© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Mitt. österr. geol. Ges.	83 (1990) Themenband Umweltgeologie	S. 77-89 4 Abb., 4 Tab.	Wien, Februar 1991

Massenbewegungen und Grundwasserschutz in den alpinen Tälern — Schnittpunkte in der Ökosystemforschung

Von Herbert R. PIRKL*)

Mit 4 Abbildungen und 4 Tabellen

Inhalt

Zusammenfassung 77
Summary 77
1. Problemeinführung über ein Szenario 78
2. Wirkungsgefüge in bezug auf den Wasserhaushalt versackter Hänge 79
3. Problemdarstellung
  3.1. Wasserhaushalt und Massenbewegungen 82
  3.2. Wasserhaushalt und Grundwasserqualität 86
4. Integrierte Lösungsansätze 88
5. Literaturauswahl 89

Zusammenfassung

Die wissenschaftliche Forschung in bezug auf Massenbewegungen und Muren kann nicht allein als abgegrenzte geowissenschaftliche Problematik angesehen werden. Komplexe Zusammenhänge in der Änderung des Naturhaushaltes führen vielfach zu Wasserhaushaltsänderungen in alpinen Hängen, wobei der Wasserhaushalt stark über den jeweiligen Boden- und Vegetationszustand beeinflußt wird. Die Komplexheit ist als interdisziplinär-ökosystemare Problemverknüpfung zu definieren, die angewandte Forschung hat sich demnach entsprechend neu zu strukturieren. Die theoretischen Überlegungen dazu werden durch einzelne praktische Forschungsergebnisse aus der Westlichen Grauwackenzone (Bereich Saalbach-Hinterglemm) illustriert.

Summary

The analysed flood disasters and mudflow catastrophes increasingly indicate complex correlations in the changes of the ecosystem derived from various anthropogenic interferences with frequently long-term effects. Alterations in the water regime have to be stressed as one of the most important reactions for the complex of problems. The progressive degradation of forests and forest soil causes widespread quantitative and qualitative changes in the water balance. In this context high Al-contents are not only indicators of forest soil degradation but also risks for the protection of the quality of drinking water. The appropiate

*) Adresse des Verfassers: Dr. Herbert R. PIRKL, Plenergasse 5/27, A-1180 Wien, Österreich.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

answer to the complexity of problems is an intensified research on ecosystem as an interdisciplinary proposition.

1. Problemeinführung über ein Szenario

Plakatives Szenario:

Stellen Sie sich vor, Anfang des Jahres 1991 werden in Saalbach-Hinterglemm die alpinen Schi-Weltmeisterschaften veranstaltet — und keiner geht hin.

Nicht aus Gründen fehlender Begeisterung für den Schisport, sondern weil es technisch nicht möglich ist.

Nach einem schneereichen Dezember folgt Mitte Jänner ein Wärmeeinbruch mit Regen bis in Höhen von 1800 Meter — die Auswirkungen sind katastrophal:

* Lawinen verlegen die Landesstraße an mehreren Stellen, beschädigen zahlreiche Gebäude im Ortszentrum schwer, die Talstation einer Kabinenumlaufbahn wird verschüttet.
* Muren und Hochwässer überfluten größere Ortsteile.
* Das zentrale Umspannwerk in Hinterglemm wird überflutet, was einen totalen Stromausfall im Tal zur Folge hat.
* Zwei für die Versorgung von Trinkwasser wichtige Grundwasserbrunnen werden durch Vermurung beschädigt.
* Kontrollanalysen an Quellen der Trinkwasserversorgung erbringen Grenzwertüberschreitungen an wasserlöslichem Aluminium; die Trinkwasserversorgung ist damit nicht mehr gewährleistet.

Die Region Saalbach-Hinterglemm wird zum Katastrophengebiet erklärt!

Die Realität ist:

Die Region Saalbach-Hinterglemm mit etwa 2000 ständigen Einwohnern, bis zu 30000 Gästebetten und 1,8 Millionen Nächtigungen pro Jahr wird im Jänner/Februar 1991 die Alpine Schi-Weltmeisterschaft ausrichten.

Ein schneereicher Frühwinter ist nach den beiden letzten eher trockenen Wintern statistisch durchaus erwartbar. Wärmeeinbrüche zum Jahresanfang sind nicht ungewöhnlich (z. B. 1975, 1977, 1983).

Die geschilderten Auswirkungen können durchaus realistisch sein und sind aus den letzten Katastrophen wie z. B. 1987 (Stromausfall, Verschüttung von Brunnen, Verlegung der Landesstraße, Vermurung zahlreicher Gebäude) sowie aus den gültigen Gefahrenzonenplänen ableitbar.

Wenn schon nicht 1991, so können diese komplexen Schadensfälle doch in den nächsten Jahren möglich werden.

Die Region Saalbach-Hinterglemm ist dabei exemplarisch zu sehen für zahlreiche andere Alpentäler mit hoher Besiedlungsdichte und entsprechender Abhängigkeit vom Fremdenverkehr.

Ist damit der Sündenbock gefunden für die zunehmenden Probleme der Sicherung der Kulturlandschaft in den Alpentälern? Können wir es uns so leicht machen und im Stil vieler Pressemeldungen reagieren?

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

2. Wirkungsgefüge in bezug auf den Wasserhaushalt versackter Hänge

Analysen von Hochwasser- und Murkatastrophen der letzten Jahre weisen immer mehr auf komplexe Zusammenhänge in den Änderungen des Naturhaushalts durch verschiedene, oft aber langfristig wirksame Eingriffe des Menschen hin.

