder Urgesteinsblöcke, wie sie am Fuss des Rossberges stellenweise in Blockwäldern auf Moränen anzutreffen sind. Bei den gewählten Untersuchungsgebieten handelt es sich um den «Härzigwald» oberhalb Oberarth, um den «Nagelwald» nordwestlich von Steinen, unterhalb einer circa 15–25 m hohen Abbruchkante, und um einen Wald bei «Pfaffenrist», südwestlich «Ecce Homo», mit der dazugehörigen Abbruchkante an dessen Westrand (vgl. Tab. 1; Abb. 1). Die Blockbestände im Härzigwald gehen auf den «Bergsturz von Oberarth» zurück, bei dem einst die Nagelfluhschichten westlich des Abbruchgebietes des Goldauer Bergsturzes abgestürzt sind. Aufgrund von Altersbestimmungen mit der Radio-Carbon-Methode beträgt das Alter dieses Sturzes nach Meili (1982) mindestens 3000 Jahre. Bei Pfaffenrist geht der Schutt auf eine grössere Felsmasse zurück, die in prähistorischer Zeit in Richtung Steinen abgerutscht ist (vgl. Kopp 1936). Auf einen relativ alten Abbruch dürfte ebenfalls der im Nagelwald liegende Blockschutt zurückzuführen sein.

Der Blockschutt in den Untersuchungsgebieten besteht aus Nagelfluh, einem Konglomerat-Mischgestein mit kalkhaltigen und kalkfreien Geröllkomponenten (vgl. Früh 1888; Vogel & Hantke 1988). Zwischen den Nagelfluhschichten sind vereinzelt Sandstein- und leicht verwitterbare Mergellagen enthalten. Die Blöcke haben hauptsächlich quaderähnliche Formen, mit steilen, oft senkrechten Flanken und ebenen Blockoberflächen. Die Grösse der Nagelfluhblöcke reicht von kleinen, weniger als ein Kubikmeter grossen Exemplaren bis zu einzelnen haushohen Blöcken mit Volumen von über 1000 m^3. Kellerstrukturen, in Form übereinanderliegender Blöcke, sind nur im Nagelwald gelegentlich anzutreffen. Bei Stürzen werden Nagelfluhbrocken zertrümmert und in die ursprünglichen Geröllbestandteile zerlegt, welche dann als Feinschutt zwischen grösseren Blöcken liegenbleiben. Der Boden zwischen den Nagelfluhblöcken weist in der Regel eine Mineralerdeschicht auf und kann mit Einschränkungen wie ein «normaler Waldboden» angesehen und entsprechend aufgenommen werden. Auf ihm stocken auch die meisten Bäume, die das Kronendach aufbauen. Das Verhältnis der vertikalen Projektion der Blöcke gegenüber der Grundfläche liegt im Härzigwald bei durchschnittlich 15 % und ist nur lokal höher. Bei Pfaffenrist und im Nagelwald erreicht es 35–50 %, wobei der Blockschutt im Nagelwald bezüglich Strukturreichtum und Variabilität grösser ist und mit Spitzenhöhen von über 10 m am ehesten den Verhältnissen im Goldauer Bergsturz entspricht.

Im Untersuchungsgebiet herrscht ein typisches, subozeanisch geprägtes Voralpenklima. Die geographische Lage am Alpennordrand bewirkt, dass die von West- bis Nordwest kommenden Wolken hier erstmals gestaut werden. Die Niederschlagsmenge ist gegenüber dem Mittelland deutlich erhöht und beträgt für die untersuchten Orte rund 1400–1500 mm pro Jahr. Regelmässige, längere Föhnphasen im Frühjahr und Herbst und die Nähe der Alpenrandseen prägen das Lokalklima mit.

Tab. 1. Geographische Lage und Beschreibung der Untersuchungsflächen

Lokalname	Koordinaten	Höhe	Neigung	Exposition
Alte Blockschuttstandorte am Rossberg				
Härzigwald	684'200 / 213'200	650–830 m	25–30°	SW–S
Pfaffenrist	689'200 / 213'100	710 m	15°	SE
Nagelwald	688'500 / 212'100	550–630 m	15°	SW–S
Vergleichstandorte aus Goldauer Bergsturz				
Schutt	685'000 / 211'000	470–530 m	0–20°	–
Schuttwald	685'200 / 212'300	520–680 m	10–30°	SW–SE

VEGETATIONSAUFNAHMEN

Um später direkte Vergleiche zu ermöglichen richtete sich die Erfassung der Vegetation im Prinzip nach dem im Goldauer Bergsturz angewandten Verfahren (Grundmann in Vorb.). Das methodische Problem bei der Aufnahme von Blockschuttstandorten war der Umgang mit der Inhomogenität. Von vornherein wurde die Vegetation auf «quasi-homogenem» Waldboden zwischen den Blöcken und die Vegetation an steilen Blockflanken und auf flacheren Blockoberflächen jeweils getrennt erfasst. Die Vegetation lässt sich auf diese Weise nach Teilstandorten getrennt aufschlüsseln (vgl. Schuhwerk 1986). Ferner kann später basierend auf diesen Teileinheiten der Blockschuttwald als Vegetationskomplex gefasst werden.

In der Regel wurden eher etwas kleinere Flächen aufgenommen, wenn sie dafür homogener waren. Trotzdem war eine gewisse

Abb. 1. *Nagelwald bei Steinen. Der Bestand entspricht dem Bingelkraut-Block-Buchenwald mit Hirschzunge.*

Inhomogenität in den Aufnahmeflächen unvermeidlich. Inhomogenitäten gehören zu den typischen Standortseigenschaften von Blockschuttwäldern und treten sowohl bei grossem als auch bei kleinem Betrachtungsmassstab auf. Die durchschnittliche Flächengrösse bei den Waldaufnahmen betrug 47 m^2, bei den flachen Block-Oberflächen 5,6 m^2 und den Block-Flanken 3,0 m^2. Barkman (1990) postulierte für die Grösse des Aufnahmeareals die Faustregel «Probefläche in m^2 gleich wie Vegetationshöhe in dm». Es erscheint sinnvoll, diese Regel auf die einzelnen Vegetationsschichten zu beziehen. Für die Blockflanken und die Blockoberflächen mit einer durchschnittlichen Vegetationshöhe der Krautschicht von 30 cm kann nach diesem Richtwert von einer ausreichenden Flächengrösse ausgegangen werden. Bei den Wäldern gilt dies auch für die Strauchschicht, während Aussagen über die Baumschicht nur mit Vorbehalt gemacht werden dürfen, da hierfür das zugrundeliegende Aufnahmeareal sehr knapp bemessen ist. Die Vegetationsaufnahmen erfolgten von Mai bis September 1994. Notiert wurde die Artmächtigkeit nach Braun-Blanquet (vgl. Dierschke 1994); die auffälligen und häufigen Moose wurden ebenfalls erfasst. Daneben wurden qualitative Angaben zur Substratbeschaffenheit und einzelne Bodenprofile erhoben. Während gemeinsam durchgeführter Feldtage wurde das Flächenauswahl- und das Artmächtigkeits-Schätzverfahren zwischen beiden Autoren angeglichen, so dass bezüglich der angewandten Methoden innerhalb und ausserhalb des Bergsturzgebietes von einer weitgehenden Übereinstimmung ausgegangen werden kann.

AUSWERTUNG

Die Aufnahmen wurden mittels multivariater Verfahren und klassischer Tabellenarbeit zu Typengruppen zusammengestellt und zu synthetischen Tabellen mit Stetigkeitsangaben zusammengefasst (vgl. Tab. 2–4); die Stetigkeitsklassen richten sich dabei nach Dierschke (1994). Arten, die in keiner Gruppe die Stetigkeit II erreichten, wurden in der Regel weggelassen. In den Tabellen wurde der Median der Artmächtigkeit als hochgestellte Signatur angeführt. Lagen bei einer Aufnahmegruppe weniger als fünf Aufnahmen vor, so wurde an Stelle der relativen die absolute Stetigkeit angegeben.

Aus dem Goldauer Bergsturzgebiet bzw. aus dem dort im Talgrund gelegenen «Schutt» und dem im unteren Teil der Sturzbahn gelegenen «Schuttwald» wurden Vergleichsbestände herausgesucht. Stark wechseltrockene und nasse Wälder, voll besonnte Blockoberflächen usw. blieben dabei unberücksichtigt, da solche Typen auf den alten Blockschuttstandorten nicht beobachtet wurden. Ihre Darstellung erfolgt in einer separaten Veröffentlichung (Grundmann in Vorb.). Die Stetigkeitswerte dieser Vergleichsbestände wurden jeweils am rechten Rand der Tabellen aufgeführt. Mit einer Balkensignatur wurden jene Arten hervorgehoben, die in den alten Untersuchungsgebieten oder in den jungen Vergleichsbeständen ein deutliches Schwergewicht besitzen.

Für die Wälder und die Blockflanken wurde mit Mulva-5 (Wildi & Orlóci 1996) je eine Hauptkoordinatenanalyse unter Einbezug der Vergleichsaufnahmen aus dem Goldauer Bergsturz gerechnet (Eingangstransformationen: Quadratwurzel der aufsteigenden Rangfolge der Artmächtigkeitsklassen und Standardisierung der Aufnahmevektoren auf Einheitslänge; Ähnlichkeitsmass: Van der Maarel-Koeffizient). Pro Teilstandort wurden die Einzelaufnahmen bezüglich der ersten beiden Hauptkoordinatenachsen ordiniert und für jeden unterschiedenen Typus das Gruppenzentrum eingezeichnet. Generell

kann gesagt werden, dass Bestände, die in der Projektion nahe beieinander liegen, auch floristisch ähnlich sind. Für die Vegetationsaufnahmen wurden ferner die mittleren gewichteten Zeigerwerte nach Landolt (1977) berechnet und mit den Hauptkoordinatenachsen korreliert.

Resultate

WÄLDER

Die gebräuchliche Einteilung der Waldgesellschaften der Schweiz basiert auf der Arbeit von Ellenberg & Klötzli (1972). Ausser für die Einheiten, die explizit auf Blockstandorten beschrieben wurden, wie zum Beispiel das Phyllitido-Aceretum (E+K 22; vgl. Ellenberg & Klötzli 1972) oder das Asperulo-Tilietum (E+K 25) wurden diese Waldgesellschaften auf homogenem Substrat mit entwickelten (Klimax-)Böden gefasst. Aufgrund der vorhandenen Bodenverhältnisse ist diese Bedingung auf den alten Blockschuttstandorten am Rossberg nur näherungsweise gegeben. Blockstandorte bleiben selbst noch nach Jahrhunderten Sonderstandorte; dies gilt insbesondere für die Verhältnisse im Goldauer Bergsturz. Zuordnungen zu den traditionellen Einheiten sind hier deshalb nur im Sinne von Analogieschlüssen bezüglich einer sich abzeichnenden Entwicklungstendenz zu verstehen und nicht als absolute Eingliederung ins bestehende System.

