

Die Vegetation auf trockenen Block- und Felsstandorten im oberen Bergsturzgebiet von Goldau

André Grundmann

The vegetation on block debris and flat rock surfaces in the upper parts of the Goldau landslide area (Central Switzerland) was investigated. Block stands in the top part of the landslide are rather dry and sunny early-successional habitats on bare conglomerate which are covered by fragments of the *Seslerio-Caricetum sem-pervirentis*, *Potentillion caulescentis* and *Stipetum calamagrostis*. Semi-shaded less dry sites in the middle part with shallow and partly acidic layers of organic humus support more mature vegetation types which are related to the moss communities *Dicrano-Hypnetum*, *Tortello-Ctenidietum mollusci* and fragments of the *Erico-Pinion* and *Molinio-Pinion*. In the long term, further succession will eventually lead to vegetation types which are currently present in the lower parts of the landslide area.

Im Jahre 2006 jährt sich der Goldauer Bergsturz zum zweihundertsten Male. Noch immer ist das felsige Abbruchgelände am Rossberg (Kanton Schwyz) von weitem deutlich sichtbar, wo am 2. September 1806 30–40 Mio. m³ Gestein zu Tale gegliitten sind (Abb. 1). Der Goldauer Bergsturz gehört zu den bekanntesten und eindrücklichsten Naturobjekten der Schweiz und ist Teil einer ganzen Reihe von Bergstürzen, die sich im Laufe von Jahrtausenden am Rossberg ereignet haben (GASSER 2003). Im Talgrund und am Bergsturzhang liegen heute Felsblöcke von eindrücklicher Grösse. Im Anrissgebiet des Bergsturzes erhält man einen bemerkenswerten Einblick in den Gesteinsaufbau der Unterer Süsswassermolasse mit ihrer charakteristischen Abfolge von dicken Nagelfluhbänken und dünnen Sandstein- und Mergelschichten (VOGEL & HANTKE 1988). Fossilienfunde in den Abbruchwänden erlauben ferner Rückschlüsse auf die Bedingungen, die bei der Gesteinsbildung vor rund 25 Mio. Jahren geherrscht haben müssen (FURRER et al. 2003).

Neben Gesteinsaufschlüssen ist der Goldauer Bergsturz ein ideales Anschauungsobjekt für die Neubesiedlung eines jungen Bergsturzstandortes. Bei früheren wissenschaftlichen Untersuchungen standen dabei a) die Dokumentation der aktuellen Vegetation und die Diskussion ihres Zustandekommens und b) die Erfassung der mittel- bis langfristig ablaufenden Vegetationsveränderung im Vordergrund. Im Rahmen der Bestandesaufnahme wurden die Wälder im Talgrund und am Bergsturzhang bereits untersucht. Ebenfalls bearbeitet wurden die Blockstandorte in den unteren Bergsturzteilen (GRUNDMANN 2001, GRUNDMANN 2000; vgl. dort zitierte Literatur). Die Blockstandorte im mittleren und oberen Bergsturzhang (> 800 m) hingegen wurden bislang keiner eigenen Bearbeitung unterzogen. Diese Lücke wird hier geschlossen. Ferner bot sich die Gelegenheit, gleichzeitig die auffallend gleichmässig verlaufenden, flachen Nagelfluhplatten, die

Keywords: Rossberg, Switzerland, landslide, rockfall, block debris, succession, plant community

Adresse des Autors:

Dr. André Grundmann
Hochfluhstrasse 27
6410 Goldau / Schweiz
grundmann@freesurf.ch

Angenommen: 6. Januar 2005

DOI

<https://doi.org/10.12685/bauhinia.1708>



Abb. 1: Das Abbruchgebiet des Goldauer Bergsturzes oberhalb von Goldau

vom Bewuchs her den trockenen Blöcken ähnlich sind, in die Untersuchung mit einzubeziehen.

Untersuchungsgebiet

Das Gebiet des Goldauer Bergsturzes bedeckt an der Südseite des Rossberges und im Talgrund eine Fläche von rund 6 km². Der Bergsturzhang lässt sich dabei in drei Teile gliedern: a) *den oberen Bergsturzhang* (1550–1100 m) mit sehr lockeren, niederwüchsigen Wald- und Bergföhrenbeständen, die zum Teil auf kargem Boden stocken, b) *den mittleren Bergsturzhang* (1100–800 m) mit höheren, halbschattigen Wäldern aus Fichten und Waldföhren sowie einer üppigen Grasschicht, c) *den unteren Bergsturzhang* (< 800 m) mit stark von Nagelfluhblöcken durchsetzten Mischwäldern aus Nadelbäumen und zum Teil anspruchsvollen Laubbaum- und Straucharten. Durch die nach Süden ausgerichtete Lage des Bergsturzgebietes erfährt das subozeanisch geprägte Voralpenklima insbesondere im mittleren und oberen Hangteil eine deutliche Modifizierung in Richtung eines bodentrockenen, sommerwarmen Standortes.

Methoden

Im Sommer 2003 wurden im mittleren und oberen Bergsturzhang 86 Vegetationsaufnahmen auf Nagelfluhblöcken und 9 Aufnahmen auf flachen Nagelfluhplatten durchgeführt. Bei kleinen Blöcken wurde jeweils der ganze Block als Aufnahmefläche betrachtet. Bei grossen Blöcken war manchmal auch eine Aufteilung in ebene Oberflächen und steile Flanken möglich. Die Methode der Vegetationserfassung wurde möglichst konsistent gehalten zum bereits früher entwickelten Verfahren zur Aufnahme von kleinflächigen, heterogenen Block- und Waldstandorten in Bergsturzgebieten (GRUNDMANN 2000). Aufgenommen wurden Blütenpflanzen, Farne und Moose. Für jede Pflanzenart wurde die Artmächtigkeit notiert (FREY & LÖSCH 2004), daneben wurden die Anteile des Rohbodens sowie der Prozentsatz der Überschirmung der Aufnahmefläche durch das umliegende Baumdach festgehalten.

