




Bayerisches Landesamt
für Wasserwirtschaft

A large, stylized blue brushstroke graphic that starts as a thick, rounded shape on the left and tapers into a long, thin line extending towards the right, ending in a rounded tip. It is positioned behind the main title and subtitle.

Geländeanleitung

zur Abschätzung des Abfluß-
und Abtraggeschehens
in Wildbacheinzugsgebieten

Materialien Nr. 87 (März 2000)

Geländeanleitung

zur Abschätzung des Abfluß-
und Abtragsgeschehens
in Wildbacheinzugsgebieten

Materialien Nr. 87 (März 2000)

grundwissen

- Herausgeber:** Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Lazarettstraße 67, D-80636 München,
eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung
und Umweltfragen
- Verfasserin:** Raphaele Löhmannsröben
- mit Beiträgen von:** Otfrid Altfeld, Dr. Günther Bunza, Monika Eidt, Armin Fischer, Dr. Peter Jürging,
Dr. Thomas Schauer, Renate Ziegler
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
- Druck:** Eigenverlag
Für den Druck wurde umweltfreundliches, chlorfreigebleichtes Papier verwendet.

Nachdruck und Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers

VORWORT

Das Bergland ist ein dynamisches System, dessen Erscheinungsbild sich durch natürliche Gefahrenpotentiale laufend verändert. Hochwasser und Muren, Massenbewegungen und Lawinen sind natürliche Elemente des alpinen Lebensraumes.

In den letzten Jahrzehnten ist – insbesondere mit der Entwicklung des Fremdenverkehrs – eine intensive Erschließung und Nutzung des Alpenraumes zu beobachten. Zahlreiche Gebäude, Verkehrswege und sonstige Infrastruktureinrichtungen sind heute durch die an sich natürlichen Gefahrenpotentiale bedroht. Dies führt zu der Notwendigkeit, Schadensrisiko und Schadensumfang durch geeignete Schutzmaßnahmen auf ein verträgliches Maß zu reduzieren.

Voraussetzung zur Entwicklung wirksamer Sanierungs- und Schutzkonzepte in Wildbacheinzugsgebieten sind Kenntnisse über die komplexen Ursachen und Zusammenhänge, die das Abfluß- und Abtragsgeschehen bestimmen. Maßgebend für die Wildbach- und Hangdynamik und damit für Hochwasser, Geschiebetrieb in Wildbächen, Erosion und Hangbewegungen sind die Faktorenkomplexe Vegetation, Boden, Geologie, Morphologie und Nutzung sowie deren Wechselwirkungen.

Vorliegende Geländeanleitung richtet sich in erster Linie an den Praktiker zur Einschätzung der wildbachkundlichen Situation eines Einzugsgebietes. Sie liefert Anhaltspunkte und Kriterien zur Beurteilung der Standortverhältnisse bzw. Standortentwicklungen, die hohe Oberflächenabflüsse oder erhöhte Abtragsbereitschaft erwarten lassen. Darüberhinaus ergeben sich Hinweise für zusätzlich erforderliche Erhebungen und Fachgutachten.

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Abteilung Gewässerentwicklung, Wasserbau
München, im April 2000



J. Bauer
Leitender Baudirektor

GELÄNDEANLEITUNG ZUR ABSCHÄTZUNG DES ABFLUSS- UND ABTRAGSGESCHEHENS IN WILDBACHEINZUGSGEBIETEN

Einleitung

Diese "Geländeanleitung zur Abschätzung des Abfluß- und Abtragungsgeschehens" bildet ein Teilergebnis des Abschlußberichtes zum EV "Leitfaden zum Integralen Wildbachschutz" (s. Bericht Kap. 2.1). Sie beinhaltet diejenigen Faktoren, die in den Kausalanalysen der vergangenen Projekte als wesentlich für den Abfluß und Abtrag in einem Wildbacheinzugsgebiet erarbeitet wurden. Diese Anleitung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit in der Auswahl der dargestellten Faktoren. Vielmehr beruht die Auswahl der Faktoren auf folgenden Kriterien

- hoher statistisch belegter Zusammenhang
- häufiges Vorkommen und
- leichte Erkennung der Faktoren im Gelände.

Die Geländeanleitung ist keine Kartieranleitung zur Entwicklung integraler Gefahrenkarten. Hierzu bedarf es der "Modelle zur Abtragsbereitschaft", die in Kap. 2.3 des Abschlußberichtes näher beschrieben werden.

Anwendung

Die Zielsetzung der Geländeanleitung besteht darin, dem Praktiker die **ursachenorientierte Diagnose, Prognose und Behandlung von Wildbachgefahren** zu ermöglichen. Diese Zielsetzung läßt sich wie folgt untergliedern:

- Zum einen soll die Geländeanleitung der **selbständigen ursachenbezogenen Beurteilung einfach gelagerter Ereignisse oder Eingriffe durch die Wasserwirtschaftsämter** dienen. So kann sie z. B. helfen, mögliche Ursachen einer feststoffliefernden Massenbewegung zu erkennen und neben akut notwendigen Maßnahmen am Symptom auch langfristig wirksame ursachenorientierte Maßnahmen zu ergreifen. Ebenso kann die Geländeanleitung dazu dienen, bei geplanten Eingriffen eine qualitative Abschätzung möglicher Auswirkungen vorzunehmen und entweder vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen oder gegebenenfalls auch Eingriffe zu unterbinden.
- Zum anderen läßt sich mit Hilfe der Geländeanleitung für den Praktiker ein Einzugsgebiet hinsichtlich seiner potentiellen Labilität besser einschätzen. Damit kann die Anleitung als **Entscheidungsgrundlage für eine integrale Untersuchung eines Wildbacheinzugsgebietes** dienen, d.h. für die Vergabe einer geologischen, geomorphologischen, boden- und vegeta-

tionskundlichen Kartierung und der Erstellung von Karten zur Abfluß- und Abtragsbereitschaft mit Hilfe der im EV erarbeiteten, zur Anwendung bereitstehenden Methoden.

Inhalt

Die **Geländeanleitung zur Abschätzung des Abfluß- und Abtragsgeschehens** besteht aus drei Teilen, die je nach Fragestellung eine gezielte Anwendung ermöglichen sollen:

Teil 1: **Faktoren**, die zu erhöhtem Oberflächenabfluß und/oder erhöhter Abtragsbereitschaft führen

Teil 2: Einschätzung des **Oberflächenabflusses**

Teil 3: **Abtragsformen** und ihre Ursachen

Die einzelnen Teile wurden wie folgt strukturiert:

Teil 1

Dieser Teil setzt sich aus bodenkundlichen und geologischen Faktoren zusammen. Im Anschluß an eine **bildliche und textliche Erläuterung** des Phänomens und an eine Beschreibung der **Erfassungsmethodik** folgt eine Darstellung der **hydrologischen, bzw. hydrogeologischen und morphologischen Wirksamkeit** sowie **ursachenorientierter Maßnahmen**, falls diese möglich sind. An die bodenkundlichen Faktoren schließt sich noch eine bildliche und eine kurze textliche Darstellung von **Zeigerpflanzen** an, welche ein schnelleres und leichteres Erkennen der Faktoren erlauben.

Zum Thema "**Maßnahmen**" ist anzumerken, daß bei dem vorliegenden integralen Projektkonzept bewußt eine Einschränkung auf Angaben zu **ursachenorientierten** Maßnahmen vorgenommen wurde. Diese Angaben können in einer allgemeingültigen Anleitung nur grob oder beispielhaft ausfallen, um dem Praktiker in seiner Arbeit vor Ort Ermessens- und Handlungsspielräume zu gewährleisten. Insbesondere in Bezug auf detailliertere Angaben zu technischen Maßnahmen wäre jeweils eine genauere Ortseinsicht notwendig.

Von den vielfältigen Formen der nutzungsbedingten Bodenveränderungen, den **Bodendegradationen**, wurde die Auswahl auf die Phänomene "Profilverkürzung" und "Weidestausohle" beschränkt. Zur "Profilverkürzung" ist anzumerken, daß dieses Phänomen jeden Boden betreffen kann. Die "Degradation der Rendzinen" und die "Degradation der Podsole" wird gesondert aufgeführt, da die Humusaufgaben dieser Böden zum einen besonders empfindlich auf Nutzung reagieren und zum anderen die hydrologischen und morphologischen Auswirkungen hier besonders stark sein können.

Teil 2

Die Einschätzung des Oberflächenabflusses, im Teil 2 der Geländeanleitung dargestellt, erfolgt auf der Grundlage von **Vegetationsformationen**, die nach **vegetations- und bodenkundlichen Standortmerkmalen** hinsichtlich der Feuchte des Standortes und seiner Nutzungsüberprägung differenziert werden.

Die Geländeanleitung bietet die Möglichkeit einer groben Einschätzung des Oberflächenabflusses im Gelände. Dazu wurde eine gröbere **Klassifikation** gewählt als für die "Karten zum Oberflächenabfluß", die im Rahmen des Projektes entwickelt wurden. Diese beruhen auf detaillierteren Flächeninformationen, die eine genauere Einstufung ermöglichen.

Die Differenzierungsmerkmale "**Feuchtezeiger**" und "**Hydromorphie des Bodens**" können entweder **alternativ oder einander ergänzend** für eine Ansprache der Abflußbereitschaft eines Standortes herangezogen werden. Die größere Sicherheit in der Aussage erzielt man jedoch bei Berücksichtigung beider Faktoren. Sowohl die in diesem Teil genannten Zeigerpflanzen wie auch die hier angegebenen bodenkundlichen Faktoren sind im Teil 1 beschrieben.

Im Zusammenhang mit den Nutzungsfaktoren "**Profilverkürzung**" und "**Weidestausohle**" werden größere **Spektren des Oberflächenabflusses** angegeben. Im Einzelfall hängt die Höhe des Abflusses hier ab

- von der Intensität der "Profilverkürzung" und von der Durchlässigkeit des darunter liegenden Gesteins, bzw. Hangschutts (s. auch Teil 1: hydrologische Wirkung der Degradation von Rendzinen) sowie
- davon, ob eine Beweidung, die zur "Weidestausohle" führte, lange zurückliegt und eine Regeneration des verdichteten Horizontes stattfinden konnte oder die Weidestausohle das Ergebnis aktueller Nutzungsbedingungen ist.

Teil 3

Der dritte Teil der Geländeanleitung dient der Erleichterung der Ansprache morphologischer Formen und ihrer Ursachen im Locker- und Festgestein. Die **mit Photos und Skizzen dargestellten Formen** werden durch eine Beschreibung ihres **Bewegungsvorgangs** und ihrer **Erkennungsmerkmale** näher erläutert. Hieran schließt sich eine Auflistung der **Faktoren und Faktorenkombinationen** an, die mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Abtrag führen. Viele dieser Faktoren lassen sich im Teil 1 der Geländeanleitung nachschlagen. Zu dieser Faktorenaufstellung sei noch einmal - wie schon einleitend in diesem Kapitel - erwähnt, daß sie keinen Ausschließlichkeitscharakter besitzt.