Boden

Die Bodenprofile der untersuchten Waldflächen reichen von mächtigen, tiefgründig versauerten, in der Regel basenreichen, skelettarmen bis skelettreichen Braunerden über Regosole bis hin zu flachgründigen Pararendzinen (vgl. Abb. 2). Selten kommen auch Pseudogleye vor. Bei Regosolen ist verglichen mit Pararendzinen bereits eine Sekundärentwicklung des Bodens angelaufen. Häufungen einzelner Bodentypen kommen nur im Südostzipfel des Härzigwaldes (saure Braunerden) und im unmittelbaren Bereich der Abbruchkanten im Nagelwald und bei Pfaffenrist vor (Pararendzinen und Regosole). Ansonsten ist ein kleinräumiger und unregelmässiger mosaikartiger Wechsel der Bodentypen charakteristisch für die Untersuchungsgebiete (vgl. Abb. 5). Wo der Blockanteil lokal hoch ist, präsentiert sich der Boden meist skelettreicher und weniger weit entwickelt. Der oberflächlich sichtbare Blockschuttanteil kann somit tendenziell als Indikator für die Beschaffenheit des Bodens dienen.

Hangbuchenwald mit «Kalksträuchern» (hFk)

Dieser Typ wurde nur im Härzigwald vorgefunden, auf sauren, mehrheitlich skelettarmen, tiefgründigen Braunerden. Wie in nahezu allen Beständen der drei untersuchten Blockstandorte sind Arten mesophiler Buchenwälder wie *Lamium montanum, Galium odoratum, Carex silvatica, Phyteuma spicatum, Polygonatum multiflorum, Anemone nemorosa* und *Viola silvestris* vorherrschend (vgl. Tab. 2). Gleichzeitig tritt hier die sonst oft aspektbildende *Mercurialis perennis* zwar nicht in Stetigkeit, dafür aber in der Artmächtigkeit deutlich zurück. An Straucharten kommen *Corylus avellana, Lonicera xylosteum, Ilex aquifolium, Carpinus betulus* sowie die Kalksträucher *Ligustrum vulgare, Crataegus monogyna, Rosa arvensis* und *Evonymus latifolia* vor. In der Baumschicht treten neben Buche, Bergahorn und Esche die Sommer- und Winterlinde auf. Der Standort ist nährstoffreich, genügend wasserversorgt und zumindest lokal gut basenversorgt. Die Bestände können trotz relativ saurer Böden als Vertreter des Galio odorati-Fagetum cornetosum (E+K 7e) angesprochen werden. *Lilium mar-*

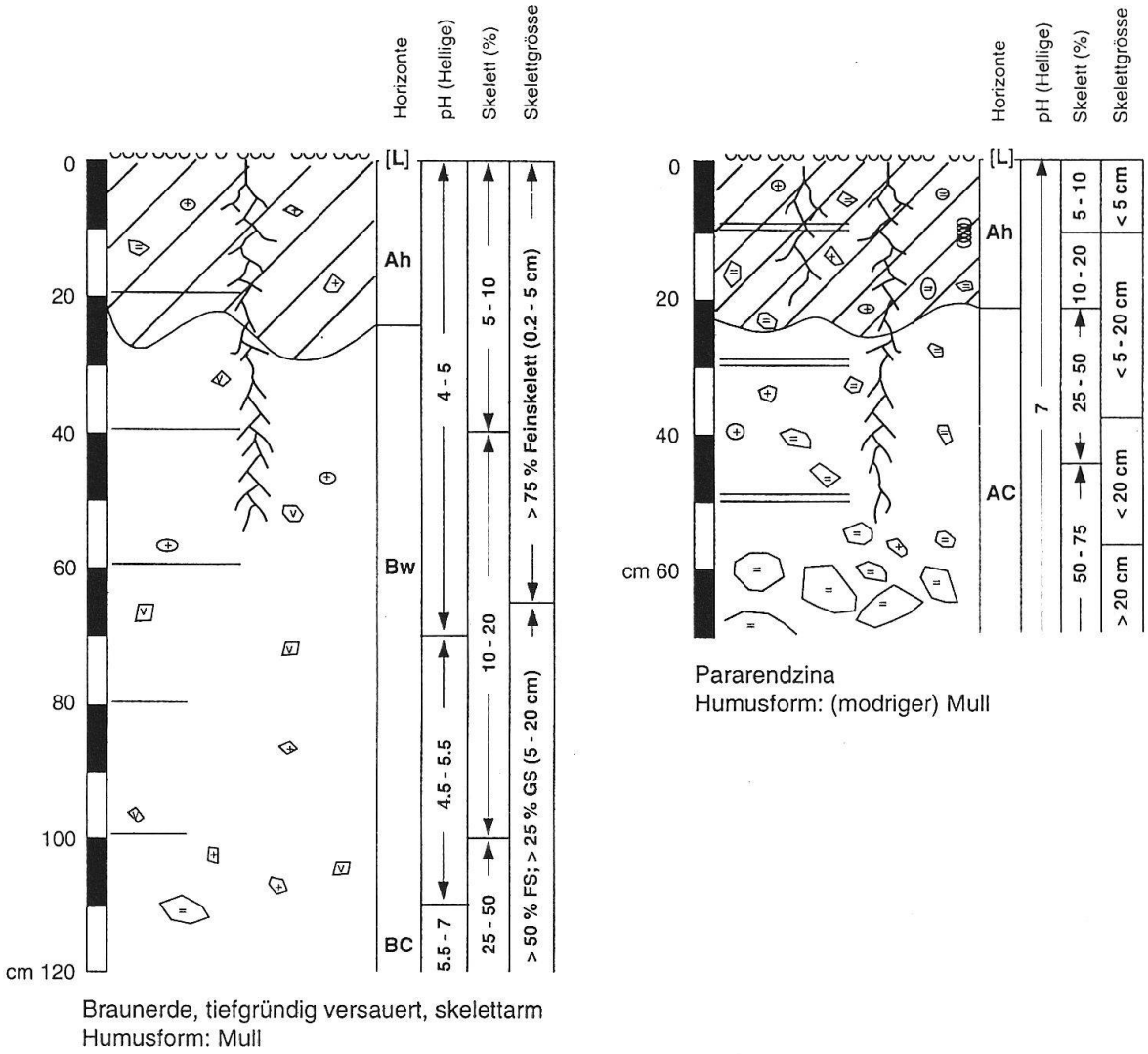

Abb. 2. Bodenprofil einer sauren Braunerde aus dem Härzigwald und einer Pararendzina aus dem Nagelwald.

tagon, Campanula trachelium, Hepatica triloba, Viola hirta, Hieracium murorum und *Carex montana* lassen Anklänge an die ökologisch nahen, trockenen Lathyro- bzw. Pulmonario-Fageten (E+K 10) erkennen.

Hangbuchenwald mit Bingelkraut (hFm)

Hier handelt es sich um in Hanglage vorkommende Bestände mit einem gegenüber obigem Typus erhöhten Skelettanteil. *Mercurialis perennis* tritt nun mit deutlich höheren Artmächtigkeiten auf. Ebenfalls nehmen *Hepatica triloba, Carex digitata* und *Arum maculatum* zu. Die Kalksträucher nehmen hingegen etwas ab. Der Typ kann dem Lathyro-Fagetum typicum bzw. Pulmonario-Fagetum typicum (E+K 9) zugeordnet werden.

Bingelkraut-Block-Buchenwald mit Hirschzunge (mBp)

Diese Bestände finden sich auf stark von Blöcken geprägten Standorten, in der Regel über 700 m ü. d. M., in Mulden oder in flacher Lage, aber auch an mittelstark geneigten Hängen. Die Krautschicht wird während der ganzen Vegetationsperiode von *Mercurialis perennis* dominiert. Oft ist *Sambucus nigra* mit hoher Deckung anzutreffen. Die Kalksträu-

cher hingegen fehlen. Als Baum tritt vermehrt die Ulme auf. Charakteristisch sind die luftfeuchtezeigenden Farne *Dryopteris filix-mas, D. dilatata, D. borreri, Athyrium filix-femina* und *Phyllitis scolopendrium*. Neben der stark vertretenen *Oxalis acetosella* kommen auch vereinzelte Feuchtezeiger vor. Die üppig bemoosten Blöcke dürften hier generell die Feuchtigkeitssituation begünstigen. Die bewachsene Fläche wird gegenüber einem flachen oder am Hang gelegenen Waldboden beträchtlich erhöht. Die Moospolster vermögen Niederschlag zu speichern und wieder an die Umgebung abzugeben. In Muldenlage verringern unregelmässig verteilte Blöcke zusammen mit einem gut geschlossenen Kronendach den Luftaustausch, so dass insgesamt ein ausgeglichenes, luftfeuchtes und kühles Lokalklima entsteht. Die Böden sind Regosole oder nicht sehr tiefgründige, skelettreiche Braunerden. Die Artenzusammensetzung entspricht dem Mercurialio- bzw. Cardamino-Fagetum (E+K 12), zeigt aber bereits deutliche Beziehungen zum Phyllitido-Aceretum (E+K 22).

Hangbuchenwald mit Bärlauch (hFa)

Diese im Untersuchungsgebiet nur in Hanglage vorkommende Einheit ist im Frühjahr gekennzeichnet durch die Dominanz von *Allium ursinum*. Daneben kommen *Arum maculatum, Paris quadrifolia, Phyllitis scolopendrium* und *Sambucus nigra* hochstet vor. *Hedera helix* tritt als üppige Baumliane auf. Die Aufnahmen entsprechen dem Aro-Fagetum (E+K 11). Die Böden sind frische, zum Teil hangfeuchte, nährstoff- und tonreiche, kalkhaltige, biologisch aktive Braunerden.