Wasserhaushaltsänderungen sind dabei als wichtige und zentrale Problemkreise herauszustreichen.

Wasserhaushaltsänderungen im Zusammenspiel von Oberflächenabfluß — Versickerung — Speicherung und Rückhaltevermögen sowohl in Vegetation und Boden wie im Gesteinsuntergrund sind z. B. bedingt durch

— vermehrten Oberflächenabfluß aus dem Bereich von Schipisten, Liftanlagen und Aufschließungswegen
— Waldweide (Bodenverdichtung, Schädigung des Jungwuchses)
— verringerte Pflege von Alpflächen
— überhöhter Wildtierbestand (Schädigung des Jungwuchses)
— geschädigte oder nicht standortgemäße Waldbestände.

Der Wasserkreislauf der alpinen Hänge und Talflanken ist wiederum eingebettet in zahlreiche andere zum Teil übergeordnete Regelkreise (Kompartimente), wie z. B. Kleinklima, Großklima, Vegetationszyklen, Geologischer Untergrund, Nährstoffkreislauf, u. a. In Abb. 1 sind prinzipielle Zusammenhänge für das System „Instabile Talflanken" im Sinne (systemanalytischer) Regelkreise dargestellt.

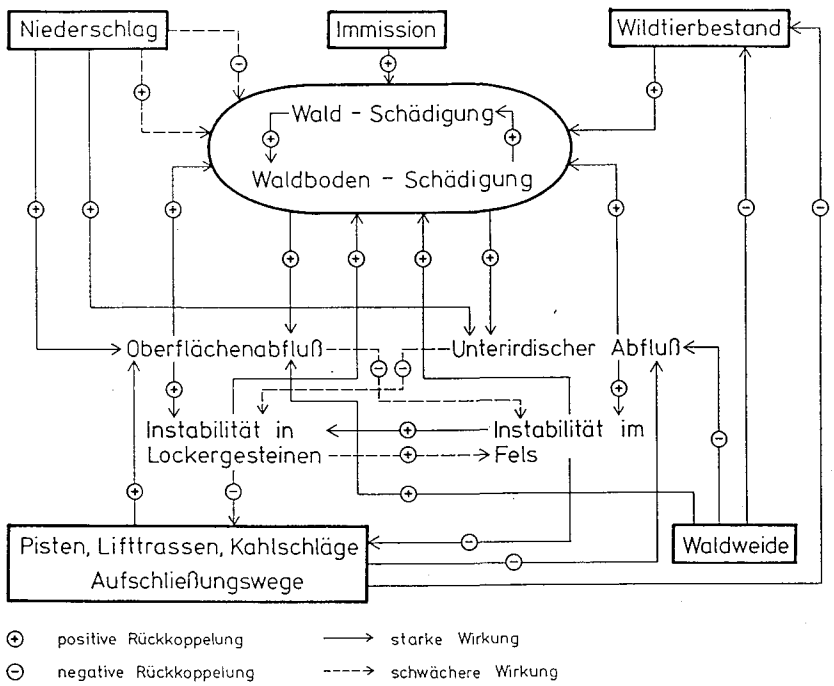

Abb. 1: Regelkreise im System „Instabile Talflanken"

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Bei der Gegenüberstellung der wichtigsten Elemente im System „Instabile Talflanken" und der sich konkurrenzierenden Nutzungen in einer Matrix mit einer Grobbewertung der jeweiligen Auswirkungen aufeinander (sowohl positiv als auch negativ) werden die summierenden, wie multiplizierenden Effekte deutlich (Wirkungsanalyse). Mit dieser Darstellungsart kann darüberhinaus versucht werden, bekannte Zusammenhänge etwas zu objektivieren und vermutete Abhängigkeiten zu untermauern.

Tab. 1: Wirkungsanalyse im System „Instabile Talflanken" in Form einer gewichteten Matrix.

Wirkung von ↓ auf →	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	AS	Q
A Gefüge, Lagerung, Felsuntergrund	x	3	3	3	2	0	0	2	3	1	1	0	0	1	1	1	21	2,10
B Gesteinstyp, Lithologie	3	x	3	3	3	0	0	1	2	1	0	0	0	2	0	0	18	6,00
C Reliefenergie, Morphologie	2	0	x	3	3	0	0	3	2	2	2	2	1	2	3	3	28	1,12
D Hangstabilitäten im Festgestein	2	0	3	x	2	0	0	2	3	2	1	2	1	1	3	3	26	0,74
E Hangstabilitäten im Lockergestein	0	0	3	1	x	0	0	2	1	2	2	1	1	2	3	3	21	0,57
F Niederschlag	0	0	1	2	3	x	3	3	3	1	1	0	0	3	0	0	20	20,00
G Imissionen	0	0	0	0	0	0	x	0	0	3	1	0	0	3	0	0	7	1,10
H Oberflächenabfluß	0	0	3	1	3	0	0	x	3	1	2	0	0	1	2	3	19	0,61
I unterirdischer Abfluß	1	0	2	3	3	0	0	3	x	1	1	0	0	3	0	0	17	0,58
J Wald	0	0	1	2	3	1	0	3	3	x	0	1	3	3	0	0	20	0,74
K Almweide	0	0	1	1	2	0	1	2	1	0	x	2	2	0	2	1	15	1,00
L Waldweide	0	0	1	1	3	0	0	2	2	3	0	x	3	3	0	0	18	1,80
M Wildtierdichte	0	0	1	1	2	0	0	1	1	3	0	1	x	2	0	0	12	0,80
N Waldböden	0	0	0	1	2	0	0	3	3	3	0	1	1	x	0	0	14	0,46
O Erschließungsstraßen	1	0	1	2	3	0	1	2	0	2	2	0	1	1	x	0	16	1,00
P Pisten, Lifttrassen	1	0	2	2	3	0	1	2	2	2	2	0	2	2	2	x	23	1,64
	10	3	25	35	37	1	6	31	29	27	15	10	15	30	16	14	PS \ AS	Q
	210	54	700	910	777	20	42	589	493	540	225	180	180	420	256	322	P	

