



Landschaftsformung durch exogene Prozesse



Mag. Florian Jurgeit, NPV Tirol



(Zu) viele Fragen...

Wie entstehen Mittelmoränen ?

Tische auf dem Gletscher ?

Warum kommen bei uns Feld-/Bergstürze vor ?

Was ist ein Strudeltopf ?

Warum zerfällt Gestein ?

Wie entsteht ein Fluss-Alluvium ?





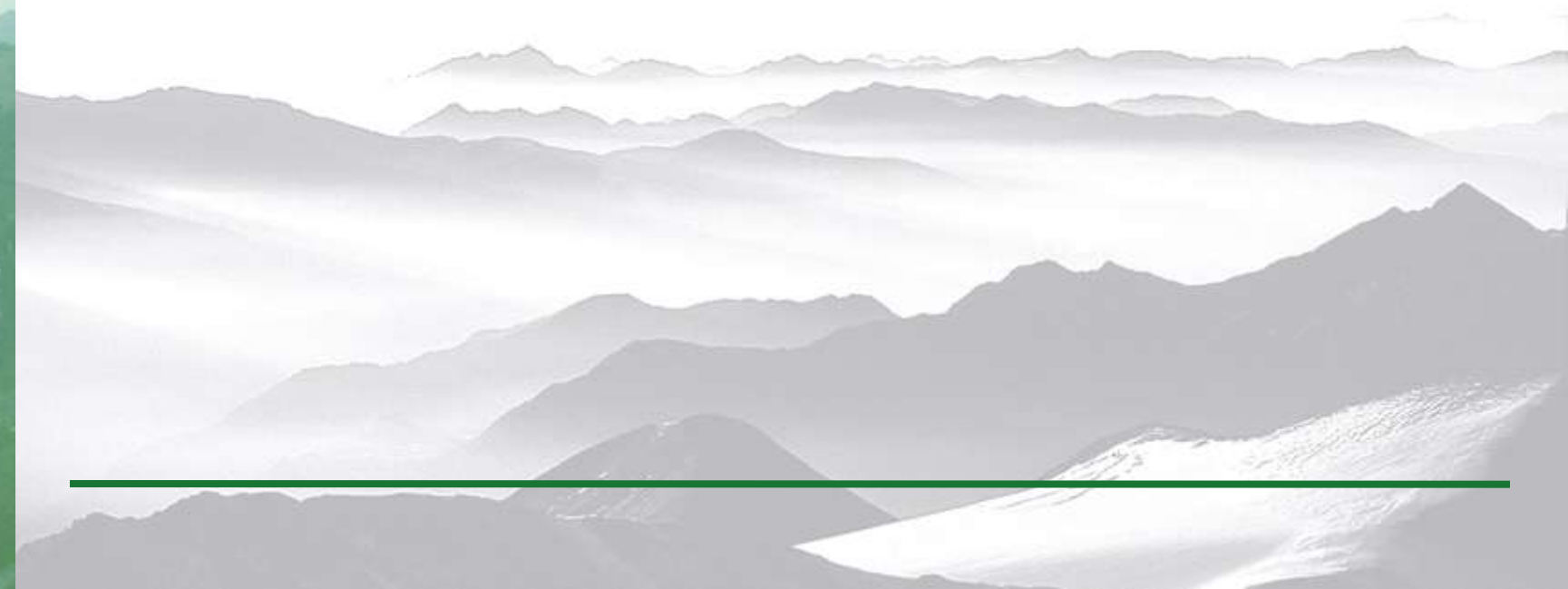
Inhalte

- Exogene Prozesse ?
 - Verwitterung und Erosion
 - Fluviale Prozesse
 - Gravitative Massenbewegungen
 - Bedeutung der Gletscher für das Landschaftsbild
 - Gletscherbewegung – Warme Gletscher
 - Bewegungslinien im Gletscher
 - Glaziale Erosionsprozesse
 - Abrasion – Plucking
 - Glaziale Ablagerungen & Landformen
 - Ursprung des Materials ?
 - Moränen
 - glaziale Talformen
 - Glaziofluviale Prozesse und Landformen
-