Verlustlagenbestände (V)

Bei dieser Gruppe handelt es sich um Verlustlagen südwestlicher Exposition auf einer Abbruchkante im Härzigwald. Die Krautschicht ist nur schwach entwickelt. Anspruchsvolle Kräuter fehlen fast vollständig, dafür treten eine Reihe von Säure- und Verhagerungszeiger (*Calluna vulgaris, Hypnum cupressiforme*) auf. Der Boden ist trockener und saurer als bei allen anderen Aufnahmen. Die bei-

Tab. 2. *Stetigkeitsvergleich der Waldbestände alter Blockschuttstandorte am Rossberg und der Vergleichsbestände aus dem Goldauer Bergsturz. Die Balkensignatur gibt den Schwerpunkt für das Auftreten der Arten an*

Alte Blockstandorte am Rossberg

Ba	Blockwald mit Turinermeister
Bp	Blockwald mit Hirschzunge
hFa	Hangbuchenwald mit Bärlauch
mBp	Bingelkraut-Block-Buchenwald mit Hirschzunge
hFm	Hangbuchenwald mit Bingelkraut
hFk	Hangbuchenwald mit Kalksträuchern
V	Verlustlagenbestände

Vergleichsbestände des Goldauer Bergsturzes

T	Trockener Typ
TF	Trocken-frischer Typ
FK	Frisch-kühler Typ

Vegetationsschichten

B	Baumschicht	S	Strauchschicht	K	Krautschicht	M	Moosschicht

Arteigenschaften

b	Basenzeiger	t	Trockenheitszeiger	m	mittlere Verhältnisse
s	Säurezeiger	l	Luftfeuchtezeiger	r	reiche Verhältnisse
(w)f	(Wechsel-) Feuchtezeiger	mo	Montanzeiger	a	arme Verhältnisse

WALDBESTÄNDE			ALTE BLOCKSCHUTTSTANDORTE AM ROSSBERG							GOLDAUER BS.		
Typ			Ba	Bp	hFa	mBp	hFm	hFk	V	T	TF	FK
Anzahl Aufnahmen			2	2	6	22	16	6	2	27	22	11
Mittlere Neigung (°)			28	35	30	14	14	17	32	19	9	13
Baumarten												
t,b	*Sorbus aria*	B								I	+	+
	Sorbus aria	S/K								II	II	IV
	Quercus robur	B					+ 2	I 2		II	+	I
	Quercus robur	S/K		1	I +	+ +	I +			III	II	II
	Juglans regia	S/K			II +	I +	II +	II +		III	I	
	Picea excelsa	B	2	1	V 2	III 2	II 2	I 2		IV	V	V
	Picea excelsa	S/K		1	III +	I +	II 1	V 1	1	V	III	III
	Ulmus scabra	B	1	2	II 3	III 2				II	II	+
	Ulmus scabra	S/K	2		V 1	IV 1	V 1	V 1	1	IV	V	V
	Fraxinus excelsior	B	1	1	II 3	III 2	IV 2	III 2		V	V	IV
	Fraxinus excelsior	S/K	2	2	V 1	V 2	V 2	V 2	2	V	V	V
	Fagus silvatica	B	1	2	V 3	V 3	V 4	V 3	2	V	III	V
	Fagus silvatica	S/K	2	2	V 1	V 2	V 1	V 1	2	V	V	V
	Acer pseudoplatanus	B	1	1	II 2	II 2	I 2	III 2		III	IV	II
	Acer pseudoplatanus	S/K	2	2	V 1	V 2	V 2	V 2	2	V	V	V
	Acer platanoides	B		1	I 2			I 2		+	I	+
	Acer platanoides	S/K	2	1	III +	III 1	V 1	V 1	2	IV	IV	V
b	*Acer campestre*	B								+	I	
	Acer campestre	S/K	1		I +	+ +	III 1	V +		III	III	II
	Abies alba	B			IV 2	I 2	I 3	I 2		II	II	IV
	Abies alba	S/K	1		V 1	III 1	IV 1	V 1	2	IV	V	V
	Tilia platyphyllos	B			I 2	II 2	I 2	IV 3		+		+
	Tilia platyphyllos	S/K	1		II 1	II 1	III 1	V 1	1	II	II	I
	Taxus baccata	B				+ 2	I 2				+	
	Taxus baccata	S/K	1			+ 2	II +	IV +	2	II	II	II
	Corylus avellana	B					+ 2	II 2		I	+	+
	Corylus avellana	S/K	1	2	II +	III +	IV +	V 1	1	V	IV	V
	Tilia cordata	B					+ 3	II 3		+	+	
	Tilia cordata	S/K			I 1		+ 1	V +	1	+	+	I
	Prunus avium	B								I		
	Prunus avium	S/K					II +	V +	1	III	IV	II
	Pinus silvestris	B							1	II	I	+
Sträucher, Lianen, Kräuter und Moose												
b	*Asperula taurina*		2									
	Actaea spicata		2							II	I	
b	*Lathyrus vernus*		2		I +	+ +	I +					
b	*Tamus communis*	S/K	1		II +	+ +	I +	I +		V	IV	
l	*Dryopteris dilatata*			1	II +	I +				+	+	II
f,r	*Allium ursinum*			1	V 4	+ 2	+ 4				+	
b	*Phyllitis scolopendrium*		2	2	IV +	III +	+ +					
r	*Sambucus nigra*	S/K	1	2	III 1	II 2	+ 1			+	+	
m	*Paris quadrifolia*		1	1	IV 1	III +	I +			IV	V	III
b	*Arum maculatum*		1		IV +	III +	II +	I +				
m	*Dryopteris filix-mas*		1		I +	III +	I +	I +	1		+	II
f	*Dryopteris borreri*		1		I +	III +		I +				
r	*Geranium robertianum*					I +	+ +	I 1		+	+	
r	*Galeopsis tetrahit*				I +	II +	+ +			+	II	
l	*Athyrium filix-femina*				I 1	II 1	+ +	II 1				+
b	*Mercurialis perennis*		2	2	V 3	V 3	V 2	V +		II	+	
m	*Galium odoratum*		2	2	III 1	V 1	IV 1	IV 2		+	+	I
	Oxalis acetosella		2	1	IV 1	V 2	III 1	III 1			I	V
m	*Ilex aquifolium*	S/K	1		III 1	II 1	V 1	IV 1	2	II	I	IV
m	*Carex silvatica*		1	2	III +	III +	V +	V 1		II	V	IV
m	*Eurhynchium striatum*	M	2	1	IV +	II +	II +	III 1		III	V	V
m	*Viola silvestris*		2	2	V 1	V 1	V 1	V 1		V	V	V
m	*Lonicera xylosteum*	S/K	1	1	II 1	II 1	II 1	V 1		V	V	V
	Rubus sp.	S/K	2	1	IV 2	IV 1	V 1	V 2	2	IV	V	V

	Typ		Ba	Bp	hFa	mBp	hFm	hFk	V	T	TF	FK
	Hedera helix	S/K	2	2	V 1	V 1	V 1	V 2	1	V	V	V
m	*Anemone nemorosa*				III 1	III 1	IV 2	III 3		II	III	I
m	*Lamium montanum*		2	2	V 2	V 2	V 2	V 2		I	IV	I
b,l	*Hedera helix*	B	2	2	V 2	IV +	III +	V +		II	III	I
	Brachythecium rutabulum	M	1			II +	I +	I +	1			
	Lysimachia nemorum					+ +	I 1				+	II
f	*Ranunculus ficaria*					+ 2	II 1					
t,b	*Hepatica triloba*		1		I 1	+ +	II 1	I 1		I		
f	*Polystichum lobatum*				I +	+ +	+ +	I +				+
m	*Primula elatior*				I +	+ +	I 1	II +			II	
f	*Eurhynchium swartzii*	M	1			I +	+ +	II +				
b	*Campanula trachelium*					+ +	I +	II 1		II	+	
t,b	*Viola hirta*						II +	II +		II	+	
b	*Lilium martagon*					+ +	II 1	III 1		+		
b	*Evonymus latifolia*	S/K				+ 1	III 1	IV 1	2	I	II	
m	*Phyteuma spicatum*		1	1	I 1	II 1	III 1	V 1		+	III	
m	*Polygonatum multiflorum*		1	1	I +	II 1	II 1	V 1		I	III	
f	*Mnium undulatum*	M			I +	I +	+ +	V +		+	IV	I
f	*Carex pendula*					+ +				+	III	
mo	*Lonicera alpigena*	S/K								I	III	I
b	*Fissidens crist./tax.*	M	1		I +	II +	II +	V 1		II	II	II
	Potentilla sterilis				I 1	+ +	II 1	V 1				
b	*Epipactis latifolia*						+ +			II	+	I
	Platanthera bifolia									II	+	II
wf	*Molinia litoralis*									II	I	II
wf,b	*Carex flacca*									III	IV	II
f	*Angelica silvestris*									III	IV	
b	*Clematis vitalba*	S/K								II	II	+
b	*Cornus sanguinea*	S/K					+ +			IV	IV	II
b	*Rosa arvensis*	S/K					II +	V 1	1	II	II	
f	*Rubus caesius*	S/K						III +		II	IV	+
b	*Crataegus monogyna*	S/K				+ 1	II +	IV 1		III	V	I
f,b	*Listera ovata*						+ +	IV +		III	V	II
b	*Ctenidium molluscum*	M					+ +	III +		III	III	II
f,b	*Viburnum opulus*	S/K				+ +	I +	II 1		V	V	III
m	*Ajuga reptans*						I +	I +		II	II	III
	Thuidium tamariscinum	M						I +		II	IV	V
m	*Sanicula europaea*							I +		II	III	IV
t,b	*Viburnum lantana*	S/K					+ +			IV	V	III
m	*Carex digitata*		2	1	I +	I +	II +	I +	1	IV	V	V
	Solidago virga-aurea				I +	+ +		III +	2	IV	IV	V
m	*Brachypodium silvaticum*		1		I 1	+ +	I +	V +		V	V	V
t,b	*Ligustrum vulgare*	S/K					+ +	IV 1		V	V	III
t	*Carex montana*							IV 1		V	III	III
	Fragaria vesca					+ +	I 1	V 1		II	II	IV
	Carpinus betulus	S/K					+ 1	IV +				
	Hieracium murorum					+ +	+ +	III 1		I		I
s	*Pteridium aquilinum*							III 1		+		
	Colchicum autumnale						+ 1	IV 1		+	+	
	Prenanthes purpurea					+ +		III +	2	III	II	IV
	Sorbus aucuparia	S/K			I +	+ 2	I +		2	I	III	IV
s	*Polytrichum formosum*	M							2	+	+	IV
a	*Hypnum cupressiforme*	M							2			
t,s	*Isothecium myurum*	M							1	+		
t,s	*Teucrium scorodonia*								1			
t,s	*Calluna vulgaris*								1			
s	*Vaccinium myrtillus*								1	+		V
mo	*Lonicera nigra*	S/K									+	III
f	*Plagochila asplenioides*	M									+	II
s	*Luzula silvatica*											II
b	*Elymus europaeus*											II
s	*Dicranum scoparium*	M										II
	Vicia sepium					+ +						II

den Flächen lassen sich als Fragmente des Luzulo silvaticae-Fagetum leucobryetosum (E+K 2) ansprechen.

Blockwald mit Hirschzunge (Bp)

Der Typ ist durch zwei Bestände am Fuss der Abbruchkante im Nagelwald repräsentiert. Die Krautschicht setzt sich hier aus *Phyllitis scolopendrium, Mercurialis perennis* und weiteren Buchenwaldarten zusammen. Die Strauchschicht wird durch *Sambucus nigra* und *Corylus avellana* gebildet. In der Baumschicht kommen Ulme, Esche, Buche und Ahornarten vor. Aufgrund der Lage im unmittelbaren Einflussbereich einer Abbruchkante können die Bestände zum Phyllitido-Aceretum gestellt werden (E+K 22).