Inhaltsübersicht:

TEIL 1**FAKTOREN, DIE ZU ERHÖHTEM OBERFLÄCHENABFLUSS UND/ODER ERHÖHTER ABTRAGSBEREITSCHAFT FÜHREN**

	Seite
1. Hydromorphie.....	7
<i>Zeigerpflanzen bei regelmäßigen Schwankungen des Wasserstandes im Bodenprofil.....</i>	<i>9</i>
<i>Zeigerpflanzen bei dauernd hohem Wasserstand im Bodenprofil.....</i>	<i>15</i>
2. Oberflächennahe Hangwasserzügigkeit	19
<i>Zeigerpflanzen zur Hangwasserzügigkeit.....</i>	<i>21</i>
3. Schrumpf- und quellfähige Bodenarten.....	27
4/a. Bodendegradation: Profilverkürzung - Degradation von Podsolen	31
4/b. Bodendegradation: Profilverkürzung - Degradation von Rendzinen	35
4/c. Bodendegradation: Weidestausohle.....	39
<i>Zeigerpflanzen zur Überbeweidung.....</i>	<i>41</i>
5. Geschichtete Lockergesteine.....	45
6. Ungeschichtete Lockergesteine.....	47
7. Dauerfeste Gesteine.....	49
8/a. Veränderlichfeste Gesteine - Inkompetente Gesteine.....	51
8/b. Veränderlichfeste Gesteine - Wechsellagerung.....	53
9. Schichtungs- und Bankungsflächen.....	55
10. Kluftflächen / Klüfte.....	59
11. Störungen.....	61
12. System „Hart über Weich“.....	65

TEIL 2**EINSCHÄTZUNG DES OBERFLÄCHENABFLUSSES**

1. Wald.....	71
2. Schlagfluren.....	73
3. Latschen.....	75
4. Zwergsträucher.....	77
5. Subalpine Matten.....	79
6. Wiesen / Weiden.....	81
7. Naßwiesen und Moore.....	83
8. Planie.....	85

TEIL 3**ABTRAGSFORMEN UND IHRE URSACHEN**

1. Translationsrutschungen im Boden und Lockergestein.....	89
2. Rotationsrutschungen im Lockergestein.....	93
3. Kriechbewegungen im Boden und Lockergestein.....	97
4. Massenkriechen im Festgestein.....	101
5. Sturzbewegungen aus Gleitungen im Festgestein.....	107
6. Sturzbewegungen aus Rotationen oder Kippung im Festgestein.....	109

Teil 1

Faktoren

**die zu erhöhtem Oberflächenabfluß
und/oder
erhöhter Abtragsbereitschaft
führen**

Faktor 1

HYDROMORPHIE



1. Pseudogley-Hanggley



2. Naßhanggley

Erläuterung

Prägung des Bodenprofils bei Einfluß von Stau- oder Grundwasser durch Lösungs-, Verlagerungs- und Wiederausfällungsprozesse von Eisen und Mangan

Beschreibung

1. **bei regelmäßigen Schwankungen des Wasserstandes im Bodenprofil:** grau- und rostfarbene Marmorierung, bzw. Rostfleckung und Konkretionen; charakteristische Bodentypen: Pseudogleye, Hanggleye oder Übergangsformen zwischen beiden (s. Bild 1)
2. **bei dauernd hohem Wasserstand im Bodenprofil:** grüngraue bis blaugraue Verfärbung des Profils, geringe bis keine Rostflecken, meist mächtige schlecht zersetzte organische Auflage; charakteristischer Bodentyp: Naßhanggley (s. Bild 2)

Erfassung

Bohrung mit dem Pürkhauer - Bohrer

Hydrologische Wirksamkeit	<p>hoher Oberflächenabfluß / bei großer flächenhafter Verbreitung dadurch Erhöhung der Hochwassergefahr</p> <p>bei Pseudogleyen / Hanggleyen (s. Bild 1): Höhe des Oberflächenabflusses abhängig von vorausgehender Witterung und damit von Stau-, bzw. Grundwasserhöhe</p> <p>bei Naßhanggleyen (s. Bild 2): Oberflächenabfluß immer sehr hoch</p>
Morphologische Wirksamkeit	<p>standörtlich: Förderung von Kriech- und Fließbewegungen durch Herabsetzung des Scherwiderstandes</p> <p>räumlich: kann in Unterhangbereichen durch vermehrte Wasserzufuhr (Oberflächenabfluß) Bereitschaft zur Entstehung von Massenbewegungen fördern</p>
Einzel- oder Kombinatorische Wirksamkeit	<p>hydrologisch: kann bei großem Flächenanteil schon als Einzelfaktor wirksam sein</p> <p>morphologisch: wirkt meist in Kombination mit anderen Faktoren</p>
Ursachenbezogene Maßnahmen	<p>ingenieurbiologisch: Anpflanzung von feuchtigkeitsverträglichen Tiefwurzlern, die über Transpirationsleistung Standort wieder entwässern (z. B. Weißtanne.....) → langfristig wirksame Maßnahme</p> <p>technisch: Entwässerungsgräben, Drainagen → schnell bis mittelfristig wirksame Maßnahme</p>
Zeigerpflanzen	<p>bei regelmäßigen Schwankungen des Wasserstandes im Bodenprofil: Wald-Schachtelhalm, Rasenschmiele, Trollblume, Grau- und Grünerle, Roß-Minze</p> <p>bei dauernd hohem Wasserstand im Bodenprofil: Riesen-Schachtelhalm, Sumpfdotterblume, Eisenhutblättriger Hahnenfuß, Torfmoose</p>

s. Faktor 1

ZEIGERPFLANZEN BEI REGELMÄßIGEN SCHWANKUNGEN DES WASSERSTANDES IM BODENPROFIL
a) Wald-Schachtelhalm (*Equisetum sylvaticum*)
Beschreibung:

Pflanze, 20-50 cm, Äste verzweigt (im Gegensatz zu anderen Schachtelhalm-Arten), in regelmäßigen Quirlen;

Vorkommen:
Wäldern und
Waldränder bis etwa
1500 m


b) Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*)
Beschreibung:

Pflanze, bildet horstartige Polster, 30-120 cm, Blätter mit rauhen scharfen Längsrippen, Blütenrispe 10-30 cm lang, grün, silbrig oder rötlich glänzend

Vorkommen:
Feuchte Wiesen, nasse
Waldstellen, Auen. In
den Alpen bis etwa
2400 m gehend



s. Faktor 1

ZEIGERPFLANZEN BEI REGELMÄßIGEN SCHWANKUNGEN DES WASSERSTANDES IM BODENPROFIL**c) Trollblume** (*Trollius europaeus*)**Beschreibung:**

Pflanze, 30-60 cm, Blüten kugelförmig, gelb, 3-5 cm breit, Blätter handförmig zerteilt

Vorkommen:
Feuchtwiesen, Moore,
bis etwa 2300 m

**d) Roß-Minze** (*Mentha longifolia*)**Beschreibung:**

Pflanze, 30-80 cm, Blüten rosa oder lila, 5-7 mm, in dichten Ähren, Blätter 6-10 cm lang, Unterseite filzig behaart

Vorkommen:
Feuchtwiesen, Gräben,
bis etwa 1500 m



s. Faktor 1

ZEIGERPFLANZEN BEI REGELMÄßIGEN SCHWANKUNGEN DES WASSERSTANDES IM BODENPROFIL
e) Grauerle (*Alnus incana*)
Beschreibung:

Baum, bis 20 m, Rinde hellgrau, glatt; Blätter eiförmig, spitz, 5-12 cm lang, Unterseite grau-grün, Blattrand mit sägeartigen Zähnen; Fruchtzapfen 1-2 cm lang;

Vorkommen:

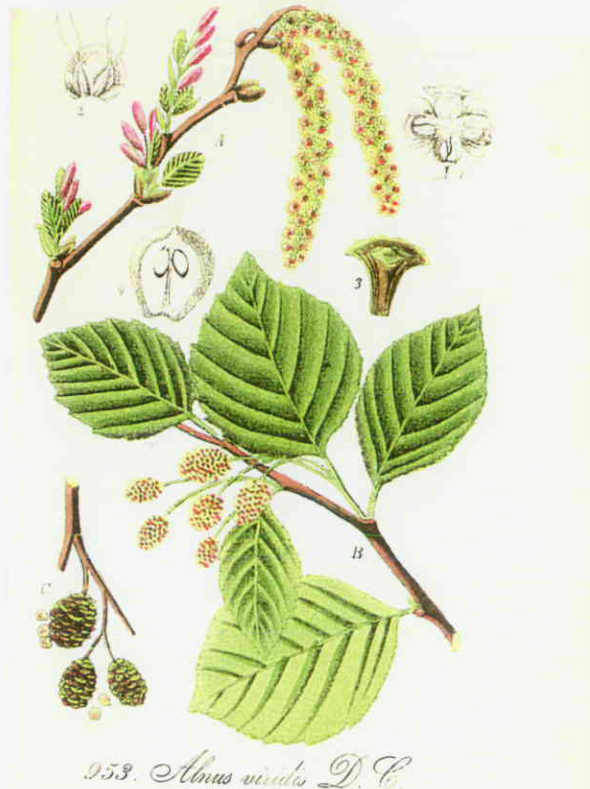
Auen, Feuchtwälder, bis etwa 1400 m


f) Grünerle (*Alnus viridis*)
Beschreibung:

Strauchförmig, 1-3 m, Blätter beiderseits grün

Vorkommen:

Feuchte, lehmige Hänge zwischen 1200 und 2400 m



zu Faktor 1

**ZEIGERPFLANZEN BEI DAUERND HOHEM WASSERSTAND
IM BODENPROFIL**
a) Riesen-Schachtelhalm (*Equisetum telmateja*)
Beschreibung:

Pflanze, 80-150 cm,
Stengel 1-2 cm dick,
Äste 8-12 cm lang, un-
verzweigt, in dichten
Quirlen

Vorkommen:
Hangquellen, nasse
Bergwälder,
Waldsümpfe bis etwa
1500 m


b) Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*)
Beschreibung:

Pflanze, 15-40 cm, Blü-
ten leuchtend gelb, 3-5
cm breit, Blätter rundlich,
glänzend grün, 8-15 cm
breit

Vorkommen:
Sumpfwiesen, Gräben,
nasse Wälder (bei
starker Beschattung
meist nicht blühend),
bis etwa 2200 m



General Information		Project Description
Project No.	101	Construction of a new building for the Department of Education.
Location	123 Main Street, City, State	
Contractor	ABC Construction Co.	
Start Date	01/15/82	
End Date	06/30/82	
Amount	\$500,000.00	
Actual Cost	\$480,000.00	
Variance	\$20,000.00	
Comments	Project completed on time and within budget.	
Project No.	102	Renovation of existing building for the Department of Education.
Location	456 Main Street, City, State	
Contractor	XYZ Renovation Co.	
Start Date	03/01/82	
End Date	09/30/82	
Amount	\$300,000.00	
Actual Cost	\$320,000.00	
Variance	-\$20,000.00	
Comments	Project completed with minor cost overruns due to material price increases.	

s. Faktor 1

**ZEIGERPFLANZEN BEI DAUERND HOHEM WASSERSTAND
IM BODENPROFIL**
c) Eisenhutblättriger Hahnenfuß (*Ranunculus aconitifolius*)
Beschreibung:

Pflanze, 20-60 cm, Blüten 1-2 cm breit, weiß (die meisten Hahnenfuß-Arten sind gelb), Blätter in 3-5 eiförmige Abschnitte zerteilt, scharf gezähnt

Vorkommen:
Quellige, nasse Wiesen und Wälder bis etwa 2100 m


d) Torfmoose (*Sphagnum spec.*)
Beschreibung:

Pflanze, 10-20 cm, im feuchten Zustand grün und meist rot gescheckt, trocken - weißlich oder grau, bildet meist dichte schwammartige Polster, es gibt über 20 Arten - nur mikroskopisch unterscheidbar

Vorkommen:
Moore, anmoorige Zwergstrauchgesellschaften, nasse Wälder



Faktor 2

OBERFLÄCHENNAHE (≤ 1 m) HANGWASSERZÜGIGKEIT

1.



2.