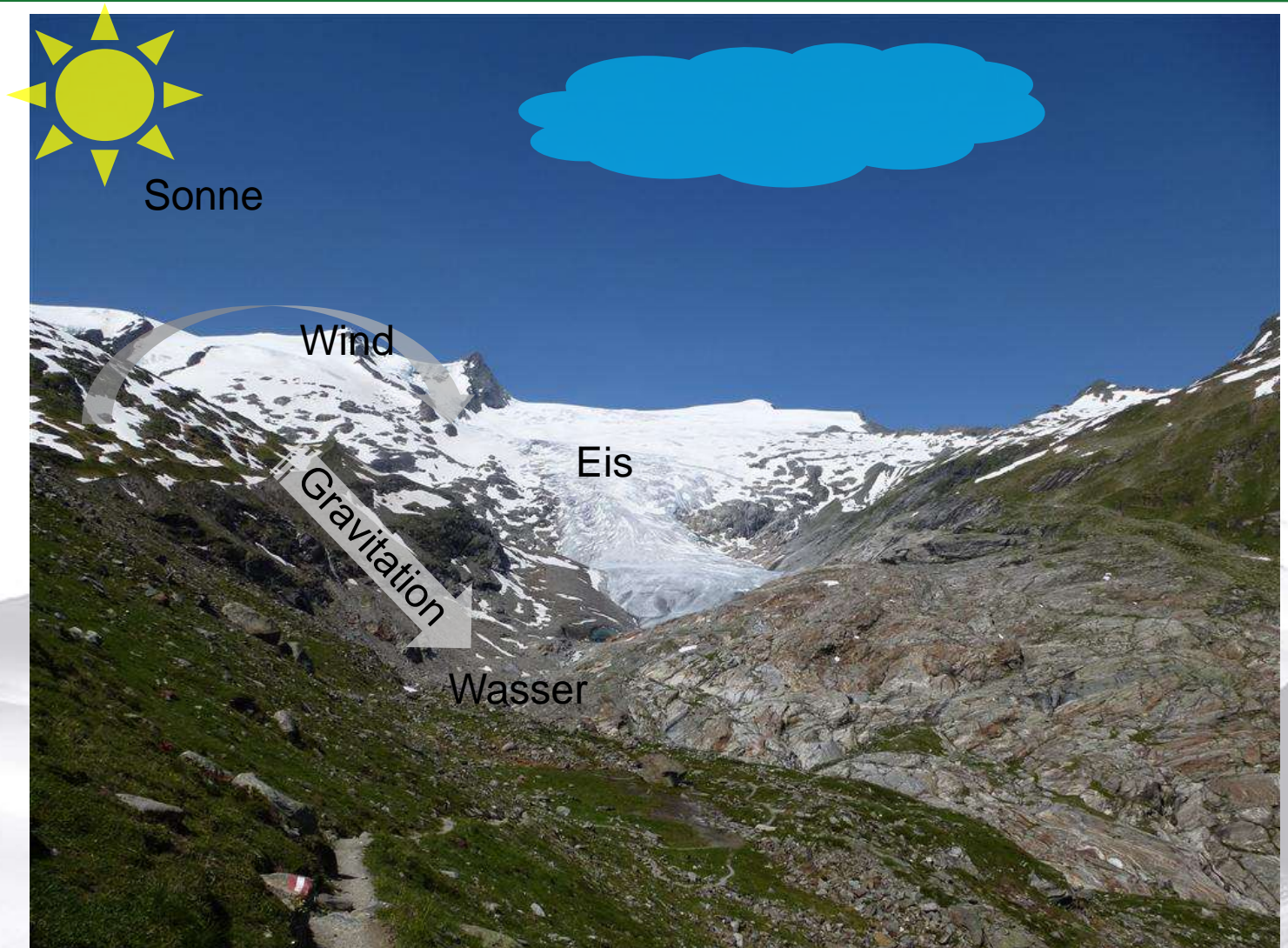
Begriffsbestimmung: Exogene Prozesse

- Geomorphologische Prozesse, die auf von Außen wirkende Kräfte und Faktoren zurückgehen.
- An der Erdoberfläche oder im oberflächennahen Untergrund





Die Zutaten





Verwitterung & Erosion

Verwitterung

- Physikalische und Chemische Prozesse, die an EOF wirken – Wechselwirkungen Bio-, Atmo-, Hydrosphäre und Gesteinen
- Verwitterungsprodukte (zB klastische Gesteine)

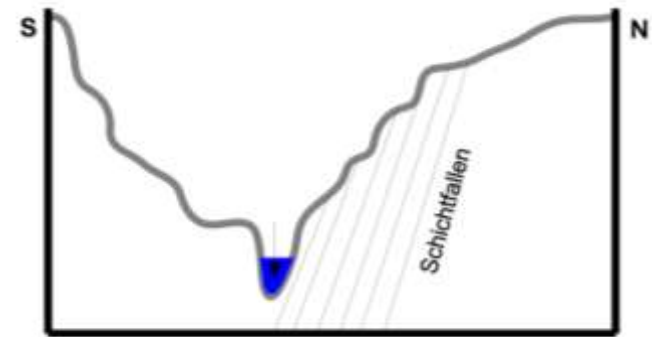
Erosion

- → Abtragung
- Im dt. Raum meist linearer Abtrag → Wasser → Fluvialerosion
- Denudation



Verwitterung

- Ausgangsparameter:
Gesteinseigenschaften, Wetter/Klima, Geolog.
Strukturen, Mensch !