Die Einzelaufnahmen wurden anschliessend mit multivariaten Verfahren zu Vegetationseinheiten zusammengefasst. Dabei wurde das Statistikpaket Mulva-5 (Version 1.02) (WILDI & ORLOCI 1996) zu Hilfe genommen. Als Ergebnis resultierte eine Übersicht (Tabelle 1) mit den Stetigkeitswerten der einzelnen Arten und dem dazugehörenden Median der Artmächtigkeit. Arten, die in keiner Gruppe die Stetigkeit II erreichten, wurden in der Tabelle weggelassen. Um die Blockvegetation des Abbruchgebietes mit jener aus dem unteren Sturzhang zu vergleichen, wurde eine Spalte mit Blöcken aus dem unteren Bergsturzgebiet (< 800 m) beigefügt. Die Datenbasis dieser Vergleichsspalte bilden 61 bereits früher beschriebene Aufnahmen aus dem unteren Bergsturzgebiet (dem «Schuttwald», ohne den Gebietsteil «Schutt») aus GRUNDMANN (2000). In der Übersicht

(Tabelle 1) wurden ebenfalls die mittleren, nach der Artmächtigkeit gewichteten Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) angegeben. Ferner wurde eine Hauptkoordinatenanalyse gerechnet und die Bedeutung der dabei erhaltenen Hauptachsen mit dem Pearson-Korrelationstest eruiert. Die Nomenklatur der Farn- und Samenpflanzen richtet sich nach HESS et al. (1986), jene der Moose nach LANDOLT (1977).

Legende zu Tabelle 1 (siehe S. 4-5):

Stark besonnte Blockstandorte

TsHrc	Schroffe Blöcke mit Habichtskraut-Arten
TsAch	Feinerdearme Blöcke mit Rauhgras und Mauerpfeffer
TsEri	Besonnte Blöcke mit Erika und Wachholder
TsCor	Besonnte Blöcke mit Vogelfuss-Segge

Halbschattige Blockstandorte

ThAch	Halbschattige Blöcke mit Rauhgras und Mauerhabichtskraut
ThEri	Halbschattige Blöcke mit Erika und Hochgräsern
ThHyl	Halbschattige Blöcke mit Etagenmoos und Säurezeigern
ThGdy	Halbschattige Blöcke mit Bergsegge und Moosorchis

OPL Flache Platten

B^{sw} Blöcke aus dem unteren Bergsturzhang

Zeigereigenschaften der Arten

(w) f	(Wechsel-) Feuchtezeiger
n	Nässezeiger
t	Trockenheitszeiger
s	Säurezeiger
b	Basenzeiger
R	Rohhumuszeiger
r	reiche Nährstoffverhältnisse
a	arme Nährstoffverhältnisse
m	mittlere Verhältnisse
mo	montan
L	Luftfeuchtezeiger

Stetigkeit

+	in weniger als 10% der Aufnahmen vorhanden
I	in weniger als 20% der Aufnahmen vorhanden
II	in weniger als 40% der Aufnahmen vorhanden
III	in weniger als 60% der Aufnahmen vorhanden
IV	in weniger als 80% der Aufnahmen vorhanden
V	in mindestens 80% der Aufnahmen vorhanden

Artmächtigkeit (der Stetigkeit hochgestellt beigefügt)

+	vereinzelt, mit sehr geringer Deckung
1	reichlich, mit geringer Deckung
2	sehr zahlreich, $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ deckend
3	$\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ deckend
4	$\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ deckend
5	über $\frac{3}{4}$ deckend

Tabelle 1: Stetigkeitstabelle der trockenen Blockstandorte und der flachen Platten im oberen Goldauer Bergsturzgebiet.

Gruppe	Flache Platten	Ts					Th				Unter Sturzhang
		Stark besonnte Blockstandorte					Halbschattige Blockstandorte				
Einheit	OPL	Hrc	Ach	Eri	Cor	Ach	Eri	Hyl	Gdy	B ^{sw}	
Anzahl Aufnahmen	9	18	10	13	10	7	7	8	13	61	
Höhe über Meer (m)	1243	1438	1227	1259	1108	878	895	860	849	623	
Flächengröße (m ²)	47	8	11	7	7	5	2	3	5	3	
Mittlere Artenzahl	20	12	8	15	12	12	12	14	17	20	
Deckung Baumdach (%)	1	4	4	10	15	41	47	57	65	59	
Deckung Krautschicht (%)	12	11	8	27	15	20	69	19	27	32	
Deckung Moose (%)	1	4	5	5	7	41	26	77	67	47	
Deckung Rohboden (%)	89	85	90	66	82	41	4	9	3	3	
Feuchtezahl	2.3	2.1	2.0	2.2	2.1	2.3	2.5	2.5	2.5	2.7	
Lichtzahl	3.9	3.9	4.0	3.6	3.7	3.2	2.8	2.5	2.6	2.5	
Temperaturzahl	2.6	2.4	2.7	2.6	2.7	3.1	3.0	2.9	3.0	3.1	
Kontinentalitätszahl	3.3	3.5	3.4	3.5	3.5	3.4	3.2	3.3	3.2	3.0	
Reaktionszahl	3.9	3.8	3.9	3.8	3.8	3.6	3.7	3.4	3.4	3.2	
Nährstoffzahl	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.3	2.2	2.1	2.1	2.4	
Humuszahl	2.7	2.7	2.6	3.0	2.6	2.9	3.2	3.3	3.2	3.3	
Dispersitätszahl	3.1	2.6	2.0	3.1	2.7	2.9	3.8	3.3	3.5	3.5	
Holzpflanzen											
wf,b	Salix elaeagnos	III 1								++	
t	Juniperus communis	IV *	II 1	++	IV 1				++	++	
	Pinus montana	I *	II *	+ 1	II 2				++	++	
	Pinus sylvestris	III *		++	II 1	IV *	III 1		++	++	
	Picea excelsa	II *	II *		II 1	++	I +		II *	III *	
	Acer pseudoplatanus	II *	++			++	I +	II +	++	III *	
	Fraxinus excelsior	I *				++	II 1	III *	++	IV *	
m	Lonicera xylosteum					III 1	III 1	I +	III *	IV *	
t,b	Ligustrum vulgare					+ 2	I 1	II 2	II +	++	
t,b	Viburnum lantana							III *	II +	++	
t,b	Polygalma chamaebuxus	II *	+ 1	II 1	V 1	III 1	I 1	V 2	III *	III *	
t	Erica carnea	I *			V 2	III 1	V 3	IV 1	V 2	III 2	
						III 2	V 3	V 1	II 2	II 2	
f,b	Salix appendiculata/caprea	I *				I +	I 1		++	++	
t,b	Sorbus mougeotii		++			I 1			II *	++	
b,t	Sorbus aria						I +	I +	II *	I +	
	Sorbus aucuparia				+ 1			I +	I +	I +	
m	Corylus avellana								II *	++	
	Rubus sp.								++	II *	
b,L	Hedera helix								I +	III 1	
b	Clematis vitalba								I +	I +	
	Quercus robur							I +	I +	I +	
n,b	Alnus incana							I +	I +	I +	
	Fagus sylvatica								I +	I +	
	Abies alba									II *	
Krautpflanzen											
wf	Briza media	III 1	++								
	Centaurea jacea	III *									
t,b	Globularia nudicaulis	III *									
t,b	Sanguisorba minor	II *									
		II *									
wf,b	Gymnadenia conopea	II *	++								
wf,b	Rhinanthus alectorolophus	III *	I +								
f,b	Saxifraga aizoides	II *	I +								
t,b	Scabiosa columbaria	II 1	I +								
t,b	Globularia cordifolia	III *	I 2								
wf	Leontodon hispidus	III *	II +	++							
t,a	Sedum album	III 1	++								
t	Poa compressa	I *	II +	I +							