Erläuterung

im Boden erkennbare Merkmale eines oberflächennahen Zwischenabflusses (= Interflow)

Beschreibung

Bleichung (fahlgraue Färbung) des gesamten Bodenprofils oder einzelner Horizonte durch lateralen Abtransport von gelöstem Eisen (s. Bild 1) / manchmal auch freies Wasser im Profil (s. Bild 2)

Erfassung

Bohrung mit dem Pürkhauer-Bohrer / freies Wasser im Profil lässt sich durch Klopfen auf den Bohrer feststellen

Hydrologische Wirksamkeit	bei großer flächenhafter Verbreitung Verursachung verzögerter, aber durchaus hoher Abflussspitzen oder einer zweiten Abflussspitze
Morphologische Wirksamkeit	<p>standörtlich: kann bei Austritt an Hangkanten (Wegböschungen, Bacheinhängen) zu Anbrüchen durch rückschreitende Erosion führen / translationsförmige Anbrüche werden gefördert, indem wasserzügiger Horizont als Gleithorizont wirkt</p> <p>räumlich: kann in Grenzbereichen zu weniger durchlässigem Material durch vermehrten unterirdischen Wasserandrang die Bereitschaft zu Massenbewegungen fördern</p>
Einzel- oder Kombinatorische Wirksamkeit	kann sowohl hydrologisch, als auch morphologisch als Einzelfaktor wirksam sein, wobei zur hydrologischen Wirksamkeit eine große flächenhafte Verbreitung Voraussetzung ist
Ursachenbezogene Maßnahmen	technisch: Entwässerungsgräben, Drainagen → kurz- bis mittelfristig wirksam
Zeigerpflanzen	Arten wechselfeuchter bis wechsellasser Standorte, speziell bei hangwasserzügigem Hangschutt und Rendzinen (Humusauflagen auf Kalk oder Dolomit) Auftreten von meist tief wurzelnden Feuchtspezies wie Gewöhnliche Simsenlilie, Blaues Pfeifengras, Große Händelwurz, Sumpf-Herzblatt, Mehl-Primel innerhalb trockener erscheinender, steiniger Rasengesellschaften

s. Faktor 2

ZEIGERPFLANZEN ZUR HANGWASSERZÜGIGKEIT

a) Gewöhnliche Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*)**Beschreibung:**

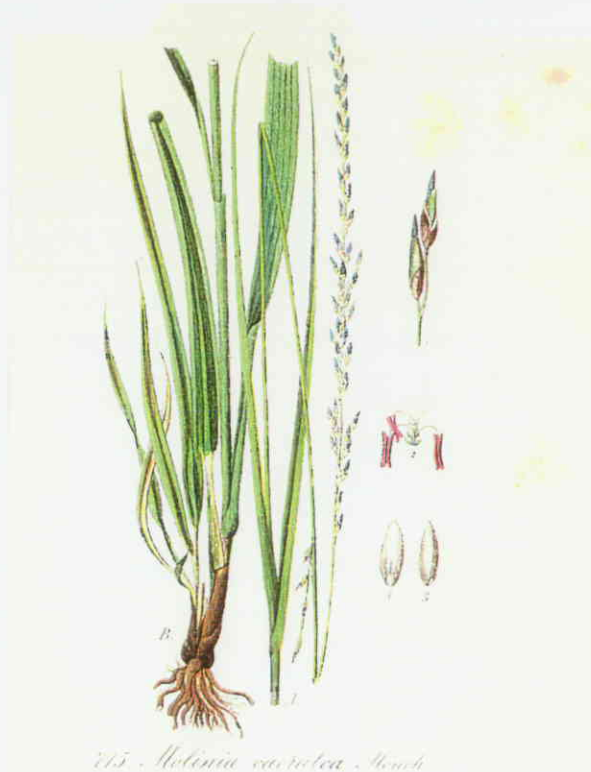
Pflanze, 10-30 cm, Blüten klein, gelblich, in 3-8 cm langen Trauben, Blätter grasähnlich, 2-4 mm breit

Vorkommen:
Flach- und Quellmoore, wechselfeuchte bis wechsellasse, steinige Kalkmagerrasen bis etwa 2100 m

b) Blaues Pfeifengras (*Molinia caerulea*)**Beschreibung:**

Pflanze horstförmig, 50-100 cm, am Grund zwiebelartige verdickt, Stengel (im Gegensatz zu allen anderen Gräsern) ohne Knoten, Blütenrispe bläulich bis violett

Vorkommen:
Moor- und Streuwiesen, lichte Wälder, bis etwa 1900 m



s. Faktor 2

ZEIGERPFLANZEN ZUR HANGWASSERZÜGIGKEIT

c) Große Händelwurz (*Gymnadenia conopsea*)**Beschreibung:**

Pflanze, 20-60 cm, Blüten violett, mit 10-15 mm langem Sporn, Blätter 10-15 cm lang und 5-15 mm breit

Vorkommen:
Moorwiesen,
Flachmoore, wechselfeuchte Kalkmagerasen, bis etwa 2100 m

d) Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*)**Beschreibung:**

Pflanze, 10-25 cm, Stengel mit einer weißen 1-3 cm breiten Blüte und einem stengelumfassenden herzförmigen Blatt

Vorkommen:
Moorwiesen, Flachmoore, wasserzügige Kalkmagerrasen, bis 2300 m



s. Faktor 2


ZEIGERPFLANZEN ZUR HANGWASSERZÜGIGKEIT

e) Mehl-Primel (*Primula farinosa*)**Beschreibung:**

Pflanze, 5-15 cm, Blüten
10-15 mm breit, rosa,
Blätter in Rosetten,
3-6 cm lang und
10-15 mm breit,
Oberseite grün,
Unterseite mehlig
bestäubt, weißlich

Vorkommen:
Kalkflachmoore,
Quellmoore,
wechselfeuchte Kalk-
magerrasen,
bis etwa 2300 m



Faktor 3	SCHRUMPF- UND QUELLFÄHIGE BODENARTEN = Bodenarten mit sehr hohem bis hohem Schluffgehalt ($\geq 60\text{Gew}\%$) und geringem bis mittlerem Tongehalt ($< 25\text{Gew}\%$) / Sandgehalt kaum bis fehlend
<p> kantige Aggregate (Subpolyeder) </p> <p> 1. Bodenart in frischem Zustand erkennbar an kantigen Aggregaten (Profil einer Terra fusca) </p>	
Erläuterung	Bodenart = Kornzusammensetzung des mineralischen Bodensmaterials Korngrößen: Ton $< 0,002\text{mm}$ Schluff = $0,002 - 0,063\text{mm}$ Sand = $0,063 - 2\text{mm}$
Beschreibung	Sandkörner kaum oder nicht fühlbar, viel Feinsubstanz, mehlig, haftet deutlich in Fingerrillen, rauhe, schuppige Reibflächen, geringe bis mittlere Bindigkeit (Klebrigkeit) und Ausrollbarkeit, im frischen Zustand erkennbar an kleinen polyedrischen (kantigen) Aggregaten; charakteristischer Bodentyp: Terra fusca (s. Bild 1)
Erfassung	Fingerprobe im Gelände

Hydrologische Wirksamkeit	<p>nasser Zustand: Quellvermögen bei starker Feuchte (s. auch Bild 2) behindert Infiltration → <u>hoher Oberflächenabfluß</u></p> <p>trockener Zustand: Schrumpfvermögen bei Austrocknung (s. auch Bild 3) ermöglicht schnelle Weiterleitung des Niederschlags durch Schrumpfrisse in die Tiefe / bei Auftreffen auf Staukörper (z. B. anstehendes Gestein) → <u>Interflow</u></p>
Morphologische Wirksamkeit	<p>nasser Zustand → standörtliche Wirksamkeit: unter Einfluß von Wasser durch Quellvermögen starke Gewichtszunahme / außerdem Kohäsionsverluste bei kritischen Wassergehaltsänderungen und damit plötzlicher Zerfall in breiartiges Einzelkorngefüge → bevorzugte Form der Massenbewegung: Rotationsanbruch</p> <p>trockener Zustand → räumliche Wirksamkeit: kann in Schrumpfungsphasen durch Interflowbildung zu Wasserandrang im Unterhang und dort zu Massenbewegungen führen</p>
Einzel- oder Kombinatorische Wirksamkeit	<p>hydrologisch: kann bei großer flächenhafter Verbreitung im nassen Quellungszustand bereits als Einzelfaktor Hochwassergefahr erhöhen</p> <p>morphologisch: wirkt meist in Kombination mit anderen Faktoren</p>
Ursachenbezogene Maßnahmen	keine
Zeigerpflanzen	keine spezifischen Pflanzen

Faktor 3

SCHRUMPF- UND QUELLFÄHIGE BODENARTEN = Bodenarten mit sehr hohem bis hohem **SCHLUFFGEHALT** ($\geq 60\text{Gew}\%$) und geringem bis mittlerem **TONGEHALT** ($< 25\text{Gew}\%$) / Sandgehalt kaum bis fehlend



2. Bodenart im nassen Zustand erkennbar an fehlender Struktur (wirkt wie homogene dichte Masse)



3. Bodenart im trockenen Zustand erkennbar an ausgeprägten Schrumpfrissen

Faktor 4a

BODENDEGRADATION

Profilverkürzung - Degradation von Podsolen



1. empfindliche Humusauflagen werden durch Tritt zerstört - zurück bleiben dichte Auswaschungshorizonte (im Bild hellgrau)

Erläuterung

Podsol = Boden, der sich durch besonders markante Horizontabfolge auszeichnet und auf kalkarmem bis kalkfreiem Ausgangsgestein entsteht: schwarze mächtige stark humose Auflage, hellgrauer bleicher Auswaschungshorizont, dunkelbrauner bis schwarzer Humusanreicherungshorizont (nicht immer vorhanden), rostbrauner Eisenanreicherungshorizont (s. Bild 2);

Beschreibung

aktuelle Degradation: erkennbar an oberflächlich sichtbarem hellgrauen Bleichhorizont und zerstörter Humusauflage (s. auch Bild 1)
relikte Degradation: im Vergleich zum intakten Profil (Horizontabfolge s. Bild 2) Verkürzung und Vermischung der Humus-, Auswaschungs- und Anreicherungshorizonte (s. Bild 3)

Erfassung

aktuelle Degradation mit Zerstörungen der Vegetationsdecke : oberflächlich erkennbar
relikte Degradation unter heute intakter Vegetationsdecke: Bohrung mit dem Pürkhauer-Bohrer

Hydrologische Wirksamkeit	durch Verlust der speicherfähigen Humusaufgabe starke Erhöhung des Oberflächenabflusses auf dem verdichteten Auswaschungs- und Anreicherungshorizont / bei großer flächenhafter Verbreitung Erhöhung der Hochwassergefahr
Morphologische Wirksamkeit	standörtlich: Förderung von Erosionsrinnenbildung räumlich: kann in Unterhangbereichen durch vermehrte Wasserzufuhr die Entstehung von Massenbewegungen fördern
Einzel- oder Kombinatorische Wirksamkeit	hydrologisch: kann bei großem Flächenanteil schon als Einzelfaktor wirksam sein morphologisch: standörtlich - schon als Einzelfaktor wirksam räumlich - meist in Kombination mit anderen Faktoren wirksam
Ursachen-bezogene Maßnahmen	bei aktueller Degradation: rigoroser Schutz vor Beweidung durch Abzäunung bei relikter Degradation: keine Maßnahme möglich
Zeigerpflanzen	auf erodierten Podsolen treten Arten saurer oder kalkfreier Magerstandorte wie Flechten und einige Moose als Erstbesiedler auf

Faktor 4a

BODENDEGRADATION

Profilverkürzung - Degradation von Podsolen

2.
Horizontabfolge
eines intakten
Podsol-Profiles

Humus-
horizont

Auswaschungs-
horizont


Eisenanreicherungs-
horizont



lokal stark verkürzter
Humushorizont

Bereich starker
Horizont-
vermischung

3.
Horizontabfolge eines Profiles mit re-
likter Degradation

Faktor 4b	BODENDEGRADATION	
	Profilverkürzung - Degradation von Rendzinen	
<p>Reste der ehemals intakten Humusauf-lage</p> <p>bei Degradation zurückbleibender Hangschutt</p>	 <p>1. Zerstörung der Humusauf-lage von Rendzinen durch Beweidung - zurück bleibt Fels oder Hangschutt</p>	
Erläuterung	<p>Rendzina = flachgründiger Boden auf Kalkgestein, bei dem der Humushorizont direkt dem Kalkgestein (s. Bild 2) oder Kalkhangschutt (s. Bild3) aufliegt; Degradation besteht bei Rendzina im Humusverlust, meist durch Beweidung (oft Schafbeweidung);</p>	
Beschreibung	<p>erkennbar an zerstörter Vegetationsdecke und oberflächlich anstehendem Fels oder Hangschutt (s. Bild 1)</p>	
Erfassung	<p>oberflächlich erkennbar</p>	

Hydrologische Wirksamkeit	<p>bei degradierten Rendzinen auf Fels: starke Erhöhung des Oberflächenabflusses; bei großer flächenhafter Verbreitung dadurch Erhöhung der Hochwassergefahr</p> <p>bei degradierten Rendzinen auf Hangschutt: Erhöhung des unterirdischen Abflusses</p>
Morphologische Wirksamkeit	<p>standörtlich: Förderung von Erosionsrinnenbildung</p> <p>räumlich: kann in Unterhangbereichen sowohl durch vermehrten oberirdischen wie durch unterirdischen Abfluß die Entstehung von Massenbewegungen fördern</p>
Einzel- oder Kombinatorische Wirksamkeit	<p>hydrologisch: bei Degradation von Rendzinen auf Fels - bei großem Flächenanteil schon als Einzelfaktor wirksam sein</p> <p>morphologisch: standörtlich - schon als Einzelfaktor wirksam räumlich - meist in Kombination mit anderen Faktoren wirksam</p>
Ursachen- bezogene Maß- nahmen	<p>Maßnahmen zur Behebung praktisch nicht möglich, da Regeneration ca. 1000 Jahre beansprucht</p> <p>Maßnahmen vor Ausweitung des Phänomens: rigoroser Schutz vor (Über-) Beweidung</p>
Zeigerpflanzen	Rohbodenpioniere