Blockwald mit Turinermeister (Ba)

Ebenfalls am Fuss der Abbruchkante im Nagelwald kommen Stellen vor, an denen *Asperula taurina* mit hohem Deckungswert auftritt. Zusammen mit *Mercurialis perennis, Oxalis acetosella, Actaea spicata, Lathyrus vernus* und *Tamus communis* ist hier eine Krautschicht vorhanden, welche dem Asperulo taurinae-Tilietum (E+K 25) entspricht.

Das Asperulo taurinae-Tilietum ist ein Lindenmischwald der Föhntäler, insbesondere im Einflussbereich der Alpennordrandseen (vgl. Trepp 1947). Im Allgemeinen sind viele kalk-, wärme- und feuchtigkeitsbedürftige kolline Arten vertreten.

Bei den Böden der zum Hirschzungen-Ahornwald und Turinermeister Blockwald gestellten Aufnahmen handelt es sich um Regosole und Pararendzinen.

Vergleiche mit dem Goldauer Bergsturzgebiet

Die gewählten Vergleichsbestände konnten in drei Typen unterteilt werden: Einen trockenen Typ (T), mit Vorzug in Hanglage vorkommend, mit vielen Kalksträuchern *(Ligustrum vulgare, Viburnum lantana, Cornus sanguinea)* und nur wenigen mesophilen Pflanzen; einen trocken-frischen Typ (TF), meist flach gelegen, wo neben Kalk- und Trockenheits- auch Frischezeiger wie *Lamium montanum, Phyteuma spicatum* und *Carex silvatica* sowie die anspruchsvolle *Carex pendula* und *Listera ovata* vorkommen. Ein frisch-kühler Typ (FK) kommt auf stark von Blöcken dominierten Stellen vor und erinnert vom Standort her stark an den oben beschriebenen Bingelkraut-Block-Buchenwald mit Hirschzunge, obwohl hier weder *Mercurialis perennis* noch *Phyllitis scolopendrium* anzutreffen sind. Dafür treten einzelne Rohhumuswurzler (*Vaccinium myrtillus, Polytrichum formosum*) und Pflanzen montaner Lagen (*Lonicera nigra*) auf.

Die erste Hauptkoordinatenachse (Abb. 3) trennt die Bestände auf alten Blockschuttstandorten deutlich von den Vergleichsbeständen aus dem Goldauer Bergsturz ab. Einzig die im Härzigwald liegenden Hangwälder mit den Kalksträuchern nehmen in der Ordination eine vermittelnde Stellung zu den trockenen Beständen im Bergsturzgebiet ein. Mit der ersten Achse hoch korreliert sind Licht- (–; –/+ negative/positive Korrelation), Kontinentalitäts- (–) und Nährstoffzahl (+), sowie der prozentuale Anteil an Arten wechselfeuchter Standorte (–). Die zweite Hauptkoordinatenachse korreliert mit der Reaktionszahl (+). Vor allem die frisch-kühlen Bestände aus dem Schutt (FK) sind deutlich in den negativen Bereich abgesetzt. Die Aufnahmen im positiven Teil der zweiten Achse sind reicher an Kalksträuchern und kalksteten Pflanzen.

Die Wälder alter Blockstandorte sind nach dieser Zeigerwertanalyse ozeanischer, dunkler und nährstoffreicher als jene im Bergsturzgebiet. Generell rührt dies daher, dass die für anspruchsvolle Buchenwälder charakteristischen mesophilen Arten und die ein eher

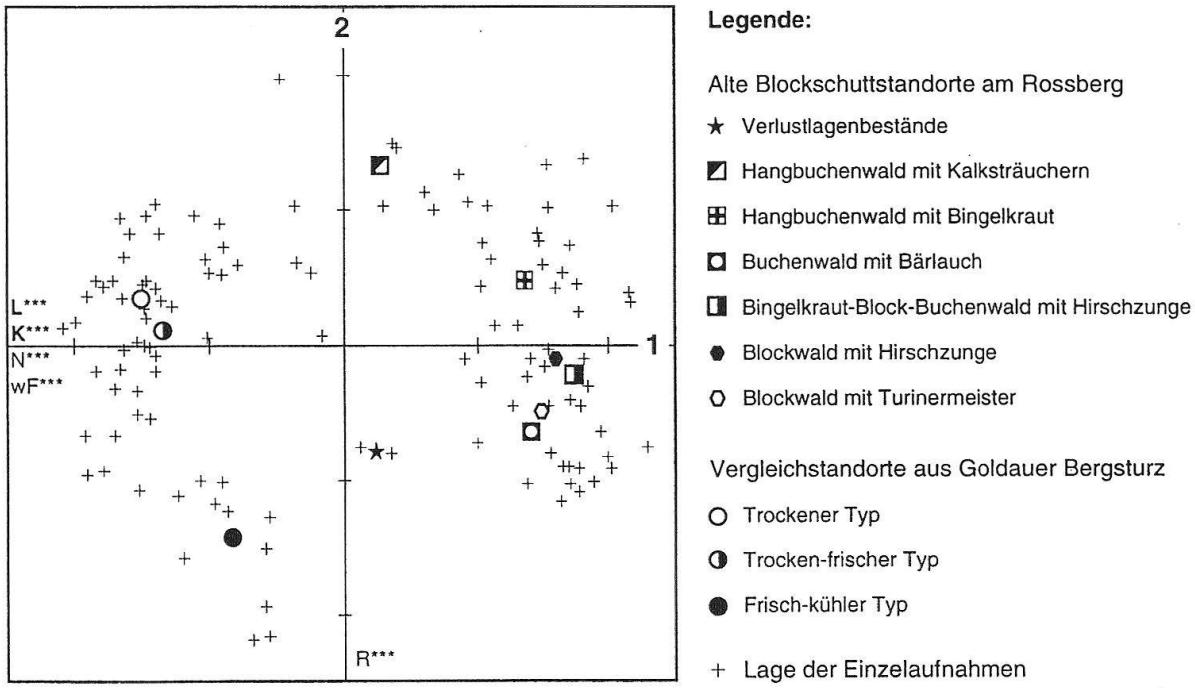

*Abb. 3. Ordination der Waldbestände (inkl. Vergleichstandorte aus dem Goldauer Bergsturz) bezüglich der ersten beiden Hauptkoordinatenachsen mit eingetragenen Gruppenmittelpunkten und korrelierten Zeigerwerten (L, Lichtzahl; K, Kontinentalitätszahl; N, Nährstoffzahl; wF, Anteil wechselfeuchter Arten; R, Reaktionszahl; Pearson-Korrelationtest *** P < 0.001).*

ozeanisches Lokalklima anzeigenden Farne dort deutlich stärker vertreten sind (vgl. Balkensignatur in Tab. 2). Besonders *Mercurialis perennis* kommt im Goldauer Bergsturz nur sporadisch und mit geringer Artmächtigkeit vor. Hingegen sind im Goldauer Bergsturzgebiet generell Kalksträucher, ergänzt durch *Tamus communis* und *Clematis vitalba* stärker vertreten. Ebenfalls kommen dort mehr Pflanzen vor, die wechselnde Bodenfeuchtigkeit ertragen, wie *Carex flacca, C. montana, Molinia litoralis, Angelica silvestris* oder Orchideenarten. In der Baumschicht sind auf alten Blockschuttstandorten Buche, Ulme und Sommerlinde stärker vertreten, dafür kommen Fichte, Föhre und Mehlbeere weniger häufig vor.

Die Moosdeckung auf dem Waldboden ist in den alten Beständen deutlich geringer. Dies dürfte neben der relativen Lichtarmut (stärker geschlossenes Kronendach) und dem stärkeren Laubfall der Laubbäume auch damit zusammenhängen, dass der Waldboden in diesen Beständen bezüglich auftretender Mikrostandorte homogener erscheint. Der Waldboden innerhalb des jungen Goldauer Bergsturzgebietes weist immer kleine Unebenheiten auf, vor allem durch im Untergrund vorhandene oder knapp unter der Oberfläche liegende Nagelfluhtrümmer, welche durch die Bodenschicht noch ungenügend abgepuffert werden. Dies ergibt ein Standortsmosaik im Bereich weniger Meter bis Dezimeter. Diese Inhomogenitäten sind vermutlich die Ursache für den grossen Deckungsanteil der Moose, da diese dadurch viele Standorte mit geeignetem Substrat vorfinden. Höhere Pflanzen verteilen ihre Wurzeln hingegen über ein grösseres Bodenvolumen und vermögen auf diese Weise kleinräumige Standortsunterschiede auszugleichen.

BLÖCKE

Pflanzenbestände auf und an Blockoberflächen sind als unselbständige Teilglieder der komplex organisierten, strukturreichen Phytocoenose «Blockschuttwald» zu betrachten. Je nach Neigungswinkel der Blockfläche wird der Bewuchs eher von Sträuchern und Kräutern oder von Moosen dominiert. Die Bestände auf den wenig geneigten Blockoberflächen weisen starke Bezüge zur umliegenden Wald-Bodenvegetation auf. Eine Zuordnung zu den Waldgesellschaften erscheint allerdings nicht sinnvoll. Da bisher kein etabliertes «Blockvegetationssystem» existiert, wird die Blockvegetation hier als eigener Typ stehengelassen.

An Blockflanken, die mehr als 50° geneigt sind, werden in der Regel die Moose aspektbestimmend. Höhere Pflanzen können sich nur noch auf lokal humusreicheren Stellen halten. Dementsprechend wurden die Flankenbestände aufgrund der dominierenden Moose den Moosgesellschaften angeschlossen. Bemerkt werden muss, dass bryosoziologische Untersuchungen in der Regel von Flächengrössen von einem bis mehreren Dezimetern ausgehen, während hier wesentlich grössere Flächen aufgenommen wurden. Auf dem lebhaften Mikrorelief der schroff gebrochenen Nagelfluhwände ist dabei eine Vielzahl an Mikrostandorten eingeschlossen. Das in dieser Untersuchung gewählte Betrachtungsniveau ist vom bryologischen Standpunkt aus relativ grob, schliesst dafür aber auch höhere Pflanzen mit ein.

Substrat der Blöcke

Die flachen Blockoberflächen weisen in der Regel nur eine geringe Bodenentwicklung auf. Als Substrat für die oft gut entwickelten Kraut- und Strauchbestände dient eine 3–20 cm dicke Humusauflage mit nur geringem Mineralerdecharakter. Der pH bewegt sich zwischen 5–6 und schwankt nur wenig. Der Skelettanteil liegt bei 5–15 %. An den steilen Felsflanken beläuft sich die Dicke der Humusschicht auf 1–3 cm. Nur in Erdtaschen, Absätzen und Spalten zwischen den einzelnen Konglomeratsbestandteilen kann sich stellenweise mehr Humus ansammeln. Der pH an den Flanken liegt zwischen 6,5–7,0. Gelegentlich vermögen sich höhere Pflanzen (z.B. *Phyllitis scolopendrium*) als Folge ihres Eigengewichtes nicht mehr am Felsen zu halten und reissen mit ganzen Stücken der Humus- und Vegetationsschicht ab.