Gruppe		Flache Platten	Ts Stark besonnte Blockstandorte				Th Halbschattige Blockstandorte				Unterer Sturzhang
Einheit		OPL	Hrc	Ach	Eri	Cor	Ach	Eri	Hyl	Gdy	B ^{sw}
t,b	<i>Prunella grandiflora</i>	III +			II +	+ +		I +			
b	<i>Bupthalmum salicifolium</i>	IV +	+ 2		II +						
t,b	<i>Carduus defloratus</i>	III +	I 1		I 1	+ +					+ 1
b	<i>Campanula cochleariifolia</i>	IV +	III *	I +	II +	I 1					+ 1
t	<i>Hieracium amplexicaule</i>		III 1			+ 2					
t,b	<i>Lotus corniculatus</i>	II +	+ +		III +	II 1	I +				+ +
t,b	<i>Veronica fruticulosa</i>	II 1			+ +	I 1					
wf,b	<i>Gypsophila repens</i>	II 1	+ 2				II 1		I +	I 2	
wt	<i>Epipactis atrorubra</i>	II +	I +		I +	I +					+ +
b	<i>Chrysanthemum adustum</i>	II +	II +		I +	+ +		I +			+ 1
t	<i>Anthyllis vulneraria</i>	I +	II 1	II +	II 1	I 2					
t,b	<i>Hieracium bupleuroides</i>	V 1	IV 1	IV 1	IV 1	I 2					
t,b	<i>Carex sempervirens</i>	V 2	V 1	II +	V 1	III 1					
t,b	<i>Thymus polytrichus</i>	V 1	V 1	II 1	III 1	III 1					+ +
b	<i>Sesleria coerulea</i>	V 2	IV 1	III 1	II 1	I +					+ 3
t	<i>Sedum dasyphyllum</i>	II +	II 1	III +	I +	III +	II 1				
wt	<i>Thesium alpinum</i>		+ +	+ +	II +	I +					
t,b	<i>Saxifraga aizoon</i>		I 1		+ +	II 1					
r	<i>Taraxacum officinale</i>				+ +	II +					
wf	<i>Molinia litoralis</i> (+coerulea)	IV 1	+ +				III +	II 1			II +
wt,b	<i>Carex flacca</i>	IV +	I 1		IV +	II +		IV 2	II 2	III 1	I +
t,b	<i>Achnatherum calamagrostis</i>	V 2	II 1	V 1	III 2	V 1	III 2	V 2	IV 1	IV +	III 1
wt,b	<i>Calamagrostis varia</i>	I +	IV *	+ 1	IV 1	I +	III +		V 1	V 1	III +
t,b	<i>Carex ornithopoda</i> (+ digitata)	I 1	I +	II +	V +	III +			V 1	V 1	V 1
t	<i>Hieracium murorum</i>		+ +		I +	+ +	III 2	III 1	III +	II 1	III 1
t	<i>Carex montana</i>						II 1	III 1	II 2	IV 1	III 1
t,b	<i>Brachypodium pinnatum</i>						I 1	V 1		+ +	I +
b	<i>Epipactis latifolia</i>				+ +		II +	I +	III +		I +
t,R	<i>Goodyera repens</i>							III +	III 1	IV 2	II +
R	<i>Solidago virga-aurea</i>								III +	II +	III 1
s,R	<i>Pyrola secunda</i>						I 1		III 2	+ +	
s	<i>Lycopodium selago</i>								I 1	II 1	I +
s	<i>Polypodium vulgare</i>						II 1		I +	+ +	I +
m	<i>Viola silvestris</i>						II +			+ 1	II +
t,b	<i>Asplenium ruta-muraria</i>	+ +		+ +	I 1		I +		I +	+ +	+ 1
	<i>Asplenium trichomanes</i>						II 1				I 1
m	<i>Fragaria vesca</i>									I 1	II +
mo	<i>Valeriana tripteris</i>		+ +		+ 1					+ 1	I +
wf	<i>Platanthera bifolia</i>							I +		II +	+ +
	<i>Prenanthes purpurea</i>							II 1	+ 1		+ +
Moose											
t,b	<i>Schistidium apocarpum</i> s. l.	III +	IV 1	V 1	IV 1	II 1	III 1	I +		I +	+ 1
t	<i>Homalothecium lutescens</i>	I +			I +	+ +					
t,b	<i>Tortella tortuosa</i>	IV +	IV 1	IV 1	V 2	V 2	III 1	IV 1	III +	V 2	IV 1
b	<i>Ctenidium molluscum</i>	I 1		I 2	I +	V 3	III 2	V 3	V 2		
b	<i>Fissidens cristatus</i>						III 2	I +	III 2	II +	III +
a	<i>Hypnum cupressiforme</i>					+ 1	I 2	III 2	II 2	V 3	IV 2
(s)	<i>Hylocomium splendens</i>							I 2	IV 2	II 1	III 1
t,s	<i>Dicranum scoparium</i>								V +	IV 1	III 1
s	<i>Thuidium tamariscinum</i>							III 1		+ +	III 1
s	<i>Dicranodontium denudatum</i>		I 1		+ +	I 1			I +		II 1
s	<i>Leucobryum glaucum</i>								I +	II +	
	<i>Isothecium myurum</i>								II 1	I 1	
t,b	<i>Neckera complanata</i>						II +			+ +	+ +
t,b	<i>Neckera crispa</i>						I +			II 1	+ 1
	<i>Scleropodium purum</i>						I 1				I +
s	<i>Pleurozium schreberi</i>						I 3			I +	I +