0 = keine Einwirkung; 1 = schwache Einwirkung; 2 = mittlere Einwirkung; 3 = starke Einwirkung
(jeweils positiv und/oder negativ)

Die Analyse dieser Matrix (Tab. 1) erlaubt folgende Schlüsse auf Wirksamkeiten und Auswirkungen:

* aktive Elemente (sind Elemente, die andere stark beeinflußen ohne oder mit nur geringer Rückwirkung)
  - Lithologie des Felsuntergrundes
  - Gefüge, Lagerung, Tektonik
  - Niederschlag
* reaktive Elemente (sind Elemente, die stark beeinflußt werden)
  - Wasserhaushalt
  - Wald, Waldboden
  - Stabilität in Felsuntergrund und Lockergesteinen
* kritische Elemente (sind Elemente, die stark beeinflußt werden und auf andere Elemente stark rückkoppeln)
  - Wasserhaushalt
  - Waldzustand
  - Stabilitätsverhältnisse
  - Morphologie, Reliefenergie

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Insbesondere die kritischen Elemente sind zentrale Ansatzpunkte der entsprechenden Forschung, wobei eine jeweilige Detailanalyse der einzelnen Regelkreiselemente Hilfestellung für die gezielte Indikatorenauswahl (Ist/Soll-Werte Vergleich) leistet (s. Tab. 2 und 3 als Beispiele)

Tab. 2: Definition der Regelkreiselemente für den Hangwasserhaushalt

Meßglied(er)	Regler/Stellglied(er)	Stellgröße(n)	Störgröße(n)	Indikatoren für Ist/Soll-Werte
Gebietsniederschlag	abhängig von übergeordnetem Regelkreis	Klima (vorherrschende Windrichtungen, Sonneneinstrahlung, Morphologie, Exposition)	Klimaänderung (Lokalklimaänderung)	Verhältnis Gebietsabfluß/ Niederschlag Retentionsvermögen
Verdunstung	Vegetation	Klima (Windhäufigkeit, Sonneneinstrahlung, Exposition) Waldfläche	Störung der Vegetationsdecke, Kahlschlag, Waldschädigung	
Versickerung	Vegetation, Boden Lithologie	Klima Bodendurchlässigkeit Waldfläche	Waldschädigung, Bodenverdichtung	Verhältnis Oberflächenabfluß/ unterirdischer Abfluß
Oberflächenabfluß	Vegetation, Boden, Morphologie Lithologie	Bodendurchlässigkeit Waldfläche	Waldschädigung, Bodenverdichtung	Trockenwetter-Simultanabflußmessungen Quellaufnahme

Tab. 3: Definition der Regelkreiselemente für Hangstabilitätsverhältnisse

Meßglied(er)	Regler/Stellglied(er)	Stellgröße(n)	Störgröße(n)	Indikatoren für Ist/Soll-Werte
Stabilität von Lockersedimentböschungen	Morphologie Wasserhaushalt, Vegetation, Boden, Lithologie	Böschungsverhältnisse Waldflächen Bodennutzung	Änderung im Wasserhaushalt Anschnitt von Böschungen Nutzungsänderung Veränderung der Vegetationsdecke	Böschungsanrissse Böschungsneigungen bei stabilem labilem instabilem Zustand
Stabilität von Felsböschungen	Morphologie Wasserhaushalt Lithologie Gefüge Vegetation	Böschungsverhältnisse Waldflächen Bodennutzung	Änderung im Wasserhaushalt Änderung in Böschungsverhältnissen Veränderung der Vegetationsdecke Nutzungsänderungen	Ausmaß älterer Hang- und Massenbewegungen Aterseinstufung von Hang- und Massenbewegungen Kleinmorphologie Bewegungsanzeiger in Vegetation

Die Regelkreise „Wasserhaushalt" und „Stabilitätsverhältnisse" sind dabei bestimmend für die repräsentative Indikatorenauswahl zu geotechnisch-hydrogeologischen Kartierungen, wobei darüberhinaus im Sinne der Dynamik der Systeme parallele Wirkungen unterschiedlicher Zeitvektoren mitzuberücksichtigen sind. Besonders wichtig ist dabei, daß der

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Geowissenschafter im Auge behält, daß alle diese Kreisläufe übergreifend zwischen Geo- und Biosystemen verbunden sind.

Die nähere Durchsicht der Regelkreiselemente zeigt, daß gerade die Störgrößen in zahlreichen Fällen anthropogen bedingt oder verursacht sind, wodurch sich der Begriff „Naturkatastrophe" stark relativiert.

Aus der Fülle der miteinander verknüpften Probleme werden für diese Abhandlung zwei Wirkungsgrößen — Massenbewegungen und qualitative Verschlechterung des Grundwassers in Hängen — herausgegriffen und vorerst auf getrennten Linien verfolgt.