Steile Blockflanken

Die Krautschicht der steilen Felsflanken variiert im Gegensatz zu der dort vorkommenden Moosschicht nur wenig. Hochstet treten *Hedera helix, Geranium robertianum, Phyllitis scolopendrium* und etwas weniger häufig *Oxalis acetosella, Lamium montanum, Mercurialis perennis, Stellaria media, Mycelis muralis, Polypodium vulgare* und *Asplenium trichomanes* auf (vgl. Tab. 3). Diese Krautschicht entspricht weitgehend jener des Asplenio-Cystopteridetum (vgl. z.B. Richard 1972), obwohl *Cystopteris fragilis* selbst nur ganz selten angetroffen wurde.

Bezüglich der dominierenden Moosarten konnten die Flanken in folgende vier Gruppen unterteilt werden:

Thamnobryum alopecurum-*Bestände (Ta)*

Die Bestände werden durch das bäumchenartig verzweigte Fuchsschwanzmoos dominiert, welches die Felsen rasenartig überzieht. Als Begleiter kommen die epiphytisch auf den *Thamnobryum*-Wedeln wachsenden Arten *Plagiothecium nemorale* und *Metzgeria conjugata,* ferner *Mnium undulatum* und weitere Sternmoosarten vor. Die Bestände kön-

nen dem Thamnietum alopecuri zugeordnet werden (vgl. Philippi 1965). Die Pflanzen dieser Gesellschaft sind gegen Austrocknung sehr empfindlich. Man findet den Typus an schattigen oder zumindest luftfeuchten, bachnahen, mikroklimatisch ozeanisch geprägten Standorten im Nagelwald und bei Pfaffenrist. Im stark süd-südwest exponierten Härzigwald hingegen wurde er nur selten angetroffen.

Anomodon viticulosus-*Bestände (NA)*

An nahezu senkrechten Felswänden bilden die beiden Trugzahnmoose *(Anomodon viticulosus* und *A. attenuatus)* dichte, von den Felsen herabhängende, rasige Bestände. An weiteren Arten kommen *Porella platyphylla, Plagiochila asplenioides, Cirriphyllum tenuinerve* und *Thuidium delicatulum* vor. Die Bestände können als Vertreter des Neckero-Anomodontetum viticulosi angesprochen werden. Dieses ist eine der auffallendsten epilithischen, aber auch epiphytischen Moosgesellschaften feuchtschattiger Lagen (von Hübschmann 1985). Der Standort ist an Vertikal- bis Überhangflächen mehrheitlich regengeschützt und trocknet nach Regenfällen auch rasch wieder ab (Pietschmann & Wirth 1989). Zur Prüfung der Verhältnisse wurden in einem qualitativen Austrocknungs-Versuche nahe beieinanderliegende Felsflanken benetzt. Anschliessend wurde der Austrocknungsverlauf an nachfolgenden, trockenen und sehr warmen Hochsommertagen protokolliert. Es konnte gezeigt werden, dass an weniger exponierten und schwächer austrocknenden Lokalitäten die *Anomodon*-Bestände zunehmend durch *Thamnobryum*-Bestände ersetzt werden, bis sie an sehr schattigen, feuchten, nordexponierten Lagen überhaupt nicht mehr vorkommen (Gillmann 1995).

Cirriphyllum tenuinerve-*Bestände (NAc)*

An einigen Flanken übernimmt das Spitzblattmoos *Cirriphyllum tenuinerve* (= *C. vaucheri)* den Hauptanteil der Moosbedeckung, während *Anomodon viticulosus* etwas zurücktritt. Dafür kommen *Thamnobryum alopecurum* mit hoher Deckung sowie *Brachythecium rutabulum, Metzgeria conjugata, Ctenidium molluscum* und einige Sternmoosarten vor. In Abb. 4 steht dieser Typus etwa in der Mitte zwischen den *Thamnobryum alopecurum*- und den *Anomodon viticulosus*-Beständen. *Cirriphyllum tenuinerve*-Bestände sind nach Marstaller (1991) für kühle, niederschlagsreiche Kalkgebiete charakteristisch und fehlen in warmtrockenen Landschaften meist völlig. In der Literatur wird diesbezüglich ein Cirriphylletum tenuinerve postuliert (vgl. Neumayr 1971). Andere Autoren sprechen in vergleichbaren Fällen eher von einer *Cirriphyllum*-reichen Ausbildung des Neckero-Anomodontetum viticulosi (vgl. Strasser 1972).

Tab. 3. *Stetigkeitsvergleich der Blockflanken alter Blockschuttstandorte am Rossberg und der Vergleichsbestände aus dem Goldauer Bergsturz*

Alte Blockstandorte am Rossberg		**Vergleichsbestände aus Goldauer Bergsturz**	
Ta	*Thamnobryum alopecurum*-Bestände	vT	*Thamnobryum alopecurum*-Bestände
NAc	*Cirriphyllum tenuinerve*-Bestände	vA	*Anomodon viticulosus*-Bestände
NA	*Anomodon viticulosus*-Bestände	C	*Ctenidium molluscum*-Bestände
NAn	*Neckera complanata*-Bestände	Cf	*Ctenidium*-Bestände, frische *Oxalis*-Variante
		Ct	*Ctenidium*-Bestände, trockene *Achnatherum*-Variante
ACy	Arten des Asplenio-Cystopteridetum		

Block-Flanken				Alte Blockschuttstandorte am Rossberg				Goldauer Bergsturz				
Typ				Ta	NAc	NA	NAn	vT	vA	Cf	C	Ct
Anzahl Aufnahmen				18	13	14	5	7	6	11	9	7
Mittlere Neigung (°)				80	85	85	85	60	70	75	65	80
Mittlerer Kronenschluss (%)			ACy	80	80	80	80	65	70	65	70	50
f	*Mnium undulatum*	M	●	IV 1		I 1		V	V	V	III	I
r,f	*Plagiothecium nem./dent.*	M		IV 1	II 1					I		
f,b	*Thamnobryum alopecurum*	M	●	V 5	V 3	+ 1		V	II			
	Brachythecium rutabulum	M		IV +	IV 2	II 1	I 1	V	IV	+		
	Metzgeria conjugata	M		V +	IV 2	II 2	II 2		I	III		
	Oxalis acetosella		●	V 2	V 2	I 2	I +	I	I	IV		
	Mnium rost/cusp/affine	M		V 2	V 1	V 1	II 2	II		II	II	I
	Phyllitis scolopendrium		●	V 2	V 1	IV 1	III +	V	I	+		
r	*Geranium robertianum*		●	V 1	V 2	V 1	III 1	V	V	I	II	
	Hedera helix	K		V 1	IV 1	V 1	V 1	V	V	IV	III	III
	Plagiochila asplenioides	M	●	III +	V +	IV 1	II 1	V	III	III	I	III
	Fraxinus excelsior	K/S		IV +	IV +	I 1	I +	III	III	II	III	V
m	*Lamium montanum*			IV 1	I 1	III 1	I 1	I	I	+		
b	*Mercurialis perennis*			III +	II +	II +						
b	*Mnium marg./stell.*	M		I 1	IV +	II +	I 1	II	I			I
r	*Stellaria media*			+ +	III 1	II +	I +	I				
	Ulmus scabra	K/S		I 1	III 1	+ 1			I			I
	Moehringia trinervia			+ +	II +				I			
r	*Galeopsis tetrahit*			I 1	II +	+ +				+	I	
	Taraxacum officinale				II +				II			I
m	*Epilobium montanum*		●		+ +	+ +			II			I
r	*Urtica dioeca*								II			
f	*Mnium punctatum*	M							II	II		
m	*Dryopteris filix-mas*			I 1				III	I			
f	*Impatiens noli-tangere*			+ +	+ +			V	I			
f	*Impatiens parviflora*							III	II			
	Asplenium trichomanes		●	II 1	V 1	V 1	IV 1	II	III	V	II	III
b	*Anomodon attenuatus*	M		I +	III 1	IV 1	V 1	I	III			
b	*Anomodon viticulosus*	M		I +	V 2	V 4	IV 4		IV	+		
b	*Cirriphyllum tenuinerve*	M			V 2	IV 2	I 2		III			I
	Thuidium del./tam.	M		I 1	V 1	IV 2		II	III	III	II	
b	*Ctenidium molluscum*	M	●	II +	V 1	III 1	I +	III	V	V	V	V
b	*Fissidens cristatus*	M	●	II +	+ 1	III 2	I 1	III	IV	V	V	V
t,b	*Tortella tortuosa*	M	●		I +	III +	I +		II	V	V	V
m	*Mycelis muralis*		●	I +	+ 2	III 1		II	I	+	I	III
m	*Eurhynchium striatum*	M		I 1	I 1	III 2	II 2	II	I	II		
m	*Phyteuma spicatum*					II 1					I	
	Polypodium vulgare			I 1	I +	III +	III +		II		I	I
t,b	*Porella platyphylla*	M			I 1	IV 1	IV 1					
t,b	*Neckera complanata*	M	●	+ 1		+ 1	V 2	I			I	
t,b	*Neckera crispa*	M	●	+ +	I 1	I 1	III 2		I	II	II	IV
	Rubus sp.	K		+ +	+ 1	II 1		I	II	III	I	
	Acer pseudoplatanus	K/S		II 1	I +	+ +		III	II	I	I	
m	*Viola silvestris*			I +				I	II	III	II	
	Solidago virga-aurea									I	II	III
m	*Carex digitata*			II 1		+ 1			I	II	II	IV
b	*Clematis vitalba*			+ +						+		II
m	*Lonicera xylosteum*	K/S						I		+	III	I
	Picea excelsa	K						II		II	IV	III
s	*Hylocomium splendens*	M								II	II	
t,b	*Ligustrum vulgare*	K									II	II
	Fragaria vesca					+ 1					I	II
mo	*Valeriana tripteris*				+ +					+	I	III
t	*Carex montana*									+	I	III
t,b	*Asplenium ruta-muraria*					+ 1					I	III
wt,b	*Calamagrostis varia*										I	III
	Hieracium murorum										I	V
t,b	*Achnatherum calamagrostis*											V

Neckera complanata-*Bestände (NAn)*

An einzelnen steilen Wänden wird die Moosschicht neben den Trugzahnmoosen von *Neckera complanata* dominiert. Höhere Pflanzen treten verglichen mit den vorherigen Einheiten stark zurück. Dies kann mit einer äusserst geringen Humusschicht und der damit verbundenen grösseren Trockenheit erklärt werden. Die *Neckera complanata*-Bestände liegen in der Ordination der Hauptkoordinatenanalyse (Abb. 4) nahe bei den *Anomodon viticulosus*-Beständen. Deshalb wird auch hier in Anlehnung an Strasser (1972) von einer *Neckera complanata*-Variante des Neckero-Anomodontetums gesprochen.