Resultate

Stark besonnte Blockstandorte

Die stark besonnten Blockstandorte liegen über 1000 m. Diese Blöcke erhalten nur wenig Beschattung, weil die lockeren Wald- und Bergföhrenbestände hier kein eigentliches Walddach ausbilden. Auf den Felsblöcken wird meistens nur ein geringer Flächenanteil überwachsen, der im Mittel bei 15% liegt. Der Rest ist nackter Nagelfluhfels. Viele Blöcke sind indes ganz vegetationsfrei. Sind allerdings Pflanzen vorhanden, dann mischen sich diverse Arten zu charakteristischen, wiederkehrenden Kleinlebensgemeinschaften (Abb. 2). Bestände mit nur einer Art bleiben deshalb die Ausnahme. Die besonnten Blockstandorte sind äußerst arm an Bodensubstrat. Oft scheinen die Pflanzen direkt auf dem blanken Fels zu wachsen. Einzig unter etwas dichteren Gras- und Seggenhorsten oder in den Zwergsträuchern kann sich etwas Feinerde ansammeln, welche dann anderen Arten das Auskommen ermöglicht. Die besonnten Blockstandorte treten in vier Ausbildungen auf:

a) Schroffe Blöcke mit Habichtskrautarten

(Tabelle 1: TsHrc) Die Vertreter dieser Einheit finden sich auf schroffen, unebenen Blöcken oberhalb 1200 m. Der Bewuchs ist meistens auf Rinnen, Spalten und Unebenheiten beschränkt. Relativ oft sind die Holzpflanzen *Pinus montana*, *Picea excelsa*, *Juniperus communis* vertreten, die in Nagelfluhspalten viele Möglichkeiten zur Verankerung finden. Neben den Gräsern und Seggen *Sesleria coerulea*, *Calamagrostis varia* und *Carex sempervirens* sind hier die Habichtskräuter *Hieracium amplexicaule* und *H. bupleuroides* charakteristisch.

b) Feinerdearme Blöcke mit Rauhgras und Mauerpfeffer

(Tabelle 1: TsAch) Diese Blöcke haben gegenüber der vorhergehenden Einheit eine deutlich homogener Oberfläche mit weniger Stellen zur Verankerung. Deshalb bleibt der Bewuchs nur lückenhaft und beschränkt sich oft auf Arten, die ohne viel Substrat auskommen. Dies resultiert in einer geringeren Artenzahl. Vor allem *Achnatherum calamagrostis* (Abb. 3) bestimmt bei den flachen feinerdearmen Blockoberflächen das Bild. Leicht zu übersehen auf der bunten Nagelfluhoberfläche ist der Dickblättrige Mauerpfeffer (*Sedum dasypodium*). Es handelt sich hier um den trockensten Blockstandort des ganzen Bergsturzgebietes.

c) Besonnte Blöcke mit Erika und Wacholder

(Tabelle 1: TsEri) Charakteristisch bei diesen Beständen ist das hochstete Auftreten von *Erica carnea*, *Polygala chamaebuxus* und *Juniperus communis*. Vor allem Erika bildet mitunter dichte Teppiche, in denen sich das anfallende Substrat gut ansammeln kann. Die Erikkateppiche bedecken jedoch meistens nur einen Teil des Blockes, so dass auch hochwüchsige Gräser und Seggen wie *Achnatherum calamagrostis*, *Calamagrostis varia* und



Abb. 2: Typische Kleinlebensgemeinschaft auf einem Block mit Jungföhre, Hasenohr-Habichtskraut (*Hieracium bupleuroides*) und Horstsegge (*Carex sempervirens*).

Carex flacca vorkommen. Wegen dieser Durchmischung ist die Gesamtdeckung und die Artenzahl hier im Schnitt deutlich höher als an den anderen besonnten Standorten.

d) Besonnte Blöcke mit Vogelfuss-Segge

(Tabelle 1: TsCor) Neben dem nach wie vor häufigen Rauhgras treten hier viele kleinbleibende Arten auf, insbesondere die Vogelfuss-Segge (*Carex ornithopoda*). Dazu gesellen sich wiederum *Erica carnea*, *Polygala chamaebuxus*, *Thymus polytrichus* und andere krautige Arten. Auffallend häufig sind zudem Jungpflanzen von *Pinus sylvestris* anzutreffen.