Faktor 4b

BODENDEGRADATION


Profilverkürzung - Degradation von Rendzinen



2.
intakte Rendzina auf
anstehendem Kalkgestein



3.
intakte Rendzina
auf Kalkhangschutt

Faktor 4c	BODENDEGRADATION	
	Weidestausohle	
		
Erläuterung	Verdichtung des Oberbodens durch Viehtritt	
Beschreibung	Marmorierung (graue und rostrote Fleckung) des Oberbodens in 10 - 15 cm Tiefe (s. Bild) oft auf Weideflächen zu finden, jedoch auch als reliktes Phänomen ehemaliger Beweidung in Waldbeständen	
Erfassung	Profilanschnitt der obersten Bodenschicht mit Spaten oder Messer, eine zusätzliche Bohrung mit dem Pürkhauer-Bohrer stellt eine Kontrolle dar, ob es sich wirklich nur um eine oberflächliche weidebedingte oder eine das gesamte Profil betreffende stauwasserbedingte Pseudovergleyung handelt	

Hydrologische Wirksamkeit	starke Erhöhung des Oberflächenabflusses / bei großer Verbreitung dadurch Erhöhung der Hochwassergefahr
Morphologische Wirksamkeit	<p>standörtlich: kann an Ort und Stelle bei Verletzungen der Vegetationsnarbe durch hohen Oberflächenabfluß zur Entstehung von Erosionsrinnen führen</p> <p>räumlich: kann in Unterhangbereichen durch vermehrte Wasserzufuhr die Bereitschaft zur Entstehung von Massenbewegungen fördern</p>
Einzel- oder Kombinatorische Wirksamkeit	<p>hydrologisch: kann bei großem Flächenanteil schon als Einzelfaktor wirksam sein</p> <p>morphologisch: wirkt meist in Kombination mit anderen Faktoren</p>
Ursachenbezogene Maßnahmen	<p>Nutzungsänderungen → langfristig wirksam:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wechselwirtschaft (z. B. nur alle drei Jahre Beweidung), um dem Boden in den Zwischenphasen Regeneration zu ermöglichen • Rücknahme der Beweidungsintensität (geringere Anzahl oder leichtes Vieh) • Umwandlung der Weiden in Mähwiesen oder Mischwald
Zeigerpflanzen	Flutter-Binse, Kriechender Hahnenfuß bei Überbeweidung: Huflattich, Borstgras

s. Faktor 4c

ZEIGERPFLANZEN ZUR ÜBERBEWEIDUNG
 (mit oder ohne Weidestausohlenbildung)

a) Huflattich (*Tussilago farfara*)
Beschreibung:

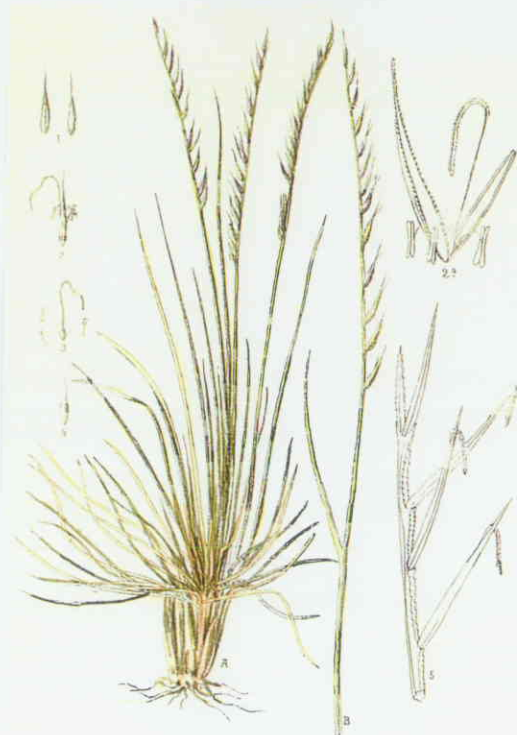
Pflanze, 5-20 cm, blüht im Frühjahr, Blätter rundlich bis herzförmig, 10-30 cm breit, gezähnt, Unterseite graufilzig, erscheinen erst im Sommer

Vorkommen:
Wegränder,
Erosionsflächen, lückige stark beweidete Rasen, bis etwa 2300 m


b) Borstgras (*Nardus stricta*)
Beschreibung:

Pflanze, 10-30 cm, dichte, graugrüne Horste bildend, Blätter borstenförmig, rauh, Blütenstand aus gegrannten einseitwendigen Ährchen

Vorkommen:
Magerrasen, subalpine Matten, durch Überbeweidung gefördert, etwa bis 2600 m


Nardus stricta L.

s. Faktor 4c

**ZEIGERPFLANZEN ZUR ÜBERBWEIDUNG
(mit oder ohne Weidestausohlenbildung)**
c) Flatter-Binse (*Juncus effusus*)
Beschreibung:

Pflanze, 30-100 cm, grasähnlich, Stengel rund, grasgrün, Blüten unscheinbar, grünlich, in lockeren seitenständigen Rispen

Vorkommen:
staunasse Wiesen und Weiden, Moore mit Viehtritt, bis etwa 1400 m. (Es gibt mehrere, ähnlich aussehende Binsenarten mit etwa vergleichbaren Standortansprüchen)


d) Kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus repens*)
Beschreibung:

Pflanze, 10-40 cm, mit langen Ausläufern, Blüten gelb, 2-3 cm breit Blätter dreiteilig, Blattabschnitt nochmals dreispaltig, der mittlere Blattabschnitt ist langstielig

Vorkommen:
Wiesen, Wegränder, Äcker, Auenwälder, in verdichteten Wiesenmulden oft bestandsbildend, bis etwa 2300 m



Faktor 5

GESCHICHTETE LOCKERGESTEINE



Fluviatil geschüttete Lockersedimente mit deutlicher Schichtung / kantiger Dolomitschutt wechselt mit sandigen und tonigen Lagen ab

Erläuterung

meist von fließendem Wasser abgelagerte Sedimente (Bachschotter, Flußschotter, Deltaablagerungen, Schwemmfächer) oder Stillwasserablagerungen (z.B. Seetone)

Beschreibung:

horizontal- oder schrägeschichtete Lockergesteinskörper; Schichtung kommt durch deutlichen Wechsel in der Korngröße zustande (z.B. Block-/Kieslagen wechseln mit Sandlagen oder tonig-schluffigen, wenig durchlässigen Lagen) (s. Foto, Skizze)

Erfassung:

an Bach- oder Böschungseinschnitten einzusehen; u.U. Bohrungen: Bohrprofil

Hydrogeologische Wirksamkeit:	Quellaustritte entlang den gering durchlässigen, tonig-schluffigen Lagen
Morphologische Wirksamkeit	tonig-schluffige Lagen können als Gleitflächen für die grobkörnigeren Schichten dienen → Translationsrutschungen
Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirk- samkeit	wirkt in Kombination mit Wasser und entsprechender Hang- neigung (s. Morphologische Formen - Translationsrutschun- gen)

Faktor 6

UNGESCHICHTETE LOCKERGESTEINE



Ungeschichtetes Lockermaterial einer Moräne mit hohem Grokornanteil

Erläuterung	glaziale Ablagerungen (z.B. Moränen), Verwitterungsprodukte (z.B. Hangschutt)
Beschreibung:	ungeschichtetes, unsortiertes Gemenge von Komponenten unterschiedlicher Korngrößen und feinkörnigerer Matrix: Komponenten → Gerölle, Steine, Kiese, Sande Matrix → Sande, Schluff, Ton unverfestigt (z.B. Hangschutt) bis verfestigt (z. B. Moränen) (s. Foto, Skizze)
Erfassung:	an Bach- oder Böschungseinschnitten einzusehen; u.U. Bohrungen mit dem Pürkhauer-Bohrer

Hydrogeologische Wirksamkeit:	undurchlässige Moränen wirken als Wasserstauer und können zu erhöhtem Oberflächenabfluß beitragen oder einen Interflow an der Grenze zum darüberliegenden Boden fördern
Morphologische Wirksamkeit	Aufbau von Porenwasserdrücken, wenn unter durchlässigem bis mäßig durchlässigem Lockergestein (z. B. Hangschutt) gering durchlässiges Lockergestein (z.B. Moränen) oder Festgestein liegt → bevorzugte Anbruchsform = Rotationsrutschungen (s. Skizze)
Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirksamkeit	wirkt in Kombination mit Wasser und entsprechender Hangneigung (s. Morphologische Formen - Rotationsrutschungen)

Faktor 7

DAUERFESTE GESTEINE (kompetente Gesteine)

Dauerfeste Gesteine wie Dolomite bauen vielfach auffällige Felswände auf

Erläuterung

„harte“ Gesteine → reine Kalke und Dolomite, Sandsteine, Kieselgesteine, Quarzite

Beschreibung

Dauerfeste Gesteine werden überwiegend aus Hartbänken aufgebaut, nur vereinzelt sind weichere Zwischenlagen (Tone, Mergel, Kalkmergel) zu erkennen. Bankungsflächen sind oft undeutlich, Klüfte dagegen deutlich zu sehen. Dauerfeste Gesteine sind im Vergleich zu veränderlichfesten Gesteinen (vgl. Faktoren 8a/8b) verwitterungsresistenter und bauen häufig auffällige Felswände auf.

Erfassung

Augenschein im Gelände - Aufschluß!
Anschlagen mit dem Hammer (metallischer Klang)

Hydrogeologische Wirksamkeit:	Dauerfeste Gesteine sind Bergwasserleiter bzw. -speicher (Karst- und Kluftwasserleiter). Wegen ihrer Durchlässigkeit leiten sie Wasser aus dem Lockergestein in den Untergrund. Kluftflächen spielen in den dauerhaftesten Gesteinen als Wasserwege die größte Rolle.
Morphologische Wirksamkeit	Sturzbewegungen aus Gleitung und Rotation (Kippung) je nach Wassereintrag, Hangneigung und Orientierung der Trennflächen (s. Teil 3: Sturzbewegungen aus Gleitungen/Rotationen)
Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirk- samkeit	kein Einzelfaktor; wirkt in Verbindung mit Wassereintrag, Orientierung der Trennflächen (s. Faktoren 9/10) und Hangneigung

Faktor 8a

VERÄNDERLICHFESTE GESTEINE**Inkompetente Gesteine**

Veränderlichfeste Gesteine in schieferiger, blättriger Ausbildung

Erläuterung

„weiche“ Gesteine - Tone, Mergel, Kalkmergel, Haselgebirge, Tone der Arosa Zone

Beschreibung

Inkomp. Gesteine werden überwiegend bis ausschließlich aus weichen Lagen aufgebaut, es sind keine oder nur sehr vereinzelte Hartbänke zu sehen. Schichtung ist wegen der geringen Materialunterschiede nur schlecht zu erkennen, Klüftung nur in den härteren Lagen. Zahlreiche Trennflächen entstehen durch Einregelung von Tonmineralen („Schieferung“), dies verleiht den inkompetenten Gesteinen oft ein blättriges Aussehen. Inkompetente Gesteine sind oft stark verfaltet.

Erfassung

Aufschlüsse sind wegen der Verwitterungsanfälligkeit der inkompetenten Gesteine klein bis selten. Inkomp. Gesteine bilden zumeist mächtige Verwitterungsschuttdecken aus bindigem Material. Selten sind sie wandbildend.

Hydrogeologische Wirksamkeit:	Inkompetente Gesteine sind Wasserstauer und fördern den Interflow im darüberliegenden Lockergestein. Bei Überlagerung durch dauerfeste Gesteine (vgl. Faktor 7) bilden sich an der Grenze inkompetent/dauerfest oft ausgeprägte Quellhorizonte oder es kommt dort zum vermehrten Übertritt von Wasser in die über den inkompetenten Gesteinen liegenden Lockergesteine (Interflow).
Morphologische Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • erhebliche Neigung zu großräumigem Massenkriechen der inkomp. Gesteine und ihrer Verwitterungsprodukte (s. Teil 3: Massenkriechen im Festgestein) • Gleitbewegungen auf hangparallel/hangauswärts einfallenden Schichtflächen (s. Faktor 9) aufgrund der geringen Reibungswinkel des wenig scherfesten, weichen Materials (vgl. Teil 3: Sturzbewegungen aus Gleitungen)
Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirk- samkeit	Kein Einzelfaktor; nur in Verbindung mit dem Einfallen der Schichten und Klüfte (s. Faktoren 9/10); Wassereintrag reduziert die ohnehin geringen Reibungswinkel durch Quellung der Tonminerale

Faktor 8b

VERÄNDERLICHFESTE GESTEINE
Wechsellagerung („Sandwich“- Abfolge)



Harte Sedimentbänke wechsellagern mit weichen, zurückverwitterten Lagen im Gesteinsverband

Erläuterung	„weiche“ Gesteine in Wechsellagerung mit „harten“ Gesteinen (s. Faktoren 8a/7)
Beschreibung	Bänke und Lagen unterschiedlich festen Materials wechseln einander im Gesteinsverband ab. Schichtung bzw. Bankung meist sehr gut zu erkennen. Klüftung ist fast immer auf die harten Gesteinslagen beschränkt. Gesteine in Wechsellagerung sind oft stark verfaltet. Weiche Lagen sind oft im Gegensatz zu den harten Lagen stark zurückgewittert und haben sehr oft eine dunklere Färbung.
Erfassung	Augenschein im Gelände - Aufschluß!