3. Problemdarstellung

3.1. Wasserhaushalt und Massenbewegungen

Mit dem Schlagwort „Unsere Täler wachsen zu", geprägt von STINI 1941 und 1942, wurde das Erkennen eines Phänomens umrissen, daß nämlich die pleistozäne und nachpleistozäne Hangdynamik Talflanken tiefgründig umzuprägen imstande ist. Talzuschübe oder Sackungen wurden in den sechziger und siebziger Jahren als Einzelphänomene intensiv erforscht, verbunden, z. B. mit dem Namen CLAR, DEMMER, KRONFELLNER-KRAUS, MOSER, SCHEIDEGGER und ZISCHINSKY. Nicht so klar erkannt oder anerkannt wurde bisher jedoch die Tatsache der Verbreitung und Großflächigkeit des Phänomens. Weite Hangabschnitte in der Grauwackenzone, den Phyllitgebieten und dem Kristallin der Zentralalpen sind labil bis quasistabil.

Was geschieht nun, wenn die Rahmenbedingungen, die Quasistabilität bedingen, sich ändern oder geändert werden? Änderungen erfolgen einerseits durch eher leicht abgrenzbare und an den Extremen gelagerten Motoren

aktuelle Gebirgsspannungen („Rezenttektonik") und
technische Eingriffe.

Andererseits liegen zwischen diesen beiden Extremen die „eher unmerklichen" mittel- und langfristigen Änderungen im Wasserhaushalt über Vegetations- und Bodenzustand, bedingt z. B. durch Immission, Flächennutzungsumstellungen oder falschen Tierbestand.

In den wenigsten Fällen liegt bei Massenbewegungen jeweils nur ein Motor oder Auslösungsfaktor vor; meist führen Überlagerungen mehrerer Faktoren oder Situationen zu negativen Entwicklungen der Rutschungs-, Muren- oder Hochwassergefährdung. Illustriert wird dies an einem relativ einfachen Beispiel an Bacheinzugsgebieten im Bereich Hinterglemm (Hasenauerbach und Gußbach N Hinterglemm).

* Hydrogeologische Situation (Abb. 2):

In mehreren Höhen sind Quellhorizonte anzutreffen — Entwässerung des obersten, aufgelockerten Kammbereiches in Quellen zwischen 1650 und 1750 m; am mittleren Hang zwischen 1300 und 1400 m; östlich des Gußbaches flächenhafte Wasseraustritte zwischen 1150 und 1250 m; einzelne Quellen am Unterhang und Hangfuß. Von den Quellhorizonten erfolgt rasche und lineare Ableitung in zahlreichen Bächen.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

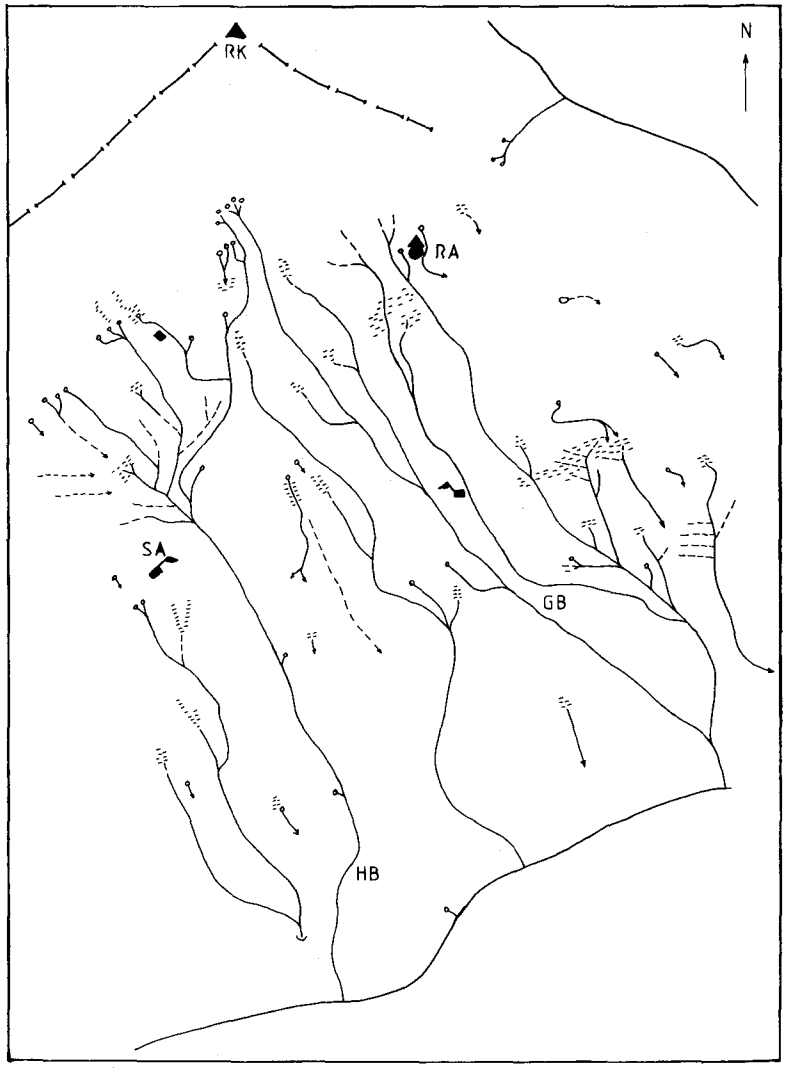

Abb. 2: Quellhorizonte und Oberflächenabflußsystem im Bereich Hasenauerbach-Gußbach-Reiterkogel N Ortszentrum Hinterglemm/Saalachtal. RK=Reiterkogel, SA=Sportalm, RA=Reiteralm, HB=Hasenauerbach, GB=Gußbach.