Flache Platten

(Tabelle 1: OPL) Mit dem Begriff «flache Platten» sind grossflächige, auffallend homogen geneigte plattenähnliche Felsschichten aus Nagelfluh gemeint, die zu jenen Gesteinsschichten gehören, auf denen die Bergsturzmasse abgeglitten ist (Abb. 4). Diese Schichten verlaufen stets parallel zu den Gesteinslagen des Rossberges und sind vor allem östlich einer Felsrippe zu finden, die auf 1500 m am Westrand des Abbruchgebietes entspringt und auf einer Höhe von 1100 m an der grossen Abbruchwand an der Ostseite ausläuft. Wie bei den Blöcken ist der Rohbodenanteil sehr hoch. Dadurch sind diese Standorte den eigentlichen Blockoberflächen ähnlich. Die Pflanzen stocken meistens in Vertiefungen oder in kleinen Feingeröll- und Humusansammlungen. Relativ oft vorhanden ist *Molinia litoralis*, die auf Blöcken nur selten vorkommt. Sie kann sich hier halten, weil tonige Anschwemmungen von Substrat in kleinen Runsen und Mulden vorhanden sind. Diese Kleinstandorte bleiben nach Niederschlägen auch etwas länger feucht, was die leicht erhöhte Feuchtezahl und das Auftreten wechselfeuchtezeigender Pflanzen erklärt. Anders als im umgebenden Wald- und Bergföhrenwald bleiben Holzpflanzen auf den flachen Platten auf die Strauchschicht begrenzt. Der Grund dafür liegt in der sehr flachgründigen und trockenen Bodenschicht. Deshalb fehlen die etwas stärker feuchtigkeitsbedürftigen Pflanzen wie *Bellidiastrum michelii*, *Tofieldia calyculata*, *Pinguicula*-Arten und auch die im benachbarten Föhrenwald sehr stark vertretenen Orchideen. Die Vegetation der flachen Platten nimmt eine Mittelstellung zwischen jener der trockenen Blöcke und den lockeren Föhrenwäldern ein. Die Steilheit des Geländes sowie das Fehlen von Blöcken und anderen Geländeunebenheiten wirken der Ansammlung von Feinmaterial und damit der Bodenentwicklung entgegen. Ferner dürften Starkniederschläge einen beträchtlichen Anteil des neu entstandenen Feinmaterials wieder abführen.

Häufige Arten (OPL)

<i>Juniperus communis</i>
<i>Salix elaeagnos</i>
<i>Carex sempervirens</i>
<i>Sesleria coerulea</i>
<i>Achnatherum calamagrostis</i>
<i>Briza media</i>
<i>Molinia litoralis</i>
<i>Carex flacca</i>
<i>Hieracium bupleuroides</i>
<i>Campanula cochleariifolia</i>
<i>Buphthalmum salicifolium</i>



Abb. 3: Das Rauhgras (*Achnatherum calamagrostis*) ist ein typischer Besiedler der besonnten feinerdearmen Blockoberflächen.

Abb. 4: Trockene Block- und Felsstandorte im oberen Bergsturzgebiet von Goldau.

Oben links: Flacher Block mit lückig stehendem Rauhgras (*Achnatherum calamagrostis*, TsAch). Oben rechts: Der Dickblättrige Mauerpfeffer (*Sedum dasypylum*) ist oft kaum zu entdecken auf der bunten Nagelfluhoberfläche.

Mitte links: Eine stark mit Gräsern und Erika eingewachsene Flanke an einem Block (TsEri). Mitte rechts: Spaltenreicher schroff gebrochener Block mit Föhre (TsHrc).

Unten links: Typische Ansicht einer lückenhaft bewachsenen flachen Platte (OPL). Die flache Platte wird von blockreichen Wald- und Bergföhrenwäldern flankiert. Unten rechts: Moos- und grasreicher Block im Halbschatten unter Baumschirm (ThGdy).



Halbschattige Blockstandorte

Häufige Arten (Th)

Polygala chamaebuxus
Erica carnea
Viburnum lantana
Calamagrostis varia
Carex ornithopoda
Carex montana
Carex flacca
Hieracium murorum
Goodyera repens
Ctenidium molluscum
Tortella tortuosa
Hypnum cupressiforme

Die halbschattigen Blockstandorte liegen in der Regel unterhalb 1000 m, wo der Wald bereits recht dicht steht und die Blöcke zumindest teilweise zu beschatten vermögen. Im Halbschatten stehende Blöcke sind gegenüber den sonnenexponierten Blöcken deutlich stärker überwachsen und Rohbodenstellen gibt es nur noch wenige. Die Blöcke sind durch die Lage im Waldinneren stärker vor Austrocknung geschützt. Ferner wird durch Nadel- und Laubfall der überdachenden Bäume organisches Material auf die Blockoberflächen eingetragen, wodurch sich eine dicke Substratschicht bilden konnte. Einen bedeutenden Teil der Oberfläche machen Moosteppiche aus. Auf flächenmäßig etwas grösseren Blöcken konnten sich auch einzelne Sträucher etablieren. Die Vegetation zeigt hier bereits Ansätze zur Schichtbildung, wie sie im unteren Bergsturzgebiet auf Blöcken regelmässig zu beobachten ist. Die halbschattigen Blockstandorte treten in vier Ausbildungen auf:

a) Halbschattige Blöcke mit Rauhgras und Mauerhabitatskraut

(Tabelle 1: ThAch) Diese Einheit vermittelt zwischen den sonnenexponierten und den halbschattigen Blockstandorten. Die mittlere Verbreitungshöhe ist mit 900 m bereits deutlich tiefer als bei den sonnenexponierten Einheiten. Die Blöcke werden hier mindestens

teilweise von einem dichter stehenden Wald umrahmt. Es ergibt sich deshalb eine Durchmischung mit etwas anspruchsvollerer Arten, wie *Hieracium murorum* oder *Lonicera xylosteum*. Der Anteil von *Achnatherum calamagrostis* ist weiterhin hoch.

b) Halbschattige Blöcke mit Erika und Hochgräsern

(Tabelle 1: ThEri) Analog zur Erika-Variante (TsEri) der besonnten Blockstandorte kommen hier *Erica carnea* und *Polygala chamaebuxus* mit einem hohen Deckungsanteil vor. Andere niederwüchsige Arten und Moose treten dadurch wiederum etwas zurück. Dafür sind hochwüchsige Gräser und Seggen wie *Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis varia* und *Carex flacca* vermehrt anzutreffen. Neu sind die Holzpflanzen *Viburnum lantana*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera xylosteum* und *Fraxinus excelsior*, was einerseits auf den umgebenden Wald und andererseits auf einen reiferen Bodenzustand zurückzuführen ist.