Hydrogeologische Wirksamkeit:	„Sandwich“-Gesteine wirken als Geringleiter oder Wasserstauer. In Grenzbereichen zu darüberliegenden dauerfesten Gesteinen häufig Entstehung von Quellaustritten oder Übertritt des Wassers in das auf den „Sandwich“-Gesteinen liegende Lockergestein.
Morphologische Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Neigung „harter“ Kluffkörper zu Gleitbewegungen auf hangparallel/hangauswärts einfallenden Schichtflächen der weichen Lagen und auf Kluffflächen (s. Faktoren 9/10), daraus können Sturzbewegungen entstehen (s. Teil 3: Sturzbewegungen aus Gleitungen) • an steilstehenden Schicht- und Kluffflächen (s. Faktoren 9/10) können bei entsprechender Hangneigung Rotationsbewegungen kleiner bis mittlerer Kluffkörper der Hartbänke in Sturzbewegungen übergehen (s. Teil 3: Sturzbewegungen aus Rotationen) • Neigung zu langsamen Massenbewegungen (vgl. Teil 3: Massenkriechen im Festgestein)
Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirksamkeit	Kein Einzelfaktor; nur in Verbindung mit Hangneigung und Einfallen der Schicht- und Kluffflächen; Wassereintrag aus dem Oberhang (Oberflächenabfluß, Boden, Lockergestein) reduziert die ohnehin geringen Reibungswinkel durch Quellung der Tonminerale in den weichen Schichten nochmals

Faktor 9	SCHICHTUNGS- UND BANKUNGSFLÄCHEN (Schichtung und Bankung)
Beschreibung	<p>Schichtung/Bankung entsteht durch Änderungen im Ablagerungsmilieu während der Ablagerung und Verdichtung (Kompaktion) der Sedimente und sind somit primäre Trennflächen, die platten- bis quaderförmige Gesteinskörper (Schichten, Bänke) voneinander abtrennen. Schichten/Bänke sind charakterisiert durch mehr oder weniger große Materialunterschiede (s. Faktoren 7/8a/8b). Die Dicke der Schichten/Bänke kann zwischen cm - dm bei veränderlichfesten Gesteinen und dm - m bei dauerfesten Gesteinen variieren. Die Schichtungs- und Bankungsflächen sind eben, rauh oder wellig ausgebildet. Sie können unter anderem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hangparallel/hangauswärts (Neigung der Trennflächen gleich oder geringer als Hangoberfläche, s. Abb. 1) oder • steilstehend (Neigung der Trennflächen steiler als Hangoberfläche, s. Abb. 2) orientiert sein.
Erfassung	Augenschein im Gelände - Aufschluß!
Hydrogeologische Wirksamkeit:	Schichtungs- und Bankungsflächen können in veränderlichfesten Gesteinen bei Wechsellagerung (s. Faktor 8b) bevorzugte Wasserwege sein
Morphologische Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • hangparallel bis hangauswärts und mittlere Hangneigung (max. 45°) → Neigung zu langsamen Massenbewegungen (s. Teil 3: Massenkriechen im Festgestein); bei großen Hangneigungen (> 45°) → Neigung zu Sturzbewegungen aus Gleitung (s. Teil 3) • steilstehend und große Hangneigung (>45°) → Neigung zu Kipp- und Rotationsbewegungen (s. Teil 3)
Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirksamkeit	kein Einzelfaktor; wirkt in Verbindung mit der Hangneigung, Hangexposition, Wassereintrag sowie Ausbildung und Lagerung der Gesteine (dauerfeste Gesteine oder veränderlichfeste Gesteine, s. Faktoren 7/8a/8b/9/10)

Faktor 9

**SCHICHTUNGS- UND BANKUNGSFLÄCHEN
(Schichtung und Bankung)**

1) weitgehend hangparallele Neigung der Schichtflächen in oberen Bereichen



2) steilstehende Neigung der Schichtflächen

Schichtflächen trennen plattenförmige Gesteinskörper im cm-dm Bereich voneinander ab

Faktor 10

KLUFTFLÄCHEN / KLÜFTE



Klüfte sind sekundäre Trennflächen in Festgesteinen: hier steilstehende Kluft (1)

Beschreibung:

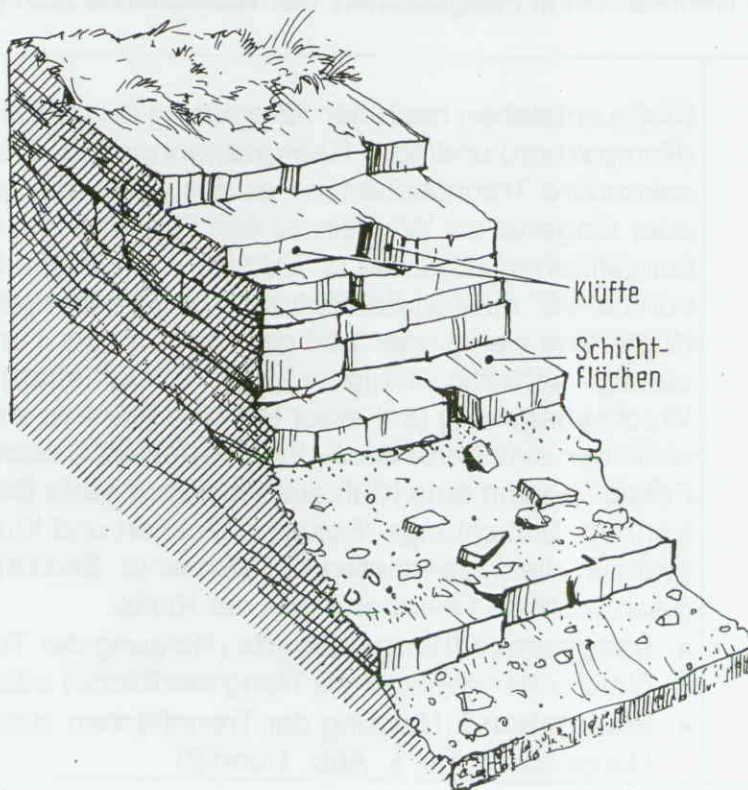
Klüfte entstehen nach der Ablagerung durch Verdichtung (Kompaktion) und/oder Gebirgsspannungen. Sie sind also sekundäre Trennflächen in Festgesteinen, die quer, längs oder diagonal mit Winkeln zu den Schichtungs- und Bankungsflächen verlaufen (s. Skizze). Viele Klüfte bilden Winkel von ca. 90° mit den Schichtungs- und Bankungsflächen. Klüfte sind wenig oder weit geöffnet (Spalten) und oft mit sandig - schluffig - tonigem Material (Kluftletten) verfüllt. Bei Wechsellagerung (s. Faktor 8b) beschränken sie sich auf jeweils nur eine harte Bank. In dauerfesten Gesteinen (vgl. Faktor 7) kann eine Kluft auch mehrere harte Bänke durchtrennen. Schichtungs-/Bankungsflächen und Kluftflächen umgrenzen die sogenannten Kluftkörper (s. Skizze). Morphologisch wichtige Orientierungen der Klüfte:

- **hangparallel/hangauswärts** (Neigung der Trennflächen gleich oder geringer als Hangoberfläche) oder
- **steilstehend** (Neigung der Trennflächen steiler als Hangoberfläche, s. Abb. 1 und 2)

Erfassung:

Augenschein im Gelände - Aufschluß!

Hydrogeologische Wirksamkeit:	In dauerhaftesten Gesteinen stellen Klüfte mit geringer Verfüllung die bevorzugten Wasserwege dar (Kluftwasserleitende Gesteine)
Morphologische Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • hangparallel bis hangauswärts und große Hangneigungen ($> 45^\circ$) → Neigung zu Sturzbewegungen aus Gleitungen (s. Teil 3); Hangneigung bis max. 45° → langsame Massenbewegungen (s. Teil 3: Gleitung und Massenkriechen im Festgestein) • steilstehend und große Hangneigungen ($>45^\circ$) → Neigung zu Sturzbewegungen aus Kipp- und Rotationsprozessen (s. Teil 3)
Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirksamkeit	Kein Einzelfaktor; wirkt in Verbindung mit Hangneigung, Hangexposition und Wassereintrag sowie den Faktoren System „hart über weich“ (s. Faktor 12), Störungen, flachliegend (s. Faktor 11) und der lithologischen Ausbildung der Gesteine (s. Faktoren 7 bis 8b)



2) senkrecht zur Schichtung verlaufende Klufflächen

Faktor 11	STÖRUNGEN: flachliegend (Überschiebungen) und steilstehend (Lateralverschiebungen, Abschiebungen)
Beschreibung:	<p>Störungen sind Zonen im Gebirge, in denen eine zueinander relative Bewegung zweier aneinandergrenzender Gesteinsschollen stattgefunden hat. Gesteine im Bereich der Störungszone sind durch die Bewegung oft stark zerschert (Zerrüttungszonen). Eine hohe Dichte an sekundären Trennflächen und eine nur undeutlich oder nicht erkennbare Schichtung in diesen Bereichen sind charakteristisch. Mit zunehmender Bewegungsintensität vergrößert sich auch die Zerrüttungszone. Die zahlreichen Bewegungsflächen weisen häufig Harnische aus Kalzit-Kristallinat auf. Die Zerrüttung der Gesteine erhöht die Verwitterungsanfälligkeit, daher sind Störungszonen meist von Verwitterungsschutt verdeckt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Störung flachliegend = Überschiebungsbewegung eines Gesteinskomplexes über einen anderen entlang einer flach liegenden Bewegungszone; oft abrupter Wechsel der Gesteinsausbildung (in den Bayer. Alpen v.a. dauerfeste Gesteine über veränderlichfesten Gesteinen). Die Bewegungszone umfaßt je nach Intensität der Bewegung wenige Dezimeter bis mehrere Zehnermeter. • Störung steilstehend = Verstellung von zwei aneinandergrenzenden Gesteinsschollen entlang einer mehr oder weniger steilstehenden Bewegungszone; Bewegungsbeiträge meist geringer als bei flachliegenden Störungen. Daher umfaßt die Bewegungszone oft nur wenige cm bis mehrere m. Im Gegensatz zu flachliegenden Störungen treten hier oft keine Gesteinsunterschiede auf.
Erfassung:	<p>Hilfreich sind in beiden Fällen eine geologische Karte und die ihr zugehörigen Profilschnitte. In den amtlichen geologischen Karten sind Störungen durch dicke schwarze Linien, in den IWSK - Karten durch dicke rote Linien dargestellt.</p> <p>Im Gelände sind zerrüttete Gesteine meist nur im frischen Bruch erkennbar: Anschlagen der Gesteine mit dem Hammer (körnig-mehlige Struktur, dumpfer bis hohler Klang).</p> <p>Harnisch aus Kalzit-Kristallinat auf Trennflächen ist im Gelände oft gut zu erkennen (milchig weiße Farbe, teilweise glänzend). Bewegungsflächen sind oft auffallend glatt und daher gut von Schichtungs-/Bankungsflächen und Kluffflächen zu unterscheiden.</p>