* Massenbewegungen (Abb. 3):

Der Gesamthang ist geprägt durch eine nachwürmeiszeitlich Sackung in Angleichung an den Spannungszustand nach dem Abschmelzen der Gletscher.

An dem landschaftlich sehr auffälligen morphologischen Element — einer mehrfach etwas versetzten Verebnungsfläche zwischen Sport- und Reiteralm (ehemalige Schmelzwasserrinne) — setzen sekundäre Massenbewegungen im Fels (Sackungen und Gleitungen) SE der Sportalm an; blockartiges und stufenweises Absacken an der Hangkante und zum Teil

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

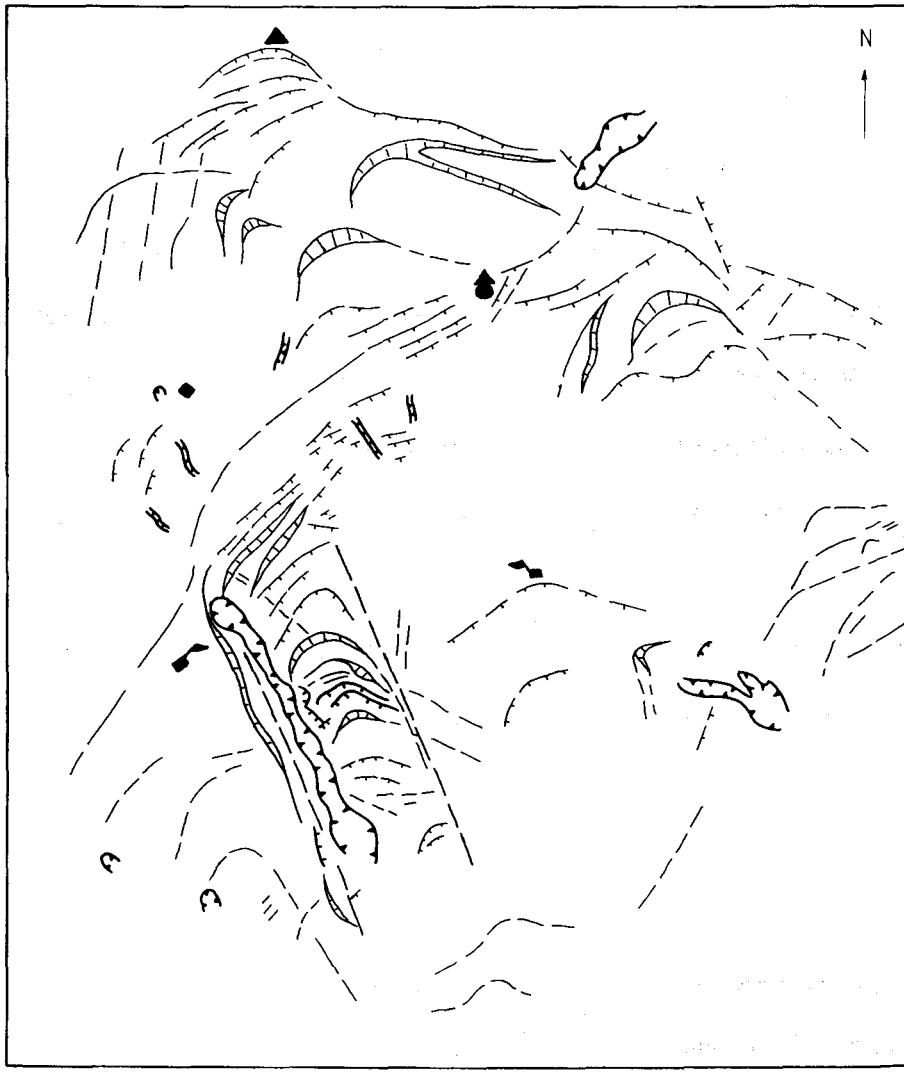

Abb. 3: Situation Massenbewegungen Bereich Hasenauerbach-Gußbach-Reiterkogel N Ortszentrum Hinterglemm/Saalachtal.

sackende und gleitende Bewegungen zwischen 1400 und 1200 m, begrenzt durch NNW-SSE-Störungen (parallel Spielberggrabenrichtung), an denen auch rezent die Bewegung wie auf Schienen weiterläuft; breite und hohe Anrisse und Geschiebeherde (meist aufgelockerter Fels und Hangschutt) im Hasenauergraben und Gußbach.