c) Halbschattige Blöcke mit Etagenmoos und Säurezeigern

(Tabelle 1: ThHyl) In dieser Einheit machen Moose über drei Viertel der Pflanzendeckung aus. Dabei mischen sich basiszeigende Arten wie *Fissidens cristatus* oder *Tortella tortuosa* mit leicht säureanzeigenden wie *Hylocomium splendens* oder *Dicranum scoparium*. Auf flachen Bereichen befindet sich unter den Moospolstern oftmals eine dünne Humusschicht. In der Krautschicht sind kaum noch Arten anzutreffen, die an besonnten Blockstandorten vorhanden waren. Dafür treten nun zum Teil typische Waldarten auf, wie *Solidago virga-aurea* oder *Prenanthes purpurea*, oder Arten die typisch für Moosposter und versauerter Kleinstandorte sind, wie *Goodyera repens*, *Pyrola secunda* und *Lycopodium*-Arten.

d) Halbschattige Blöcke mit Bergsegge und Moosorchis

(Tabelle 1: ThGdy) Von allen Blockstandorten des mittleren und oberen Bergsturzgebietes erhält dieser Typus am wenigsten Licht. Charakteristisch ist das hochste Vorkommen der Bergsegge (*Carex montana*) und der Moosorchis (*Goodyera repens*) sowie diverser Moose. Daneben sind wiederum Arten des umgebenden Waldbodens vorhanden (*Viburnum lantana*, *Lonicera xylosteum*). Dies zeigt eine gewisse Ausgeglichenheit und Nährstoffverfügbarkeit der Standortbedingungen an. Insgesamt ergibt sich eine recht starke Annäherung an die Blöcke aus dem unteren Bergsturzhang, wenngleich einige Arten hier noch fehlen. Wie schon beim vorherigen Typ ist die Reaktionszahl tiefer als an den anderen Blockstandorten. Auf den Oberflächen tritt oft ein charakteristisches, kleinräumiges Mosaik aus Base- und Säurezeigern auf, das ebenfalls im unteren Bergsturzgebiet beobachtet werden kann und darauf zurückzuführen ist, dass die etwas dickeren Humusauflagen die kalkhaltigen Nagelfluhoberflächen stellenweise abzupuffern vermögen und sich versauerte Kleinstandorte ausbilden können.

Unterschiede zu Blockstandorten im unteren Bergsturzhang

(Tabelle 1: BSW) Die Blockstandorte im unteren Bergsturzhang (< 800 m) sind ebenfalls stark von Moosen überwachsen und tragen in der Regel eine etwas Trockenheit ertragende Vegetation. Auch die typischen Gräser der halbschattigen Blöcke sind vorhanden. Die tief liegenden Blöcke tragen jedoch deutlich mehr Gehölzarten. In den Wäldern unterhalb 800 m treten viele sich gut verjüngende Laubbaumarten auf, die auch auf Blöcken ansämen, wenngleich es die Ausnahme bleibt, dass eine dieser Jungpflanzen Baumhöhe erreicht. Die Blöcke im unteren Bergsturzgebiet weisen eine etwas mächtigere Substratschicht auf; der Standort ist jedoch immer noch sehr flachgründig. Die Blöcke erfahren im Schutze des Waldinneren aber eine ausgleichende Wirkung, weswegen die Feuchtigkeitsverhältnisse deutlich entspannt sind und sich typische Arten frischer Waldstandorte wie *Fragaria vesca*, *Viola silvestris*, *Carex digitata* oder *Hedera helix* auch dauerhaft auf Blöcken etablieren können.

Diskussion

Die Stellung der Block- und Felsstandorte

Zur Veranschaulichung der gegenseitigen Beziehungen der oben beschriebenen Einheiten wurde in Abb. 5 die Spanne der Einzelaufnahmen gegen die ersten drei Hauptkoordinatenachsen eingetragen. Grosse Flächen in der Ordination ergeben sich dann, wenn eine Einheit heterogen zusammengesetzt ist, bzw. viele unstete, eingesprengte Arten enthält. Die erste Ordinationsachse korreliert signifikant mit der Deckung des Baumsdaches, der mittleren Feuchte- und Humuszahl sowie negativ mit der Höhe, der Licht- und Reaktionszahl. Sie erklärt die Abfolge der Vegetationseinheiten am Bergsturzhang recht gut (Tabelle 2). Die zweite und dritte Achse widerspiegeln vor allem floristische Unterschiede, im Speziellen die Abtrennung der *Achnatherum*- und *Erica*-Varianten. Generell sind die Typen in tiefer Lage kompakter, was als stärkere «Festigung» der jeweiligen Vegetationseinheit gedeutet wird.

Der Lichtgenuss ist der wichtigste Faktor, der das Zustandekommen der Vegetationstypen auf den Blockoberflächen im oberen Bergsturzgebiet erklärt. Aufgrund der allgemeinen Ausrichtung des Hanges nach Süden erhalten alle hier beschriebenen Standorte viel Licht. Dies ergibt zusammen mit der geringen Substratschicht einen trockenen bis sehr trockenen Pflanzenstandort. Lokal können einzelne Flächen zwar durchaus etwas stärker abgeschirmt sein oder im Schatten liegen. Für das Gesamtbild ist dies allerdings nur von untergeordneter Bedeutung.

Wegen des geringen Alters, der kleinflächigen und für Bergsturzgebiete typisch inhomogenen Ausbildung lassen sich die hier beschriebenen Vegetationsbestände nur im Sinne einer «an-nähernden Interpretation» ins etablierte vegetationskundliche

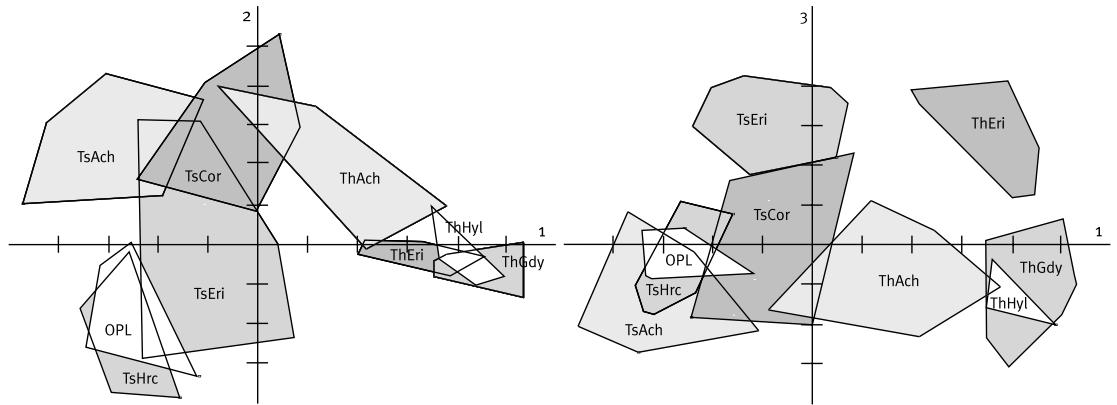


Abb. 5: Hauptkoordinaten-Ordination der unterschiedlichen Vegetationseinheiten.