<p>Hydrogeologische Wirksamkeit:</p>	<p>Allgemein: die starke Zermahlung der Gesteine wirkt meist wasserstauend und leitet das Bergwasser parallel zur Störungszone ab.</p> <ul style="list-style-type: none"> • flachliegende Störungen: Kluftwasserführende Gesteine, die entlang einer Störung über Wasserstaurn/Geringleitern lagern (in den Bayerischen Alpen oft der Fall), führen zu Quellaustritten oder zum Übertritt von Wasser in die Lockergesteine (Interflow) entlang der Störung. • steilstehende Störungen: Quellaustritte entlang der Störung, Übertritt von Wasser in die Lockergesteine (Interflow) entlang der Störung.
<p>Morphologische Wirksamkeit</p>	<p>Die Abtragsbereitschaft der Gesteine nimmt in der Nähe zur Störung und innerhalb der Zerrüttungszonen erheblich zu, dies gilt für alle Abtragsprozesse im Gesteinsverband.</p>
<p>Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirk- samkeit</p>	<p>kein Einzelfaktor; der Einfluß der Störungen wirkt im Zusammenhang mit der Orientierung der Trennflächen (s. Faktoren 9/10), der lithologischen Ausbildung der Gesteine (s. Faktoren 7 bis 8b), Wassereintrag und Hangneigung abtragsfördernd</p>

Faktor 11

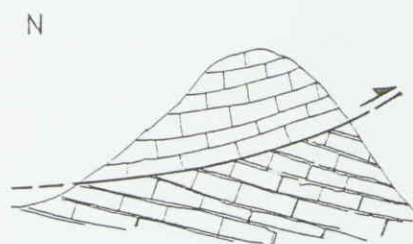
STÖRUNGEN: flachliegend (Überschiebungen) und steilstehend (Lateralverschiebungen, Abschiebungen)

1)
steilstehende
Störung mit
Zerrüttungs-
zone

Störung

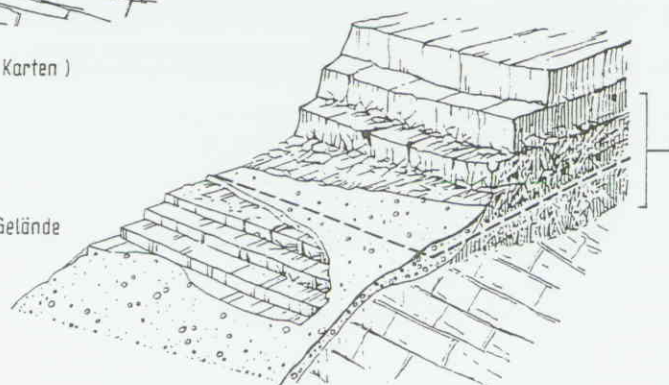


2)
flachliegende
Störung
(Überschiebung)



... im Profil (geologische Karten)

... im Gelände



Störungen kennzeichnen Zonen im Gebirge, an denen eine zueinander relative Bewegung zweier aneinandergrenzender Gesteinsschollen stattgefunden hat.

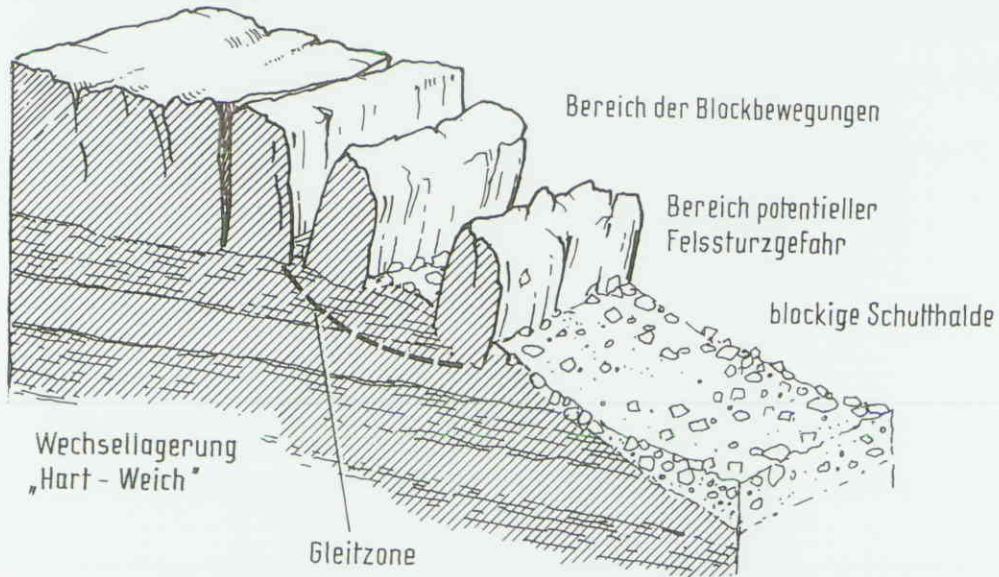
Faktor 12	SYSTEM „HART ÜBER WEICH“
Beschreibung:	„Weiche, nachgiebige“ Gesteine im Gebirgsverband (s. Faktoren 8a/8b) werden von harten, starren Felsmassen mit bedeutenden Mächtigkeiten (s. Faktor 7) überlagert. Sehr oft wird diese Situation im Bereich flachliegender Störungen (Überschiebungen, s. Faktor 11) angetroffen.
Erfassung:	<p>Neben der erforderlichen Geländebegehung ist eine geologische Karte mit den ihr zugehörigen Profilskizzen sehr hilfreich.</p> <p>Im Gelände bauen dauerfeste Gesteine zumeist markante Felswände auf oder sorgen für eine Zunahme der Hangneigung, die weiche Basis wird sehr oft durch flachere Hänge charakterisiert.</p>
Hydrogeologische Wirksamkeit:	Die veränderlichfesten Gesteine wirken als Wasserstauer/Geringleiter, darüberliegende harte Gesteine des Oberhanges sind meist karst- oder kluftwasserführend, dadurch kommt es an den Grenzen zwischen veränderlichfesten und dauerfesten Gesteinen vielfach zur Entstehung von Quellhorizonten bzw. zum Eintrag von Bergwasser in die auf den Wasserstauern liegenden Lockergesteine (Interflow).
Morphologische Wirksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Die Auflast der harten Gesteine kann zum Versagen der „weichen“ Unterlage führen, dies bewirkt ein Zerbrechen der starren Felsmassen → Bergzerreibungen: Gesteinschollen trennen sich entlang von steilstehenden Trennflächen ab (Turmablösungen). • Es kann somit zu einem talwärtigen Driften oder Kippen der Schollen durch die Ausquetschung und Mobilisierung der Unterlage kommen. <p>Die Hangneigung der harten Felsmassen sollte $> 45^\circ$ betragen, um die oben beschriebenen Bewegungen zu ermöglichen.</p>
Einzelwirksamkeit oder kombinatorische Wirksamkeit	Das System „hart über weich“ ist bereits eine Kombination aus Gesteinsausbildung (s. Faktoren 7 bis 8b) und Gesteinsabfolge, Hangneigung, Orientierung der Trennflächen (s. Faktoren 9/10); Wassereintrag und „flachliegende Störungen“ (s. Faktor 11)

Faktor 12

SYSTEM „HART ÜBER WEICH“

Deckplatte (steif, spröde)

Zerreißen der Deckplatte in Einzelblöcke



Schematische Darstellung des Systems „Hart über Weich“ mit folgenden Entwicklungsschritten:

- Versagen des Unterlagers
- Kluftöffnung in der spröden Deckplatte
- isolierte mächtige Felstürme
- Sekundärabrüche an den Felstürmen
- Kippen der Felstürme
- Mobilisierung unterlagernder weicher Gesteinsmassen (z. B. Schuttströme)




Teil 2


Einschätzung des Oberflächenabflusses



Erläuterung: Die Palette der Waldgesellschaften im Gebirge ist sehr groß. Höhenlage, Exposition, Bodenwasserhaushalt und forstliche Nutzung sind die wichtigsten Parameter, die die Ausbildung der Waldgesellschaften prägen. Die Baumartenzusammensetzung ist für den Oberflächenabfluß von untergeordneter Bedeutung.

Vegetations- und bodenkundliche Standortmerkmale		
Feuchtezeiger und Bodenfeuchte	Degradation	Oberflächenabfluß in %
keine Feuchtezeiger, keine Hydromorphie	keine	0 - 5
	Profilverkürzung	6 - 50
	Weidestausohle	6 - 30
Feuchtezeiger, Hydromorphie bei wechselndem Wasserstand	keine	16 - 30
	Profilverkürzung	16 - >50
	Weidestausohle	16 - 50
Nässezeiger, Hydromorphie bei dauernd hohem Wasserstand	keine	31 - 50
	Profilverkürzung	31 - >50
	Weidestausohle	31 - 50

Vegetationsformation	SCHLAGFLUREN	
		
<p>Erläuterung: Kahlhiebflächen zeichnen sich durch plötzliche Freistellung und infolge mechanischer Bodenbeanspruchung meist durch Nährstofffreisetzung aus. Schlagfluren bestehen aus hochstaudenreichen und meist stickstoffliebenden Arten. Infolge geringerem Wasserentzug durch die Bäume können Vernässungserscheinungen auftreten.</p>		
Vegetations- und bodenkundliche Standortmerkmale		
Feuchtezeiger und Bodenfeuchte	Degradation	Oberflächenabfluß in %
keine Feuchtezeiger, keine Hydromorphie	keine	0 - 5
	Profilverkürzung	6 - 50
	Weidestausohle	6 - 30
Feuchtezeiger, Hydromorphie bei wechselndem Wasserstand	keine	16 - 30
	Profilverkürzung	16 - >50
	Weidestausohle	16 - 50
Nässezeiger, Hydromorphie bei dauernd hohem Wasserstand	keine	>50
	Profilverkürzung	>50
	Weidestausohle	>50

Vegetationsformation	LATSCHEN	
		
<p>Erläuterung: Die Latschen- oder Krummholzzone nimmt in den Alpen oberhalb der natürlichen Waldgrenze nur einen schmalen Höhenbereich von ca. 200 m Ausdehnung ein. Auf Sonderstandorten, wie durchlässigen Schuttfächern, dringt sie bis in die Tallagen vor. Ausgedehnte Latschenfelder unterhalb der Waldgrenze gehen vielfach auf frühere Rodungstätigkeit zurück.</p>		
Vegetations- und bodenkundliche Standortmerkmale		
Feuchtezeiger und Bodenfeuchte	Degradation	Oberflächenabfluß in %
keine Feuchtezeiger, keine Hydromorphie	keine	0 - 5
	Profilverkürzung	6 - 50
	Weidestausohle	6 - 30
Feuchtezeiger, Hydromorphie bei wechselndem Wasserstand	keine	31 - 50
	Profilverkürzung	>50
	Weidestausohle	>50
Nässezeiger, Hydromorphie bei dauernd hohem Wasserstand	keine	>50
	Profilverkürzung	>50
	Weidestausohle	>50

Vegetationsformation

ZWERGSTRÄUCHER



Erläuterung: Zwergsträucher sind niedrige, unter 1 m hohe, stark verzweigte Holzgewächse, häufig anstelle ehemaliger Bergwälder. Bevorzugt in Steilhängen mit Schneebewegungen und/oder nach Aufhören der Beweidung und Schwendung der Flächen. Häufigste Arten: Bewimperte und Rostblättrige Alpenrose, Heidelbeere, Rauschbeere (feuchte Stellen), Heidekraut und Zwerg-Wacholder.

Vegetations- und bodenkundliche Standortmerkmale

Feuchtezeiger und Bodenfeuchte	Degradation	Oberflächenabfluß in %
keine Feuchtezeiger, keine Hydromorphie	keine	6 - 15
	Profilverkürzung	16 - >50
	Weidestausohle	31 - 50
Feuchtezeiger, Hydromorphie bei wechselndem Wasserstand	keine	16 - 30
	Profilverkürzung	31 - >50
	Weidestausohle	31 - 50
Nässezeiger, Hydromorphie bei dauernd hohem Wasserstand	keine	>50
	Profilverkürzung	>50
	Weidestausohle	>50

Vegetationsformation

SUBALPINE MATTEN



Erläuterung: Subalpine Matten sind artenreiche Rasengesellschaften oberhalb der Waldgrenze oder in tieferen Lagen auf sehr flachgründigen Schutt- und Felsstandorten. Infolge der Alm/Alpwirtschaft über viele Jahrhunderte gibt es fließende Übergänge zu Wiesen- und Weidengesellschaften.

Vegetations- und bodenkundliche Standortmerkmale		Oberflächenabfluß in %
Feuchtezeiger und Bodenfeuchte	Degradation	
keine Feuchtezeiger, keine Hydromorphie	keine	16 - 30
	Profilverkürzung	16 - >50
	Weidestausohle	16 - 50
Feuchtezeiger, Hydromorphie bei wechselndem Wasserstand	keine	31 - 50
	Profilverkürzung	31 - >50
	Weidestausohle	31 - >50



Erläuterung: Wiesen/Weiden sind Rasengesellschaften unterhalb der Waldgrenze, die durch ehemalige Rodung entstanden sind. Wiesen unterliegen der Mahd, Weiden der Beweidung durch Rinder, Pferde oder Schafe. Beide Nutzungsformen fördern Gräser.