Im Hasenauergraben mußten seit den dreißiger Jahren Sperrenstaffel eingebaut werden mit Arbeitsschwerpunkten in den fünfziger und siebziger Jahren. Zur Verbauung des östlichen Gußbaches wurden in den Jahren 1988/89 mehrere Sperren und ein Geschiebeauffangbecken errichtet.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

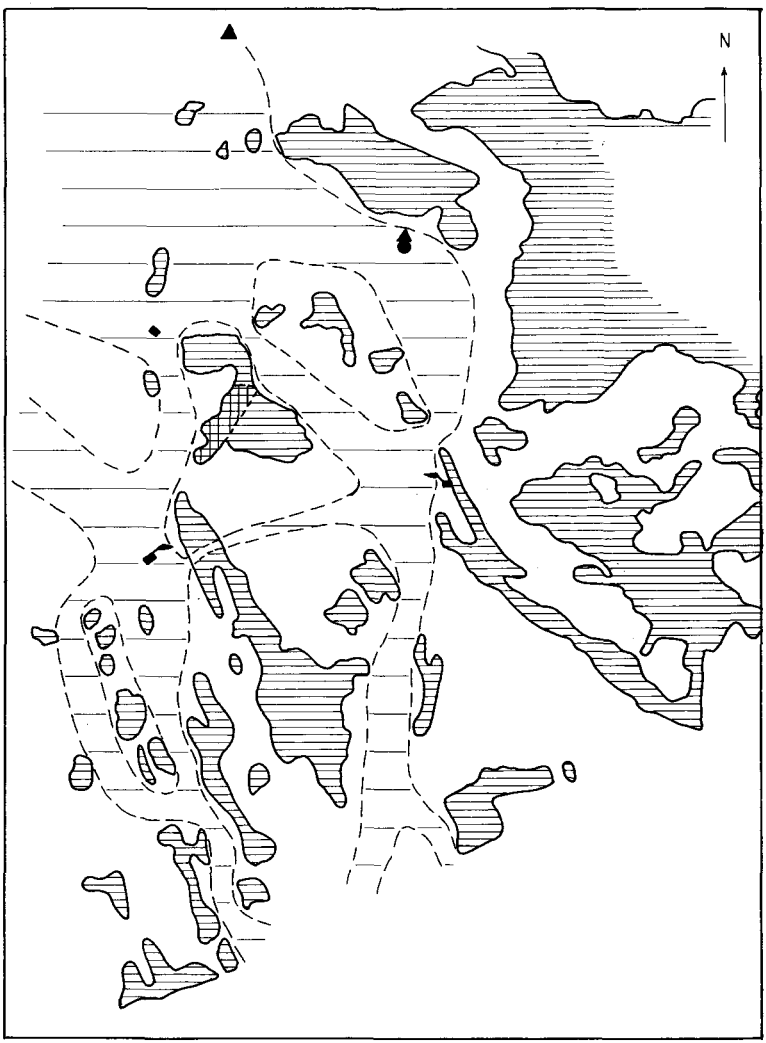

Abb. 4: Situation Waldbestand (eng schraffiert) und Schipisten (weit schraffiert) Bereich Hasenauerbach-Gußbach-Reiterkogel N Ortszentrum Hinterglemm/Saalachtal.

* Waldbestand/Pistenflächen (Abb. 4):

Der Waldbestand im Hasenauergraben ist äußerst gering, in den oberen Einzugsgebieten des Gußbaches ebenso; in den letzten Jahren vergrößerten sich die Waldflächen im Mittel- und Unterlauf des Gußbaches etwas. Im praktisch waldfreien Bereich oberhalb 1500 m im Einzugsgebiet beider Bäche werden im Winter ausgedehnte Flächen als Schipisten benutzt.

* Daraus resultierende Problematik:

Besonders im Bereich Hasenauerbach beeinflußt eine aktive Massenbewegung die Hangstabilität, deren Auswirkungen auch schon auf den ältesten Kartenunterlagen und Luftbil-

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

dern dokumentiert sind. Am oberen Ansatzpunkt dieser Massenbewegung mündet punktförmig die Entwässerung einer breiten Hangfläche ein. Infolge ausgedehnter Schipisten in dieser Hangfläche verstärkt sich der Oberflächenabfluß (starke Tiefenerosion in den Gerinnen in den letzten Jahren); verschärft wurde die Situation zusätzlich durch einerseits Begradigung und Ausräumung der Abflußgräben auf der Verebnung NE Sportalm und andererseits durch zusätzliche (künstliche) Beileitung eines weiteren Baches NE Hasenaueralm im Zug von Pistenplanierungen. Somit wird der Oberflächenabfluß von zirka 70 Hektar punktförmig östlich der Sportalm in einen ohnehin kritischen Bachlauf eingeleitet. Eine weitere Komplikation bildet die Schiwegquerung knapp unterhalb der Sportalm.

Möglicherweise weitere Beschleunigung der Bewegung erfahren die Gleitungskörper bei etwa 1300 m durch bewußte Zuleitung und Versickerung eines Baches mit durchschnittlich 1-2 l/sec (Wiesenbewässerung während Sommermonate). Darüberhinaus wurde im Herbst 1989 eine Waldfläche NE der Sportalm geschlägert, die bisher gerade im Bereich der blockartigen Absetzflächen oberhalb der aktiven Gleitungen die Versickerung etwas minderte.

Die breiten Vernässungszonen östlich des Gußbaches zwischen 1100 und 1300 m wurden, solange die Wiesenflächen intensiv genutzt wurden, drainagiert und gepflegt. Im Zug der Renaturierung der letzten 20 Jahre versumpften diese Flächen sehr stark, erst in den letzten Jahren wurden wieder gezielt Entwässerungsgräben gezogen. Möglicherweise trug diese Entwicklung auch zur stärkeren Geschiebeherd-Entstehung im unteren östlichen Gußbach bei.