Vergleiche mit dem Goldauer Bergsturzgebiet

Thamnobryum alopecurum-Bestände (vT) kommen im Goldauer Bergsturzgebiet nur sehr selten, fast ausschliesslich im Schutt in unmittelbarer Umgebung von fliessendem Wasser vor. Auch wenn das Fuchsschwanzmoos hier mit deutlich geringerer Deckung auftritt, so erinnern diese doch stark an die beschriebenen *Thamnobryum alopecurum*-Bestände der alten Blockschuttstandorte. Abb. 4 belegt die Ähnlichkeit dieser *Thamnobryum*-Bestände mit jenen alter Blockschuttstandorte; charakteristisch sind hier ebenfalls *Phyllitis scolopendrium, Geranium robertianum* und Springkräuter.

Auch Felswände mit Trugzahnmoosen *(vA)* kommen im Goldauer Bergsturz nur selten, ebenfalls an bachnaher oder zumindest luftfeuchter, geschützter Lage im Schutt vor, etwa an Blöcken im Bacheschenwald. Bereits hochstet und mit grosser Deckung treten hier *Ctenidium molluscum* und *Fissidens cristatus* auf. Man kann dies als Verflechtung mit den nahen Kammmoos-Beständen auffassen.

Abgesehen von obigen «Sonderfällen» werden die moosdominierten Blockstandorte im Goldauer Bergsturzgebiet durch das Kammmoos bestimmt. Es bewächst mit schwellenden, dichten Rasen grossflächig die steilen Felsflanken, überzieht aber auch ganze Nagelfluhbrocken. *Fissidens cristatus* und *Tortella tortuosa* sind immer vorhanden. Die Aufnahmen können zum Tortello-Ctenidietum mollusci gestellt werden. Im Extremfall können einzelne, auf dem Waldboden liegende, mit *Ctenidium molluscum* überzogene Steine noch als Fragmente dieses Typs angesehen werden. Kleine Kammmoos-(Fragment-)Bestände kommen auch in den alten Blockwäldern am Rossberg vor. Grossflächige oder gar das Waldbild nachhaltig bestimmende Vorkommen sind dort allerdings nur selten vorhanden. Der Grund für das häufige Auftreten des Tortello-Ctenidietum im Goldauer Bergsturzgebiet ist, dass diese Gesellschaft einerseits eine sehr weite ökologische Amplitude besitzt (vgl. Neumayr 1971) und es andererseits in diesen relativ lichtreichen Wäldern – abgesehen von bachnahen Bereichen – überall recht trocken werden kann. Es konnte eine frischere *Oxalis*-Variante (Cf) mit *Mnium undulatum* und *Oxalis acetosella* ausgeschieden werden, welche eher in geschützten Lagen vorkommt und eine trockenere *Achnatherum*-Variante (Ct) an exponierteren, deutlich stärker besonnten Blökken, mit *Neckera crispa, Asplenium ruta-muraria, Valeriana tripteris, Hieracium murorum* und den trockenstressertragenden Arten *Carex digitata, Calamagrostis varia* und *Achnatherum calamagrostis.* Letzte Variante vermittelt zu den Rauhgrasfluren.

Die erste Hauptkoordinatenachse der Flankenbestände korreliert hoch mit der Nährstoff- (–), Humus- (–), Licht- (+) und Feuchtezahl (–). Die einzelnen Faktoren sind dabei untereinander hochsignifikant korreliert. Dies dürfte darauf hindeuten, dass die Effekte der einzelnen Faktoren sich wechsel-

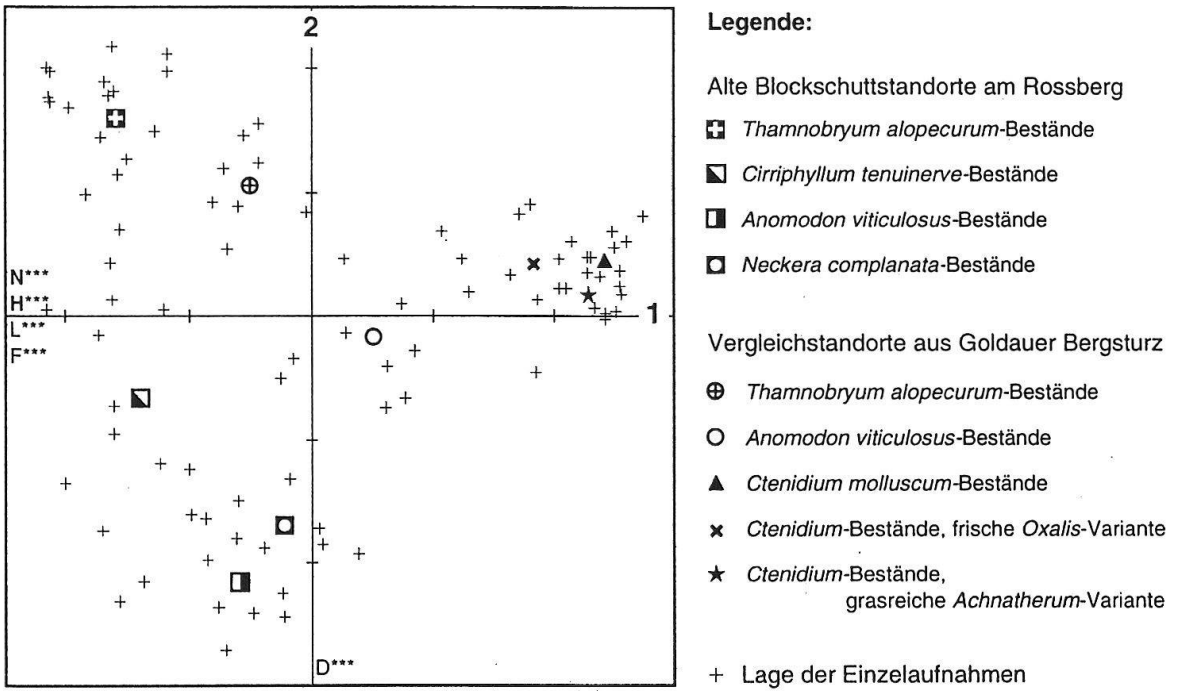

*Abb. 4. Ordination der Blockflanken (inkl. Vergleichstandorte aus dem Goldauer Bergsturz) bezüglich der ersten beiden Hauptkoordinatenachsen mit eingetragenen Gruppenmittelpunkten und korrelierten Zeigerwerten (N, Nährstoffzahl; H, Humuszahl; L, Lichtzahl; F, Feuchtezahl; D, Durchlüftungsmangelzahl; Pearson-Korrelationtest ***P < 0.001).*

weise kompensieren, etwa dass die relativ geringe Substratmächtigkeit und Nährstoffarmut durch günstige Feuchtigkeitsverhältnisse ausgeglichen werden kann. Die zweite Achse korreliert mit der Durchlüftungsmangelzahl (+).

Flache Block-Oberflächen

Die Artenzusammensetzung der Blockoberflächen zeigt relativ wenig Unterschiede, vermutlich weil die umgebenden Waldflächen einen stark ausgleichenden Einfluss auf die Blockoberflächen ausüben (Masseneffekt). Häufig sind Jungpflanzen von Ulme, Esche, Berg- und Spitzahorn sowie *Lonicera xylosteum, Hedera helix,* die Mullbodenpflanzen *Paris quadrifolia, Lamium montanum, Polygonatum multiflorum, Mercurialis perennis, Viola silvestris, Oxalis acetosella* und *Geranium robertianum.* Von diesem Grundtypus (Bv) abweichend kommen eine basenreiche Variante (Bk) mit vereinzelten Trockenheitszeigern (*Ligustrum vulgare, Viburnum lantana, Hepatica triloba*) und eine Variante mit *Sambucus nigra* und *Phyllitis scolopendrium* vor (Bh). In Tab. 4 wurden jene Arten mit Pfeilen hervorgehoben, die gegenüber dem Waldboden oder den Flanken deutlich zu- oder abnehmen. Die auf dem Waldboden häufig auftretenden Arten *Anemona nemorosa, Galium odoratum, Phyteuma spicatum, Brachypodium silvaticum, Carex silvatica* und *Ilex aquifolium* wurden auf Blockoberflächen nur sehr selten beobachtet. Hingegen nimmt *Geranium robertianum* deutlich zu. *Arum maculatum* ist nur auf Oberflächen mit einer überdurchschnittlichen Humusauflage vorhanden. Kalksträucher, *Corylus avellana* und *Fagus silvatica* kommen in der Regel nur auf Blöcken mit Mineralerdecharakter vor. Moose beschränken sich auf den Rand, auf Kuppen und Erhebungen. In der Blockmitte ver-

hindert die dicke Laubauflage, dass Moose aufkommen.

Die grössten Holzpflanzen stocken auffallend oft im Randbereich der Blockoberflächen. Die Wurzeln ragen dabei in vielen Fällen über die Kante des Blockes hinab. Eine solche «zweiseitige Verankerung» scheint günstig; während die im Blockzentrum anzutreffenden Exemplare relativ schlecht auf der Unterlage haften und meist leicht mit einer Hand weggerissen werden konnten, sind jene, die entlang der Kante wachsen, gegen mechanische Einflüsse weniger empfindlich. Üppig bewachsene Blockoberflächen lassen zudem die Vermutung aufkommen, dass dort starke Konkurrenz herrscht. Seitliches Ausweichen der Wurzeln ermöglicht Sträuchern und Bäumen das Einzugsgebiet für Nährstoffe zu erweitern. Mayer (1962) beschreibt solche «Wuchsstellenwechsel» von der Fichte. Erreichen die Wurzeln einer Fichte, die auf einem Block stockt, ein nährstoffreicheres und besser wasserversorgtes Substrat, so setzt ein sekundäres Höhenwachstum ein. Auf diese Weise entstehen dann Baumexemplare, die mächtige Felsblöcke mit meterlangen Wurzeln umklammern.

Vergleiche mit dem Goldauer Bergsturzgebiet

Mesophile Arten sind auf den Blockoberflächen im Goldauer Bergsturzgebiet deutlich seltener, dafür nehmen Gräser und Moose (inkl. säurezeigende) zu. Vom Grundtypus (Bs) konnte eine wechseltrockene, strauchreiche (Bl) Variante und eine feuchte Variante (Bf) abgetrennt werden. Während bei den «reifen» Blöcken der alten Standorte die Moose auf den Blockrand beschränkt bleiben, sind im Goldauer Bergsturzgebiet die Moose meist auf den ganzen Block verteilt. Analog zum Waldboden lässt sich dies auf grössere Unebenheiten auf der Blockoberfläche zurückführen, die nur ungenügend durch eine Laub- oder Humusauflage abgepuffert oder durch eine stark deckende Krautschicht beschattet wird.