Vegetations- und bodenkundliche Standortmerkmale		Oberflächenabfluß in %
Feuchtezeiger und Bodenfeuchte	Degradation	
keine Feuchtezeiger, keine Hydromorphie	keine	6 - 15
	Profilverkürzung	16 - >50
	Weidestausohle	31 - 50
Feuchtezeiger, Hydromorphie bei wechselndem Wasserstand	keine	16 - 30
	Profilverkürzung	31 - >50
	Weidestausohle	31 - 50
Nässezeiger, Hydromorphie bei dauernd hohem Wasserstand	keine	>50
	Profilverkürzung	>50
	Weidestausohle	>50



Erläuterung: Naßwiesen zeichnen sich durch ständig hohe Wasserstände aus. Setzt Torfbildung ein, so spricht man von Mooren. Nieder- oder Flachmoore haben Anschluß an mineralhaltiges Grund- und Hangwasser, Hochmoore werden überwiegend durch mineralstoffarmes Regenwasser geprägt.

Vegetations- und bodenkundliche Standortmerkmale		Oberflächenabfluß in %
Feuchtezeiger und Bodenfeuchte	Degradation	
Nässezeiger, Hydromorphie bei dauernd hohem Wasserstand	keine	>50
	Profilverkürzung	>50
	Weidestausohle	>50

Vegetationsformation

PLANIE



Erläuterung: Bei Planien wird durch Einebnen von Flächen, z.B. für Skipisten, der Oberboden ganz oder teilweise abgeschoben. Die zurückbleibende, humusarme Fläche wird mit einer gras- und kleereichen Rasenmischung angesäht. Die Wiederherstellung einer artenreichen Vegetationsdecke beansprucht viele Jahre.

	Oberflächenabfluß in %
- auf Fels oder undurchlässigem Hangschutt	>50
- auf durchlässigem Hangschutt	6 - 15

Teil 3

Abtragsformen und ihre Ursachen

Morphologische Form

TRANSLATIONSRUTSCHUNGEN IM BODEN UND LOCKERGESTEIN



Typische Translationsrutschung / als Gleitfläche dient die Grenzfläche zwischen dem Boden und dem darunterliegenden Verwitterungsschutt

Bewegungsvorgang

Abgleiten von Lockergesteinskörpern und/oder Boden (Blaikenbildung) entlang einer relativ ebenen und ungefähr hangparallel verlaufenden präformierten Gleitfläche.

Als Gleitfläche dienen:

- eine Grenzfläche zwischen Boden, Hang- und Verwitterungsschutt und darunterliegendem Fels
- eine Trennfläche innerhalb des Bodens bzw. Lockergesteins

z.B. wasserzügige Horizonte; Verwitterungsschutt auf wasserstauendem oder wenig durchlässigem, verfestigtem Moränenmaterial; Materialunterschiede in geschichteten Lockergesteinen (s. Faktor 5)

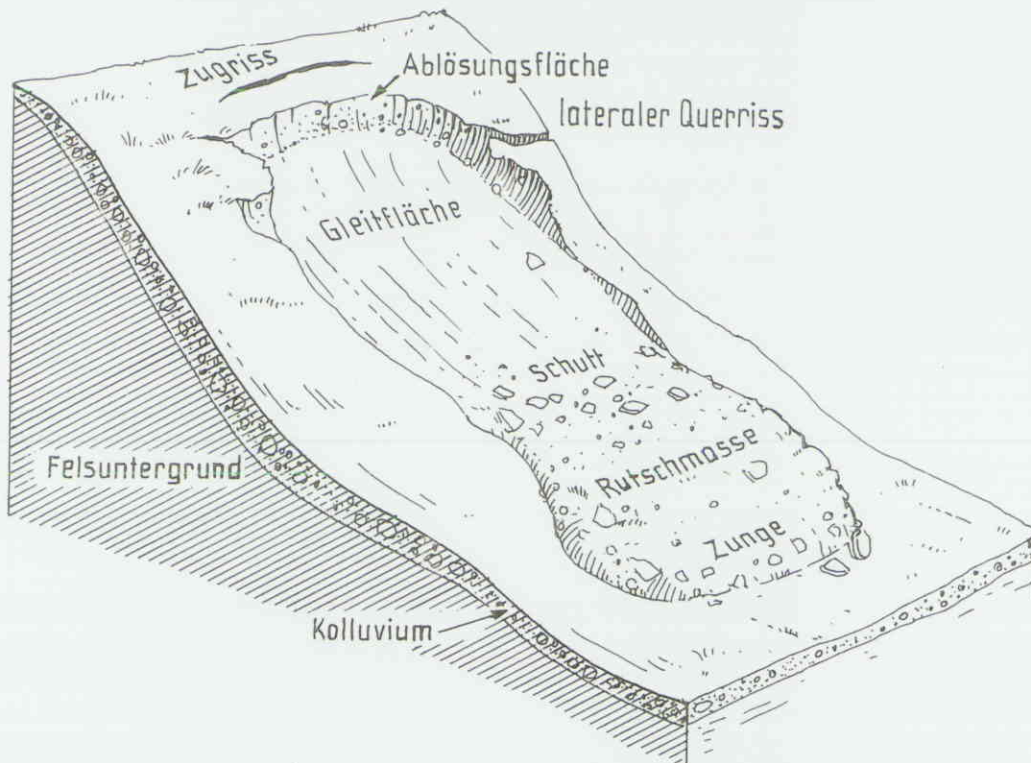
Erkennungsmerkmale

Eben bis wellig verlaufende Anbruchsfläche, deutliche laterale Scherfugen, geringer Tiefgang. Der Rutschkörper zerbricht in Schollen, die zumeist lange erhalten bleiben. Stauchwülste und Verebnungen sind am Zungenende charakteristisch.

Begleiterscheinungen	Z. B. Zugrisse, Spalten oberhalb der Rutschung (können auch ein Hinweis vor dem Auftreten der Rutschung sein oder auf eine weitere Ausdehnung der Rutschung hindeuten)
Ursachenbezogene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • planerische Maßnahmen: Vermeidung von Bau- und sonstigen Erschließungsmaßnahmen • technische Maßnahmen: Entwässerungen, bei großen Formen meßtechnische Überwachung • ingenieurbiologische Maßnahmen
Faktoren, die häufig zu dieser Anbruchsform führen	<ul style="list-style-type: none"> • Hangwasserzügigkeit (s. Faktor 2) • Mittlere Hangneigungen (15° bis 40°) • Schneebewegungen • Hangparalleles Einfallen der Festgesteinsschichten im Untergrund (s. Faktoren 9/10) • Geschichtete Lockergesteine (s. Faktor 5) • Flachwurzeln Pflanzenbestände mit gemeinsamen Wurzelhorizonten (z.B. grasreiche Weiderasen, Fichtenforste)

Morphologische Form

TRANSLATIONSRUTSCHUNGEN IM BODEN UND LOCKERGESTEIN



Schematisches Blockdiagramm einer Translationsrutschung im Lockergestein mit den wichtigsten morphologischen Merkmalen



Translationsrutschung im Lockergestein mit deutlicher Ausprägung der Gleitfläche



Figure 1. Interaction of age and gender on life satisfaction. The surface plot shows that life satisfaction is highest for middle-aged individuals of both genders and lowest for younger and older individuals.

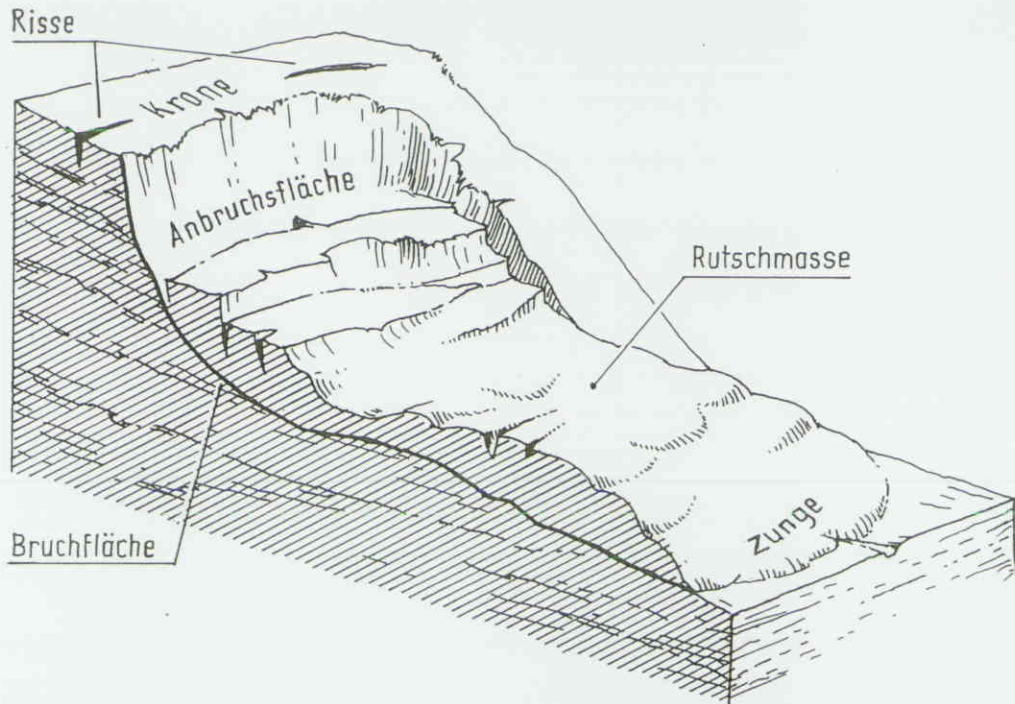


Figure 2. Interaction of age and gender on life satisfaction. The surface plot shows that life satisfaction is highest for middle-aged individuals of both genders and lowest for younger and older individuals.

Morphologische Form	ROTATIONSRUTSCHUNGEN IM LOCKERGESTEIN
Bewegungsvorgang	Gleitbewegungen von Lockergesteinsmassen (häufig staffelförmig) an einer oder mehreren, konkav gekrümmten, flach- bis sehr tiefreichenden, im Augenblick des Bruches entstehenden Scherflächen bzw. -zonen. Die Rutschmasse rotiert um eine quer zum Hang orientierten Achse. Daraus resultiert eine bergwärts gerichtete Kippung der abgerutschten Masse. Im Idealfall kommt es so zur Absenkung des bergwärtigen Hintergrundes und zur Hebung der talwärtigen Fußregion der Rutschmasse.
Erkennungsmerkmale	meist muschelförmig gekrümmte Anbruchsfläche (sog. „Muschelanbruch“)
Begleiterscheinungen	halbkreisförmige Risse oberhalb der Rutschung (können auf eine weitere Ausdehnung der Rutschung hindeuten), laterale Querrisse, bergwärts gekrümmter Baumwuchs oder schiefstehende Bäume auf der Rutschmasse
Ursachenbezogene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • planerische Maßnahmen: Vermeidung von Bau- und sonstigen Erschließungsmaßnahmen • technische Maßnahmen: Entwässerungen, bei großen Formen meßtechnische Überwachung • ingenieurbioologische Maßnahmen
Faktoren, die häufig zu dieser Anbruchsform führen	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkungen des Wassers: hoher Oberflächenabfluß oder starke Hangwasserzügigkeit (s. Faktor 2) im oberhalb liegenden Einzugsbereich, hoher Porenwasserdruck, hohes Speichervermögen • Bevorzugte Hangneigung 20° bis $\leq 33^\circ$ • ungeschichtetes Lockergestein (s. Faktor 5)