Im Fall dieser beiden Bäche liegt also eine komplexe Verknüpfung mehrerer Ursachen zur Auslösung von Massenbewegungen vor:

— primäre Hanginstabilitäten (nachpleistozäne Sackungen, rezent aktive Störungen)
— Änderungen in der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung
— intensive Wintersportnutzung, Planierungen
— unbedachte Eingriffe in das Oberflächenabflußsystem

Inzwischen auch möglicherweise eingetretene Veränderungen im Boden- und Vegetationszustand und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt wurden bei diesem Beispiel noch gar nicht berücksichtigt!

3.2. Wasserhaushalt und Grundwasserqualität

Große Teile der Trinkwasserversorgung in den Alpentälern beruhen auf Quellfassungen sowohl bei Einzelversorgungen als auch bei Gruppen- und Gemeindewasserversorgungen. In Kristallingebieten sind seit jeher Qualitätsprobleme mit höheren Eisengehalten und freiem CO_2 bekannt. Sonst bestanden kaum Qualitätsprobleme, wobei davon ausgegangen wurde, daß geschlossene Waldgebiete einen ausreichenden Schutzfaktor darstellten.

Umfangreiche Forschungen in der BRD im Zug von Ökosystemstudien an Wäldern (z. B. BRECHTEL 1989, ELLENBERG et al. 1986) belegen massive Stofflüsse im Zusammenhang mit dem Fortschreiten von Versauerungsfronten im Boden und tieferen Untergrund. Neben der Mobilisierung von Schwermetallen bedingen diese Versauerungsfronten den Austrag von Nitrat oder wasserlöslichem Aluminium je nach Chemismus des Boden/Untergrund-Kontaktbereiches.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Die Charakteristik der Hydrogeologie versackter Hänge besitzt z. T. Analogien sowohl zu Porengrundwasserkörper als auch zu Karstwasserkörper; auf jeden Fall ist infolge großflächiger und meist tiefgründiger Auflockerung mit teilweiser sehr rascher Durchflußgeschwindigkeit zu rechnen. Daneben bietet das weitmaschige Kluftnetz andererseits auch ein hohes Retentionsvermögen. In Verbindung mit der höheren Wahrscheinlichkeit von Boden- und Vegetations-Degradationserscheinungen (primär saure Böden, Erosion, Streß durch Massenbewegungen) ist damit zu rechnen, daß in den alpinen Tälern die Gefahr der Grundwasserbelastung zunehmen wird.

Dieser Fragestellung wurde in der westlichen Grauwackenzone im Gebiet von Saalbach-Hinterglemm gezielt nachgegangen mit Hilfe von hydrochemischen Vollanalysen einschließlich Al-Analytik aus Quellen und Kleingerinnen.

Nitrat-Austräge aus Waldböden sind nachgewiesen im Anschluß an Düngeversuche und etwas zeitversetzt nach Kahlschlägen (REHFUESS, 1981). Diese Untersuchungen beziehen sich freilich meist auf Analysen der Bodenlösungen, wobei z. B. nach Kahlschlägen der Nitrataustrag von etwa 2ppm auf 8-12ppm ansteigen kann. Abhängig ist dies freilich auch von pH-Wert und Basensättigung in den entsprechenden Böden. Höhere Basensättigung führt zu rascherer Nitrifikation und zum Durchschleusen des Nitratüberschusses aus der Immission. Diese Zusammenhänge lassen sich an Hand der Nitrat-Analytik an Wässern des Saalachtales nachvollziehen. Höhere Wert-Verteilungen (bis 10ppm) sind klar den Bereichen mit Metabasit-führenden Serien zuzuordnen, in denen für die Böden ein primär höheres Ca-Mg-Angebot zur Verfügung steht; nur geringer Nitrataustrag erfolgt aus den sauren und stark sauren Böden über Metapelit-Metaarenit-Wechselfolgen der Wildschönauerschiefer. Beachtet muß bei der Interpretation freilich werden, daß die Analysen sich auf Quell- oder Oberflächenwässer beziehen — nicht auf Bodenlösungen! Beim Literaturvergleich müssen also Verdünnungseffekte mitberücksichtigt werden.

Die Auswertung der hydrochemischen Vollanalysen nach Ionenäquivalent-Prozent erlaubt eine Interpretation der Wassertypisierung unabhängig vom Mineralisierungsgrad. In dieser Form wurden die gefundenen Wassertypen regional gruppiert (s. Tab. 4).

Tab. 4: Gruppierung von Wassertypen nach Beprobungsbereichen, Bereich Viehofen/Saalbach-Hinterglemm.

	Bereich Viehofen	Kreuzerlehen-/ Exenbachgraben	Hinterer Löhnersbach	Reiteralm-Pfefferalm
$Ca\text{-}HCO_3$	3	1	2	3
$Ca\text{-}HCO_3\text{-}SO_4$	7	5		
$Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3\text{-}SO_4$		4	2	
$Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3$		3	9	3
$Al\text{-}Ca\text{-}HCO_3$			1	
$Ca\text{-}Na\text{-}Mg\text{-}HCO_3$			1	
$Ca\text{-}Mg\text{-}Na\text{-}HCO_3$			2	

Als auffälligste Aussage wird davon der Bereich Hinterer Löhnersbach herausgegriffen. Die unterschiedlichsten Wassertypen und eine große Streuung der jeweiligen Kationengehalte — bei lithologisch einheitlichem Untergrund und kleinem Gebiet — legen den Schluß nahe, daß in den Quelleinzugsgebieten massive Austauschvorgänge im Boden (oder auch in

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

den Klüften des tieferen Untergrundes) im Gang sind, die neben Ca und Mg auch in erhöhtem Maß Na, K und insbesondere Al freisetzen!