Diskussion

BODENBILDUNGSPROZESSE

Die Bodenbildung nach einem grossen Bergsturzereignis dürfte in den wenigsten Fällen ungestört verlaufen sein. Nachstürze, Rutschungen oder Abbrüche aus Abbruchkanten ereignen sich am Rossberghang immer wieder (vgl. Januar 1995: Abbruch von 500 m^3 Gestein aus einer Felswand oberhalb Steinen; Winter 1995/96: Abbruch von circa 1000 m^3 aus der östlichen Abbruchkante des Goldauer Bergsturzes). Meili (1982) hat im obersten Drittel des Oberarther Sturzes an drei eng benachbarten Stellen Bodenuntersuchungen angestellt. Dabei zeigten die Profile beträchtliche (Alters-)Unterschiede. Er führt

Tab. 4. *Stetigkeitsvergleich der Blockoberflächen alter Blockschuttstandorte am Rossberg mit den Vergleichsbeständen aus dem Goldauer Bergsturz*

Alte Blockstandorte am Rossberg		**Vergleichsbestände aus Goldauer Bergsturz**	
Bk	Blöcke mit Kalksträuchern	Bl	Trockene Blöcke mit Liguster
Bv	Blöcke mit Baumverjüngung	Bs	Frische Blöcke mit Sauerklee
Bh	Frische Blöcke mit Holunder und Hirschzunge	Bf	Frische Blöcke mit Springkräutern

Artvergleich bezüglich Wald [W] und Blockflanken [F].
↗ zunehmend
↘ abnehmend

BLOCK-OBERFLÄCHEN		ALTE BLOCKSCHUTTSTANDORTE AM ROSSBERG						GOLDAUER BERGSTURZ				
Typ					Bk	Bv	Bh	Bl	Bs	Bf		
Anzahl Aufnahmen			W	F	14	38	38	27	22	19	F	W
	Taxus baccata	K/S			III 3	+ +	I 2	I	+			
	Abies alba	K/S	↘		III 2	I 1	I 1	II	III	II		↙
	Tilia platyphyllos	K/S			II 1	I 2	I 2	+				
	Acer campestre	K/S			II +	+ +						↙
b	*Evonymus latifolia*	K/S			II 1	+ 1	+ +					
	Picea excelsa	K/S			II 2	+ +		II	III	II		
b	*Rosa arvensis*	K/S			II 1		+ 1	I				
t,b	*Ligustrum vulgare*	K/S		↗	II 1	+ +	+ +	IV	I	II	↖	↙
t,b	*Viburnum lantana*	K/S			II 1	+ 1	+ 1	II	+	+		↙
	Corylus avellana	K/S	↘		IV +	I +	+ +	III	II	I		↙
	Fagus silvatica	K/S	↘		V 1	II +	I +	II	I	+		↙
t,b	*Hepatica triloba*				III 1	I 1	I +		+			
b	*Arum maculatum*		↘		II 1	+ 1	+ 1					
	Actaea spicata				II +	I 1	+ 1			+		
	Solidago virga-aurea				I 1	+ +		III	I	+		↙
	Fragaria vesca							III	I			
b	*Epipactis latifolia*							II				
wt,b	*Calamagrostis varia*							II	+			
t	*Carex montana*							II	II			↙
m	*Carex digitata*				IV 1	II +	I +	III	IV	II	↖	
m	*Lonicera xylosteum*	K/S		↗	III 1	IV 1	II 2	IV	IV	III	↖	
	Acer platanoides	K/S		↗	IV 1	V 1	II 1	II	I	II		↙
	Ulmus scabra	B			II 3		+ 2					
	Ulmus scabra	K/S		↗	IV 1	V 2	IV 2	II	II	II	↖	↙
	Hedera helix	K/S			V 2	V 2	V 2	V	V	V		
	Fraxinus excelsior	K/S			V 1	V 1	IV 1	V	V	V		
	Acer pseudoplatanus	K/S		↗	IV 2	IV 1	IV 1	V	IV	V	↖	
m	*Viola silvestris*		↘	↗	V 1	III 1	II 1	III	IV	III	↖	↙
m	*Polygonatum multiflorum*			↗	IV 1	V 2	II 1					
b	*Mercurialis perennis*			↗	V 2	III 3	V 4		III	+	↖	
	Oxalis acetosella				III 2	IV 2	III 1	I	IV	II		
m	*Paris quadrifolia*				II +	III 2	II 1	I	I	I		↙
m	*Lamium montanum*				IV 2	III 2	V 2	I	I	III	↖	
f	*Impatiens noli-tangere*					II 1	+ 1		+	III		
f	*Impatiens parviflora*									III		
	Mycelis muralis						+ 1	+	+	II		
	Asplenium trichomanes			↘		+ +	+ +	I	+	II	↙	
r	*Galeopsis tetrahit*					II +	II +	+		III		
r	*Geranium robertianum*		↗	↘	+ 1	III 1	III 1	+	I	IV		↖
r	*Sambucus nigra*	K/S				II 2	IV 2	+		II		
	Phyllitis scolopendrium			↘		+ +	III 1			I	↙	
	Rubus sp.	K/S	↘		I 1	+ 1	II 1	III	III	II		
f	*Mnium undulatum*	M		↘	+ +	+ +	I +	III	IV	V		↖
m	*Eurhynchium striatum*	M	↘	↘	+ +	+ +	+ 2	III	V	V	↖	
b	*Ctenidium molluscum*	M		↘		+ +		IV	IV	III	↙	
	Thuidium tamariscinum	M		↘	+ +			IV	IV	II		
b	*Fissidens cristatus*	M		↘				II	IV	II	↙	↖
t,b	*Tortella tortuosa*	M		↘				I	II	+	↙	
	Plagiochila asplenioides	M		↘				+	II	I	↙	
r,f	*Plagiothecium denticulatum*	M		↘				I	II	II		
s	*Polytrichum formosum*	M				+ 1		I	II	+		
s	*Dicranum scoparium*	M						I	II	+		
s	*Hylocomium splendens*	M						I	II	+		
a	*Hypnum cupressiforme*	M						I	II	+		
s	*Vaccinium myrtillus*				+ +	+ 2		+	I			
	Sorbus aucuparia	K/S			+ 1	+ 1	+ 1	II	I	+		
m	*Brachypodium silvaticum*		↘					II	I	I		↙
f,b	*Viburnum opulus*	K						II	I	I		↙
mo	*Valeriana tripteris*							I	II	+		
	Polypodium vulgare			↘		+ +	+ +	II	+	I		

dies auf lokal begrenzte Rutschungen zurück. In diesem Zusammenhang kann auch der kleinräumige Wechsel der Böden in den drei Untersuchungsgebieten gesehen werden (vgl. Abb. 5). Im Südostzipfel des Härzigwaldes zum Beispiel sind die Neigungen nicht sehr gross und deutliche Abbruchkanten im Gelände nicht zu finden. Rutschungen und kleine Abbrüche scheinen dort seltener stattzufinden, was in Übereinstimmung mit den weiter entwickelten Böden (saure Braunerden) steht. Im nordwestlich davon gelegenen Hauptteil dürften Rutschungen und Stürze wesentlich häufiger vorkommen. Lockergesteinsrutschungen im Härzigwald sind aus den Jahren 1874 und 1980 dokumentiert (vgl. von Moos 1980).

Solche in geologischen Zeiträumen lokal immer wieder vorkommende Störungen der Bodenentwicklung erklären, wieso im Härzigwald reife, saure Braunerden mosaikartig durch weniger entwickelte Regosole und Pararendzinen unterbrochen werden, obwohl das Ereignis, das primär zur Bildung des Blockwaldes geführt hat, der Bergsturz von Oberarth, mehrere tausend Jahre zurückliegt. Wiederkehrende Abbrüche sind auch für die Gebiete Nagelwald und Pfaffenrist anzunehmen. Die mächtige Abbruchkante im Nagelwald erreicht bis 20 m Höhe; spätere Abbrüche vermögen somit einen grossen Teil des Waldes zu erreichen.

Bei kleinen Felsabbrüchen bleiben Boden und Vegetation zumindest teilweise erhalten. Die dadurch ausgelöste Vegetationsentwicklung entspricht einer Sekundärsukzession, und die Zeit für die Etablierung der standortstypischen Vegetation dürfte relativ gering sein. Nach grossen Bergsturzereignissen, wie jenem von Goldau oder Oberarth, müssen Boden und Vegetation hingegen völlig neu aufgebaut werden. Die dort ablaufende Vegetationsentwicklung entspricht dann einer wesentlich länger dauernden Primärsukzession.

Die Böden in den Untersuchungsgebieten befinden sich somit in einem durch periodische Rutschungen und Abbrüche bedingten, «metastabilen» Dauerstadium: Stellenweise ist eine Weiterentwicklung durchaus möglich, lokal können jedoch auch regressive Entwicklungen auftreten. Eine Entwicklung zu grossflächig homogenen, mächtigen, skelettarmen Braunerden ist künftig nicht zu erwarten. Vielmehr ist auch in Zukunft mit einem komplizierten Mosaik unterschiedlich mächtiger, skelettreicher bis skelettarmer, teilweise versauerter Braunerden, Regosolen und flachgründiger, skelettreicher Pararendzinen zu rechnen.

SUKZESSIONSVORGÄNGE

Die Vegetation der Standorte, die gegenüber der unmittelbaren Umgebung weiter entwikkelt sind, präsentiert sich meist mit der selben Artengarnitur, wie auf den weniger entwickelten Flächen. Die Vegetation weist über weite Bereiche einen ausgeglichenen Charakter auf und scheint die kleinräumigen Bodenheterogenitäten gut zu integrieren. Die vorgefundenen Waldbestände befinden sich in einem klimaxähnlichen (Dauer-)Zustand und gehören den mesophilen (Kalk-)Buchenwaldtypen an, mit teilweisen Anklängen an die Ahorn- und Lindenwälder. Analog zum Boden dürfte sich der Wald der alten Blockschuttstandorte nicht mehr wesentlich verändern. Vorausgesetzt wird hierbei, dass keine Änderungen im Klimacharakter oder in der geologischen Dynamik eintreten.