Morphologische Form

ROTATIONSRUTSCHUNGEN IM LOCKERGESTEIN



Schematisches Blockdiagramm einer Rotationsrutschung im Lockergestein



Rotationsrutschung im Lahnenwiesgraben bei Garmisch-Partenkirchen

Morphologische Form	KRIECHBEWEGUNGEN IM BODEN UND IM LOCKERGESTEIN
Bewegungsvorgang	Meist unmerklich langsame, hangabwärtige Bewegungen von Boden- und Lockermassen
Erkennungsmerkmale	<p>Morphologie: Stauchwülste, Querwülste, Aufbuckelungen, stark unruhiges Hangrelief</p> <p>Vegetation: Vernässungen/Naßwiesen, Krummwuchs von Bäumen, „betrunkene Wälder“, Wald- und Zwergstrauchgesellschaften mit Feuchte- und Nässezeigern</p>
Ursachenbezogene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • planerische Maßnahmen: Vermeidung von Bau- und sonstigen Erschließungsmaßnahmen • technische Maßnahmen: Entwässerungen, bei großen Formen meßtechnische Überwachung • ingenieurbioologische Maßnahmen
Faktoren, die mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Abtrag führen	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkungen des Wassers: erhöhte Quell- und Porenwasserdrucke; Gewichtszunahme durch anormale Niederschläge; Volumsvergrößerung durch Quellen von Tonmineralen; Hydromorphie (s. Faktor 1) • Hangneigung 15° - 28°

Morphologische Form

KRIECHBEWEGUNGEN IM BODEN UND IM LOCKERGESTEIN



Kriechbewegungen in Lockergesteinen aus der Mergelverwitterung / hohe Wassergehalte führen zu intensiven plastischen Bewegungen, bei denen die Vegetationsdecke zerreißt



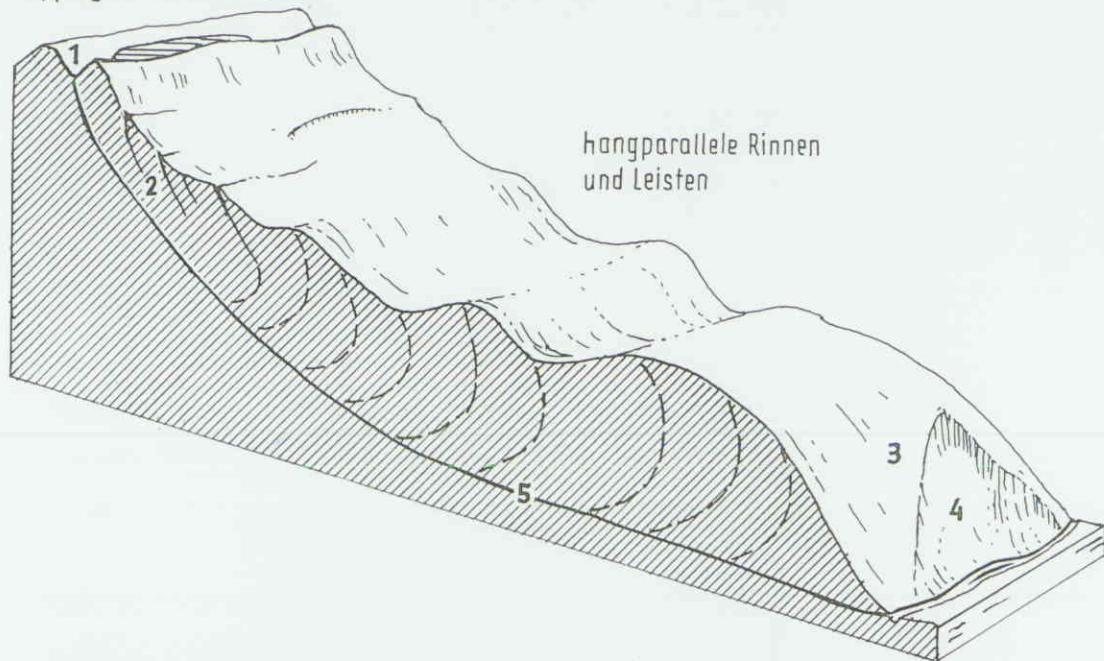
Typische Kennzeichen für Kriechbewegungen im Boden- und Lockergestein sind vielfach sog. „betrunkene Wälder“

Morphologische Form	MASSENKRIECHEN IM FESTGESTEIN (langsame Massenbewegungen)
Bewegungsvorgang	<p>Großräumige, langsame (über Jahrzehnte oder Jahrhunderte), unmittelbar nicht wahrnehmbare, tiefgreifende Kriechbewegungen von Felsgesteinen entlang einer oder mehrerer Gleitbahnen (Trennflächen). Im zumeist konkav geformten Abrißbereich dominieren vertikale Bewegungen (z.B. Bergzerreißen, Sackungen, Gleitungen, Rotationen), die an vorgezeichneten Trennflächen stattfinden. Das daran anschließende Massenkriechen vollzieht sich als scheinbar bruchlose, kriechende Verformung. Die Bewegungen gehen jedoch als Scherbewegungen an einzelnen der zahlreichen Trennflächen („Bruchfließen“) vor sich. Massenkriechen umfaßt auch den sogenannten „Talzuschub“.</p>
Erkennungsmerkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Ober- und Mittelhang: Bergzerreißen, Sackungen, Doppelgrate, Risse und Spalten, tiefreichende Zugrisse, Nackentälchen, Nackenseen, Stauchungen, offene Klüfte • Unterhang: tiefgreifende Durchbewegungs- und Zerrüttungszonen, anormale Gefügeerscheinungen (z.B. Verstellungen der Trennflächen) schwimmende Blöcke
Begleiterscheinungen	<p>Sekundäre, weniger tiefgreifende Hangbewegungen (Translations- und Rotationsrutschungen, Kriechbewegungen usw.)</p>
Ursachenbezogene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • planerische Maßnahmen: Vermeidung von Bau- und sonstigen Erschließungsmaßnahmen • technische Maßnahmen: v.a. Entwässerungen (u.U. Tiefenentwässerung), mittel- langfristige Beobachtung (technische Überwachung)
Faktoren, die mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Abtrag führen	<ul style="list-style-type: none"> • Rückzug von Gletschern, junge Talbildung → Beseitigung des Widerlagers am Hangfuß, dadurch Möglichkeit von Spannungsumlagerungen • Veränderlichste Gesteine (s. Faktor 8a/8b) mit mehr oder weniger hangparallel/hangauswärts einfallenden Trennflächen (s. Faktor 9/10) • Wirkungen des Wassers im Hang • fluviatile Erosion (Hangfußerosion)

Morphologische Form

MASSENKRIECHEN IM FESTGESTEIN
 (langsame Massenbewegungen)

Doppelgrat mit Nackensee



Schematische Darstellung des Massenkriechens im Festgestein:

- 1) Doppelgratbildung durch das Ausstreichen der Hauptgleitfläche, 2) Sekundärgleitflächen,
- 3) vorgewölbter Unterhang, 4) Uferanbruch, 5) wahrscheinliche Tiefe der Hangdeformation



Doppelgratbildung und Nackensee im Flysch der Hörnergruppe (Allgäu)

Morphologische Form

MASSENKRIECHEN IM FESTGESTEIN (langsame Massenbewegungen)



Bergzerreißung und Risse kennzeichnen vielfach den Oberhang von Kriechbewegungen im Festgestein



Durchbewegungs- und Zerrtungszonen (sog. „Sperrausdehnungen“) sind oft Kennzeichen des Unterhangs

Morphologische Form	STURZBEWEGUNGEN AUS GLEITUNGEN IM FESTGESTEIN
<p>Gleitbewegung entlang der Verschnittlinie zweier Trennflächenscharen haben (keilförmiger Bruch) zum Felssturz in der Breitach Klamm bei Oberstdorf geführt</p>	
<p>Bewegungsvorgang</p>	<p>Translationsbewegungen (Gleitungen) erfolgen nach einem kurzen Kriechvorgang (Vorbruchbewegungen), der schließlich zur Reißbildung (Bruch) im Oberhang führt. Die Gleitbewegungen erfolgen danach auf einer mehr oder weniger ebenen, vorgezeichneten Gleitfläche (Schicht-/Bankungsfläche, Kluftfläche) oder entlang der Verschnittlinie zweier Trennflächenscharen (keilförmiger Bruch). Sie gehen auf Hängen $> 45^\circ$ in Sturzbewegungen über; Auftreten eines Gleitmittels auf den Trennflächen (z.B. quellfähiges Material) sowie Kluftwasserführung, wirken besonders abtragsfördernd.</p>
<p>Erkennungsmerkmale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Abrißbereich:</i> hangparallel bis hangauswärts einfallende Anbruchsflächen (Gleitflächen) oft gut zu erkennen; steile Böschungsbildung; Schicht- und Kluftflächen oft mit schluffig-tonigen Belägen; gespannte Wurzeln und Risse im Oberhang • <i>Ablagerungsbereich:</i> mehr oder weniger frisches Felssturzmaterial am Unterhang

Begleiterscheinungen	Ablagerung von Berg- und/oder Felssturzmaterial am Hang-/Wandfuß
Ursachenbezogene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • planerische Maßnahmen: Vermeidung von Bau- und sonstigen Erschließungsmaßnahmen in den betroffenen Hangbereichen und im Oberhang • technische Maßnahmen: mittel- langfristige Beobachtung (meßtechnische Überwachung), wenn nötig Stabilisierungsmaßnahmen (z.B. Verankerungen, Injektionen)
Faktoren, die häufig zu dieser Anbruchsform führen	<ul style="list-style-type: none"> • Hangparallel- bis hangauswärts einfallende Trennflächen (s. Faktoren 9/10) • Störungen (s. Faktor 11) • Wassereintrag • Dauerfeste Gesteine (s. Faktor 7) • Veränderlichfeste Gesteine (s. Faktor 8a/8b) • Hangneigung ($> 45^\circ$)

Morphologische Form	STURZBEWEGUNGEN AUS ROTATIONEN ODER KIPPUNGEN IM FESTGESTEIN
Bewegungsvorgang	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kleine bis mittelgroße Klufkörper (dünn- bis mittelbankige Gesteine):</i> Rotationsbewegungen eines oder mehrerer Klufkörper um quasi horizontale Achsen an steilstehenden Trennflächen (vgl. Faktoren 9/10). Sie treten hauptsächlich an steileren Felsböschungen bzw. an Hangflanken ohne mächtigere Lockergesteinsüberdeckung auf (fehlendes Widerlager). • <i>Große Klufkörper (dickbankige bis massige Gesteine):</i> „Hangfußrotation“: Kippbewegung eines oder mehrerer Klufkörper um mehr oder weniger horizontale, am Hangfuß liegende Achsen. Kippbewegungen treten hauptsächlich an steilen Felsböschungen auf: Säulen und Türme lösen sich an steilstehenden Schicht- und Bankungsflächen und/oder Klüften, die quer zur Böschung verlaufen und am Hang austreichen. <p>Die Bewegungen können auf Hängen mit > 45° Neigung in Fall- und Sturzbewegungen übergehen.</p>
Erkennungsmerkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Häufig Überlagerung nach dem System „hart über weich“ (vgl. Faktor 12): harte, starre Gesteine lagern über weichen, nachgiebigen Gesteinen (vgl. Faktoren 7 bis 8b) • <i>Anbruchsbereich:</i> steile Böschungen; offene, steilstehende Klüfte (z.T. mit schluffig-toniger Füllung) und/oder Schichtflächen; quer zum Hang verlaufende, steilstehende Anbruchflächen oft gut zu erkennen; gespannte Wurzeln und Risse im Oberhang • <i>Ablagerungsbereich:</i> mehr oder weniger frisches Felssturzmaterial am Unterhang
Begleiterscheinungen	Ablagerung von Berg- und/oder Felssturzmaterial am Hang-/Wandfuß
Ursachenbezogene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • planerische Maßnahmen: Vermeidung von Bau- und sonstigen Erschließungsmaßnahmen in den betroffenen Hangbereichen und im Oberhang • technische Maßnahmen: mittel- langfristige Beobachtung (meßtechnische Überwachung), Stabilisierungsmaßnahmen (z.B. Verankerungen, Injektionen)

<p>Faktoren die häufig zu dieser Anbruchsform führen</p>	<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Steilstehende Trennflächen (s. Faktor 9/10) • Wassereintrag aus dem Oberhang • Hangneigung ($> 45^\circ$) • Entspannungsvorgänge (Hangfußerosion, Verwitterung) <p>Kippbewegungen (zusätzliche Faktoren):</p> <ul style="list-style-type: none"> • System „hart über Weich“ (s. Faktor 12) • Flachliegende Störungen (Überschiebungen, s. Faktor 11)
--	---

Morphologische Form

**STURZBEWEGUNGEN AUS ROTATIONEN ODER
KIPPUNGEN IM FESTGESTEIN**



Hangfußrotation einer Dolomit-Säule



Rotationsbewegungen mehrerer Kluffkörper um quasi-horizontale Achsen an steilstehenden Trennflächen