Links: Erste und zweite Ordinationsachse

Rechts: Erste und dritte Ordinationsachse

Stark besonnene Blockstandorte

- TsHrc Schröffte Blöcke mit Habichtskraut-Arten
 TsAch Feinerdearme Blöcke mit Rauhgras und Mauerpfeffer
 TsEri Besonnte Blöcke mit Erika und Wacholder
 TsCor Besonnte Blöcke mit Vogelfuss-Segge

Halbschattige Blockstandorte

- | | |
|-------|--|
| ThAch | Blöcke mit Rauhgras und Mauerhabichtskraut |
| ThEri | Blöcke mit Erika und Hochgräsern |
| ThHyl | Blöcke mit Etagenmoos und Säurezeigern |
| ThGdy | Blöcke mit Bergsegge und Moosorchis |
| OPL | Flache Platten |

Tabelle 2: Pearson-Korrelationskoeffizienten der Hauptkoordinaten-Achsen mit Standortsfaktoren und ausgewählten Arten (* $P < 0.05$, Korrelation signifikant).

Faktor / Art	Hauptkoordinaten-Achse		
	1	2	3
Höhe	-0,820 *	-0,373	0,093
Deckung Baumdach	0,852 *	0,045	-0,136
Mittlere Feuchtezahl	0,606 *	-0,351	-0,041
Mittlere Lichtzahl	-0,927 *	0,090	-0,047
Mittlere Reaktionzahl	-0,637 *	0,085	0,100
Mittlere Humuszahl	0,731 *	-0,125	0,298
<i>Achnatherum calamagrostis</i>	-0,450 *	0,565 *	-0,149
<i>Pinus sylvestris</i>	-0,075	0,479 *	0,073
<i>Sesleria coerulea</i>	-0,580	-0,402 *	-0,128
<i>Erica carnea</i>	0,317	0,221	0,739 *
<i>Polygala chamaebuxus</i>	0,542 *	0,148	0,528 *
<i>Carex flacca</i>	0,145	-0,192	0,444 *

System aus Ordnungen, Verbänden und Assoziationen eingliedern. Die häufig vorhandenen Seggen- und Grasarten *Carex sempervirens*, *C. ornithopoda* und *Sesleria coerulea* lassen eine starke Ähnlichkeit der besonnten Blockstandorte zu den Blaugras-halden (*Seslerio-Caricetum sempervirentis*) erkennen. Die Arten *Hieracium bupleuroides*, *H. amplexicaule* und *Sedum dasypyllyum* weisen auf Fragmente aus den besonnten Kalkfelsfluren hin, die im *Potentillion caulescentis* zusammengefasst werden. Beide Gesellschaftstypen sind im Goldauer Bergsturz stark von *Achnatherum calamagrostis* durchdrungen. Dieses Gras kommt auf Blöcken deshalb häufig vor, weil es sich in der spaltenreichen Nagelfluhoberfläche gut verankern kann. Die Blockvegetation zeigt darum eine gewisse Ähnlichkeit zu den wärmeliebenden Rauhgrasfluren, die aus Bergsturzgebieten immer wieder erwähnt werden und deren soziologische Stellung oft als unsicher beurteilt wird (STROBL & WITTMANN 1985).

Die Pflanzendecke der halbschattigen Blöcke besteht vor allem aus Moos-Synusien, die dem *Dicrano-Hypnetum cupressiformae* und dem *Ctenidion mollusci* nahe stehen, sowie aus Fragmenten der Bodenvegetation der Föhren- und Fichtenwälder (*Erico-* bzw. *Molinio-Pinetum*, *Polygala chamaebuxi-Piceetum*), wobei Durchdringungen mit den oben erwähnten Gesellschaftstypen vorkommen. Die halbschattigen Blöcke können durchaus als Folgestadien ehemals besonnter Blockstandorte interpretiert werden, die sich erst ausgebildet haben, nachdem sich der Wald geschlossen hatte. Generell ist bei den halbschattigen Blockstandorten eine deutliche Angleichung an die bei GRUNDMANN (2000) erörterte Blockvegetation des unteren Bergsturzhanges zu beobachten.

Auch wenn die umgebende Waldbodenvegetation die floristische Zusammensetzung der Blockstandorte teilweise gut zu erklären scheint, sind auf Blöcken ebenfalls Arten vertreten, die auf dem Waldboden kaum zu beobachten sind, wie zum Beispiel das oft aspektbestimmende Rauhgras, das auf Waldboden nur selten vorkommt. Die Blockvegetation besitzt also durchaus einen eigenständigen Charakter, der sie zu einem gewissen Grad von der umgebenden Waldbodenvegetation unabhängig macht.