Die z. T. extrem hohen Werte von wasserlöslichem Al an Quellaustritten mit bis zu 1500 ppb weisen auf toxische Verhältnisse in Böden des Einzugsgebietes hin, wobei darüberhinaus bedacht werden muß, daß in Bodenlösungen noch mit weit höheren Werten gerechnet werden muß. Damit bestehen direkte Hinweise auf flächenhafte Bodendegradationsvorgänge in den entsprechenden Einzugsgebieten.

Somit wird der Schluß aus den vorliegenden Daten in zwei Richtungen möglich: Einerseits auf die Indikatorfunktion hinsichtlich des Zustandes des Boden-Vegetationskomplexes und damit dessen hydrologische Wirksamkeit, andererseits auf die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit der Belastung von Trinkwasservorkommen und deren Sicherung und Schutz.

4. Integrierte Lösungsansätze

Aus der Wirkungsanalyse und der eher schematischen Darstellung von Regelkreissystemen in alpinen Hängen (Abb. 1) kristiallisiert sich der Zustand des Boden-Vegetationskomplexes als das zentrale Element des Wasserhaushaltes in Hangökosystemen heraus. Gleichzeitig erweist sich das eigentliche „Element" Wasser als idealer Indikator nicht nur in der Funktion der reinen Wasserhaushaltsindizierung, sondern auch für zahlreiche andere Fragestellungen.

Das Wasser als „Wanderer" zwischen den Kreisläufen (Aero-, Geo-, Bio-) ist:

1. Informationsträger
   über
   * Menge und Beschaffenheit des Input (Niederschlag, Versickerung, Immission)
   * Größe und Beschaffenheit des Einzugsgebietes
   * chemische und physikalische Vorgänge im Fließverlauf;
2. Transportmedium
   für gasförmige, flüssige und feste Substanzen;
3. Auslöser und Motor von Massenbewegungen
   durch
   * Aufbau von hydrostatischem und dynamischem Druck
   * Durchfeuchtung und Herabsetzung der Bindungskräfte
   * Erosion und Subrosion;
4. nutzbares Potential
   für
   * Trink- und Brauchwasserversorgung
   * Energieversorgung.

Wenn nun beispielhaft diese komplexen Funktionen des Wassers und ihre Aussagekraft in Beziehung gesetzt werden zu bestimmten Fragestellungen, die wiederum aus dem Beziehungsnetz der Kreislaufverknüpfungen abgeleitet werden, wird es möglich, Indikatoren mit maximaler ökologischer Aussage bei minimiertem ökonomischem Aufwand herauszufinden. Voraussetzung ist freilich eine intensive interdisziplinäre Problemanalyse und Zieldiskussion.

© Österreichische
Geologische Gesellschaft/Austria; download unter www.geol-ges.at/ und www.biologiezentrum.at

Die Ergebnisse sind dann jedoch:

— Mehrfachnutzung von Datensätzen durch mehrere Forschungsdisziplinen
— gesamtheitliche (ökologische) Aussage
— gesamtheitliche und damit wirksamere Maßnahmenkataloge
— höheres Verständnis zwischen den Disziplinen

5. Literaturauswahl

AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG: Bericht über den Zustand der Tiroler Böden 1988. — Innsbruck 1989.

BRECHTEL, H. M. [Hrsg.]: Immissionsbelastung des Waldes und seiner Böden — Gefahr für die Gewässer? — Mitt. dt. Verb. Wasserwirtschaft Kulturbau, **17,** Bonn 1989.

ELLENBERG, H., MAYER, R. & SCHAUERMANN, J. [Hrsg.]: Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts 1966-1986. — Verlag Ulmer, Stuttgart 1986.

ENGEL, R. & PINZOLITS, H.: Wintersportregion Saalbach-Hinterglemm: Profit=Schnee+Jagatee. — Trend, **20/2,** 86-97, Wien 1989.

HUSZ, G.: Bodenzustandserhebung Vorarlberg 1986. — Lebensraum Vorarlberg, **2,** Bregenz 1987.

PIRKL, H. R.: Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und -labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins. — Unveröff. Projektendber., 1. Phase 1988/89, Wien 1989.

—: Bemerkungen zur Festlegung und Verwendung von Schadstoff-Grenzwerten für Böden und Grundwasser in alpinen Ökosystemen. — Jb. geol. B.-A., **133,** 111-120, Wien 1990.

—: Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und -labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins. — Unveröff. Projektber., 2. Phase 1989/90, Wien 1990.

REHFUESS, K. E.: Waldböden. — Pareys Studientexte, **29,** Hamburg-Berlin 1981.

STINI, J.: Unsere Täler wachsen zu. — Geol. u. Bauwesen, **13,** 71-79, Wien 1941.

VESTER, F.: Ansätze zur Erfassung der Umwelt. — [In:] Buchwald, E. (Herausg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt. **3,** Die Bewertung und Planung der Umwelt. — BLV-Verlagsges., München 1980.

VOIGT, H. J.: Hydrogeochemie. Eine Einführung in die Beschaffenheitsentwicklung des Grundwassers. — Springer, Berlin 1990.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 29. Juni 1990

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Austrian Journal of Earth Sciences

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: 83

Autor(en)/Author(s): Pirkl Herbert R.

Artikel/Article: Massenbewegungen und Grundwasserschutz in den alpinen Tälern - Schnittpunkte in der Ökosystemforschung. 77-89