Auf flachen Blockoberflächen ist eine ausgesprochene Bodenbildung und eine damit verbundene mögliche Änderung der Vegetation ebenfalls nicht zu erwarten. Wenn man das Alter des Oberarther Sturzes in Betracht zieht, müsste eine solche Sukzessionstendenz auf den Blöcken im Härzigwald bereits heute deutlich feststellbar sein. Tatsächlich ist eine

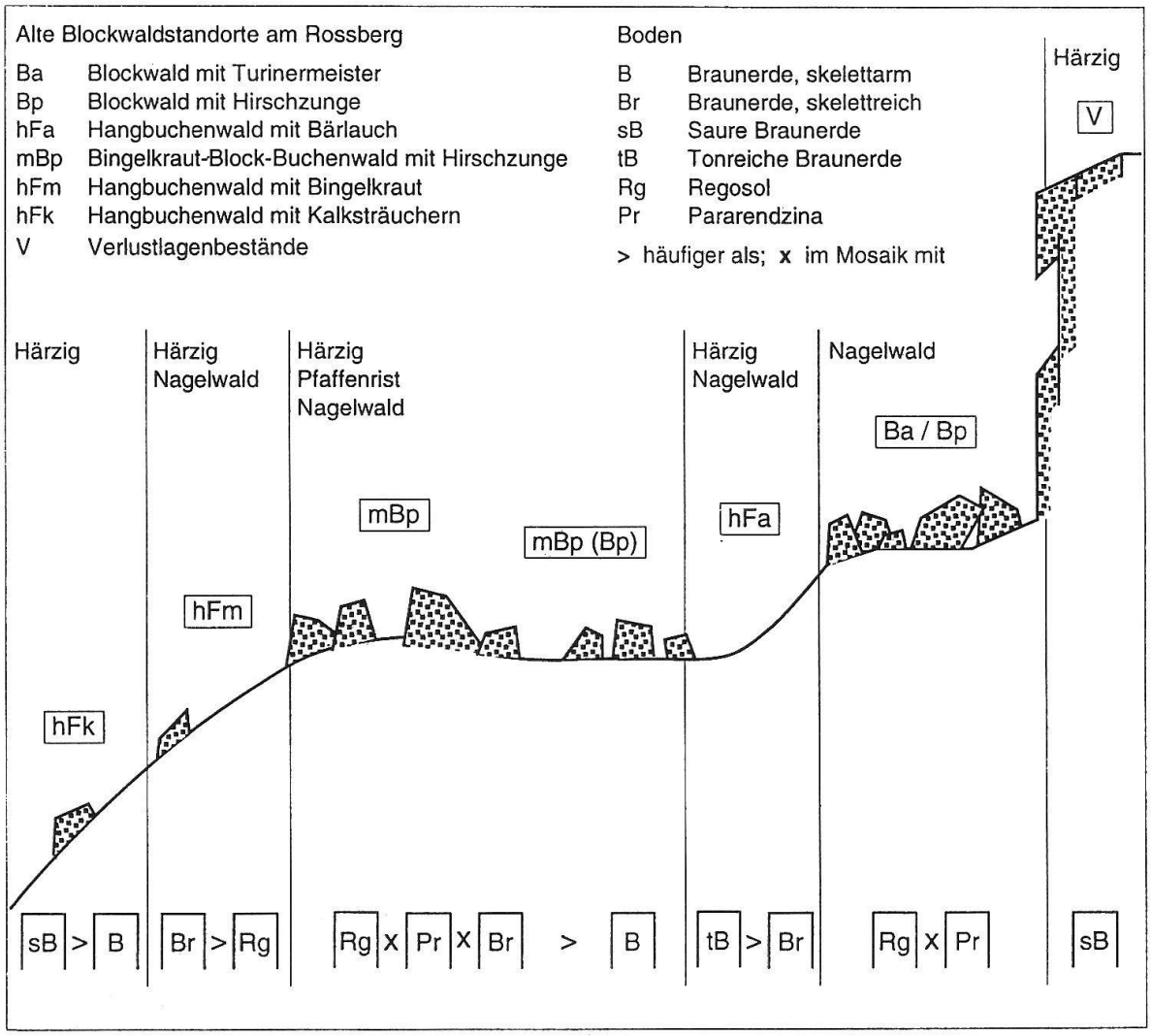

Abb. 5. Zusammenfassende Übersicht der Waldvegetation und der Bodenverhältnisse der drei alten Blockschuttstandorte am Rossberg.

Bodenentwicklung in Richtung einer mächtigeren Mineralerdeschicht nur auf sehr grossen Blöcken (> 100–500 m^3) zu beobachten. Auf den meisten Blöcken dürften sich die Substratakkumulation und -verluste die Waage halten.

An steilen Felsflanken ist eine weitere Anhäufung von Humus rein aufgrund der Schwerkraft nicht möglich. Durch Niederschläge und Abfallen ganzer Pflanzenteile geht zudem organisches Material immer wieder verloren. Die Flanken werden deshalb auch künftig von Moosen dominiert bleiben. Vielmehr dürften Veränderungen der Flankenvegetation mit Veränderungen im Bestandesinnenklima (z.B. Auflichtungen) des Waldes einhergehen. Zwischen den einzelnen Standortstypen liegen offensichtlich unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeiten vor. Die Blockflanken im Goldauer Bergsturz stehen im Gegensatz zu den Wäldern bereits deutlich den Blockflanken der alten Blockstandorte nahe und lassen sich relativ leicht ins Vegetationssystem eingliedern. Dies liegt daran, dass die Flankenbestände einfach aufgebaut sind und genügend Zeit zu einer mehr

oder weniger deutlichen Ausbildung hatten. Wälder brauchen hingegen zum Aufbau offensichtlich wesentlich mehr Zeit. Aufgrund der starken Neigung erlangen die moosdominierten Flanken von der Waldvegetation eine gewisse floristische Unabhängigkeit, im Gegensatz zu den flachen Blockoberflächen, deren Vegetation stark von den Verhältnissen der umliegenden Waldflächen bestimmt ist und deshalb enger mit der Entwicklung des Waldes gekoppelt sein dürfte.

Die untersuchten alten Blockschuttstandorte können als Entwicklungshorizont für die im Goldauer Bergsturz in der submontanen und untermontanen Stufe längerfristig zu erwartenden Verhältnisse angesehen werden. Bei ungestörter Entwicklung dürften sich Boden und Vegetation im Goldauer Bergsturz allmählich dem Stand annähern, der in den untersuchten alten Blockschuttstandorten angetroffen wurde, wobei aufgrund der ähnlichen Expositions-, Neigungs- und Höhenverhältnisse der Härzigwald sich für einen Vergleich am besten eignet. Der im Goldauer Bergsturz charakteristische grasreiche Aspekt und die grosse Anzahl wechselfeuchter und wechseltrockener Arten werden demzufolge zugunsten mesophiler Buchenwaldarten abnehmen. Als Endglieder der Waldentwicklung wären für die Vergleichsbestände aus dem unteren Goldauer Bergsturzgebiet in Hanglage frische bis welchseltrockene Lathyro-Fageten (E+K 9, 10, 10w) und an flachen oder geschützten Standorten Galio- und Milio-Fageten (E+K 7, 8) sowie stellenweise Mercurialio-Fageten (E+K 12) – z.T. in Varianten mit Rohhumuswurzlern (E+K 8d; 12c) – zu erwarten.

Dank

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. Frank Klötzli für die fachliche Begleitung und das grosse Interesse an der Arbeit. Dank geht im weiteren an Herrn Andreas Burri für bodenkundliche Beratungen und Frau Heike Hofmann für Unterstützung in bryologischen Fragen. Die Untersuchungen innerhalb des Goldauer Bergsturzes wurden vom Schweizer Nationalfonds unterstützt.

Referenzen

Barkman, J.J. (1990) Controversies and perspectives in plant ecology and vegetation science. *Phytocoenologia,* **18,** 565–589.

Dierschke, H. (1994) *Pflanzensoziologie, Grundlagen und Methoden.* Ulmer, Stuttgart.

Ellenberg, H. & Klötzli, F. (1972) Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen,* **48,** 587–930.

Früh, J.J. (1888) Beiträge zur Kenntniss der Nagelfluh der Schweiz. *Denkschrift der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft,* **30,** 1–203.

Gillmann, D. (1995) *Vegetation in Blockschuttwäldern am Rossberg (SZ) ausserhalb des grossen Felssturzes von 1806.* Diploma thesis, Philosophische Fakultät II, Universität Zürich.

Grundmann, A. (in Vorb.) *Zur Standorts- und Vegetationsentwicklung im Goldauer Bergsturz.* PhD thesis, ETH, Zürich.

Kopp, J. (1936) Die Bergstürze des Rossbergs. *Eclogae geologicae Helvetiae,* **29,** 490–493.

Landolt, E. (1977) Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH, Stiftung Rübel, Zürich,* **64,** 1–208.

Marstaller, R. (1991) Zur Kenntnis der Moosvegetation des Felsentheaters bei Bad Liebenstein, Kreis Bad Salzungen. *Gleditschia,* **19,** 111–124.

Mayer, H. (1962) Märchenwald und Zauberwald im Gebirge. *Allgemeine Forstzeitschrift,* **48,** 1–4.

Meili, R.B. (1982) *Untersuchungen zur Bodenentwicklung im Bergsturzgebiet des Rossbergs.* Diploma thesis, Geographisches Institut, Universität Zürich.

Neumayr, L. (1971) Moosgesellschaften der südöstlichen Frankenalb und des Vorderen Bayerischen Waldes. *Hoppea,* **29,** 1–364.

Philippi, G. (1965) Die Moosgesellschaften der Wutachschlucht. *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz,* **8,** 625–668.

Pietschmann, M. & Wirth, V. (1989) Kritik der pflanzensoziologischen Klassifikation am Beispiel calciphytisch-saxicoler Flechten- und Moosgesellschaften im Bereich des Frankendolomits. *Bibliotheca Lichenologica,* **33,** 1–155.

Richard, J.-L. (1972) La Végétation des Crêtes rocheuses du Jura. *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft,* **82,** 68–112.

Schuhwerk, F. (1986) Kryptogamengemeinschaften in Waldassoziationen – ein methodischer Vorschlag zur Synthese. *Phytocoenologia,* **14,** 79–108.

Strasser, W. (1972) *Die Vegetation des Seeliswaldes im Reutigenmoos bei Thun.* PhD thesis, Universität Bern.

Trepp, W. (1947) Der Lindenmischwald (Tilieto-Asperuletum taurinae) des schweizerischen voralpinen Föhn- und Seenbezirkes, seine pflanzensoziologische und forstliche Bedeutung. *Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz,* **27,** 1–128.

Vogel, A. & Hantke, R. (1988) Zur Geologie des Rigigebietes. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern,* **30,** 23–50.

Von Hübschmann, A. (1986) Prodromus der Moosgesellschaften Zentraleuropas. *Bryophytorum Bibliotheca,* **32,** 1–413.

Von Moos, A. (1980) *Rutschgebiet Härzigwald, Goldau. Geotechnische Untersuchung für die SBB Kreis II.* Dr. Von Moos AG: Geotechnisches Büro, Zürich. Bericht Nr. 3655. (Unveröffentlichtes Manuskript).

Wildi, O. & Orlóci, L. (1996) *Numerical exploration of community patterns. A guide to the use of MULVA-5.* SPB Academic Publishing, Amsterdam.

Received 5 February 1997
revised version accepted 14 April 1997