Die Weiterentwicklung der Block- und Felsstandorte

Im Sukzessionsschema (Abb. 6) werden die als wahrscheinlich erachteten Entwicklungslinien der Vegetation der Blöcke und der flachen Platten bezüglich den künftig zu erwartenden Verhältnissen dargestellt. Generell besteht eine Tendenz in Richtung reiferer Standorttypen. Dennoch ist nicht damit zu rechnen, dass mittelfristig die besonnten Standorte verschwinden werden. Der Grund dazu liegt in der Tatsache, dass sich im oberen Bergsturzgebiet auch heute noch regelmäßig kleine Abbrüche und Rutsche ereignen. Obwohl die davon betroffe-

nen Flächen klein sind, ergeben sich durch solche Ereignisse immer wieder frische Rohbodenstandorte für eine Neubesiedlung (Abb. 7). Der Bildvergleich in Abb. 8 zeigt eindrücklich, wie sich das Gelände unterhalb der Abbruchkante am Gnipen (1550 m) im Laufe der Zeit verändert hat. Selbst nach 200 Jahren konnten sich dort nur wenige Baumindividuen etablieren. Aber auch die nicht von neuen Abbrüchen beeinflussten Block- und Felsstandorte im oberen Bergsturzgebiet werden Extremstandorte bleiben, die auch langfristig kaum von Bäumen, Sträuchern oder krautigen Pflanzen besiedelt werden. Eine deutliche Weiterentwicklung ist erst dann zu erwarten, wenn der umgebende Wald so dicht geworden ist, dass die Blöcke in den Genuss eines ausgleichenden Waldklimas kommen, analog jener Verhältnisse, die heute am unteren Bergsturzhang anzutreffen sind.



Abb. 7: Wiederbesiedlung eines frischen Rohbodenstandortes in der zweiten Vegetationsperiode nach dem Abbruch.

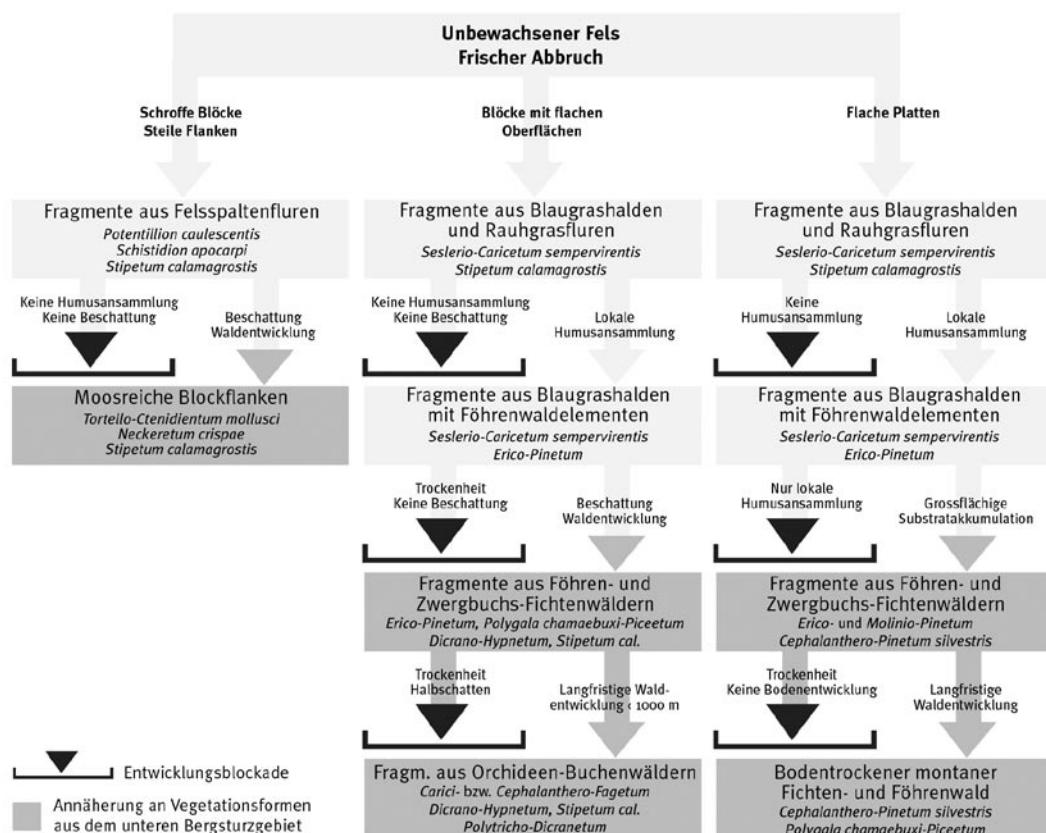


Abb. 6: Mutmassliche Sukzession der trockenen Block- und Felsstandorte im oberen Bergsturzgebiet.

Abb. 8: Die Abbruchkante des Goldauer Bergsturzes unterhalb des Gnipen-Kreuzes.

Oben: Um 1900 (Privatsammlung Reichlin): Es sind noch keine Bäume sichtbar.

Unten: Im Jahre 2004: Es sind deutlich mehr abgebrochene Blöcke vorhanden, ferner hat es mittlerweile diverse Gruppen von Bäumen.



Literatur

- FREY W & LÖSCH R (2004) Lehrbuch der Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Spektrum Akademischer Verlag. 528 pp
- FURRER H, REICHLIN T & GRUNDMANN A (2003) Fossile Baumstrünke in der Unteren Süsswassermolasse (spätes Oligozän) im Bergsturzgebiet von Goldau. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 148: 27–34
- GASSER J (2003) 200 Millionen Jahre Erdgeschichte. Berichte der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft 14: 63–82
- GRUNDMANN A (2001) Vegetationskundliche Betrachtungen im Gelände des Goldauer Bergsturzes. Ein Exkursionsführer. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 146: 105–114
- GRUNDMANN A (2000) Zur Standorts- und Vegetationsentwicklung im Goldauer Bergsturz. Dissertationes Botanicae 335: 1–254
- HESS HE, LANDOLT E & HIRZEL R (1986) Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Birkhäuser Basel
- LANDOLT E (1977) Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH Zürich 64: 1–208
- STROBL W & WITTMANN H (1985) Beitrag zur Kenntnis von Verbreitung, Soziologie und Karyologie von *Achnatherum calamagrostis* im Bundesland Salzburg (Österreich). Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 56: 95–102
- VOGEL A & HANTKE R (1988) Zur Geologie des Rigigebietes. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern 30: 23–50
- WILDI O & ORLÓCI L (1996) Numerical exploration of community patterns. A guide to the use of MULVA-5. SPB Academic Publishing Amsterdam. 171 pp