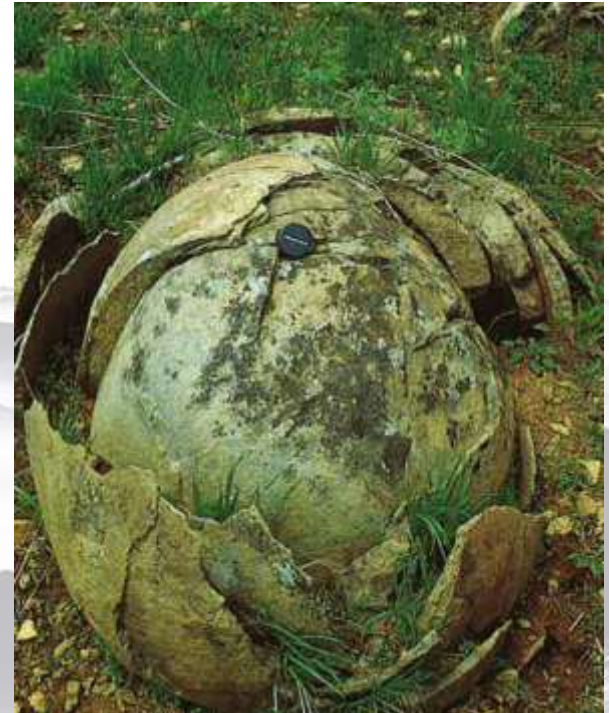


- **Physikalische Verwitterung:** Keine chem. Veränderung Ausgangsmaterial
- **Chemische Verwitterung**
- **Biologische Verwitterung**



Insolationsverwitterung

- Temperaturschwankungen als Grundlage
- Ausdehnungsverhalten → Mineralverbund homogen oder heterogen ?
- Wärmestrahlung/Albedo !
- Regen !
- Desquamation (Abschuppung)





Congelifraktion

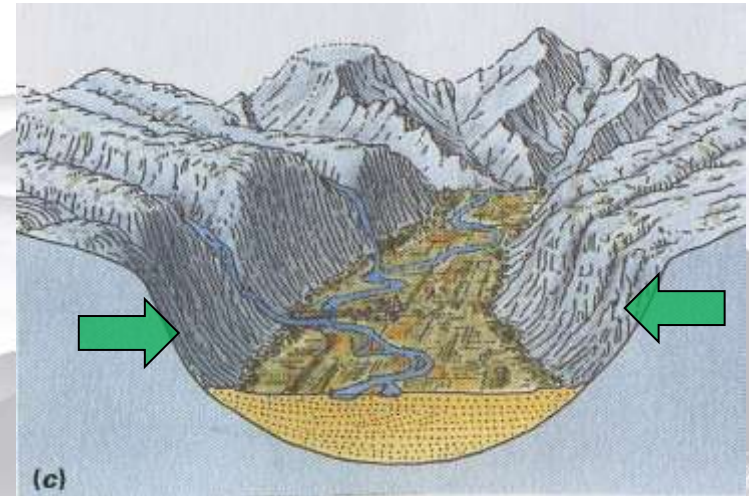
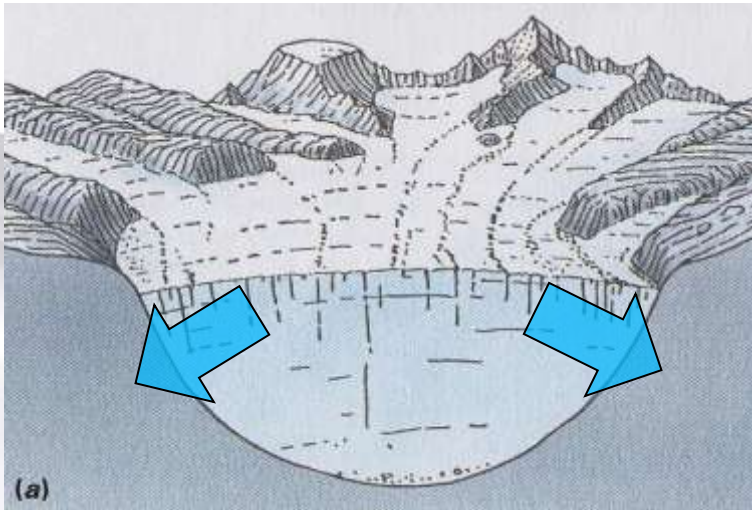
- Volumensänderung fest-flüssig (+ 11%)
- P bis 2070bar (Cave! -22°)
- Voraussetzungen (H₂O, Frostwechsel)
- Scharfkantige Formen





Entlastungsverwitterung

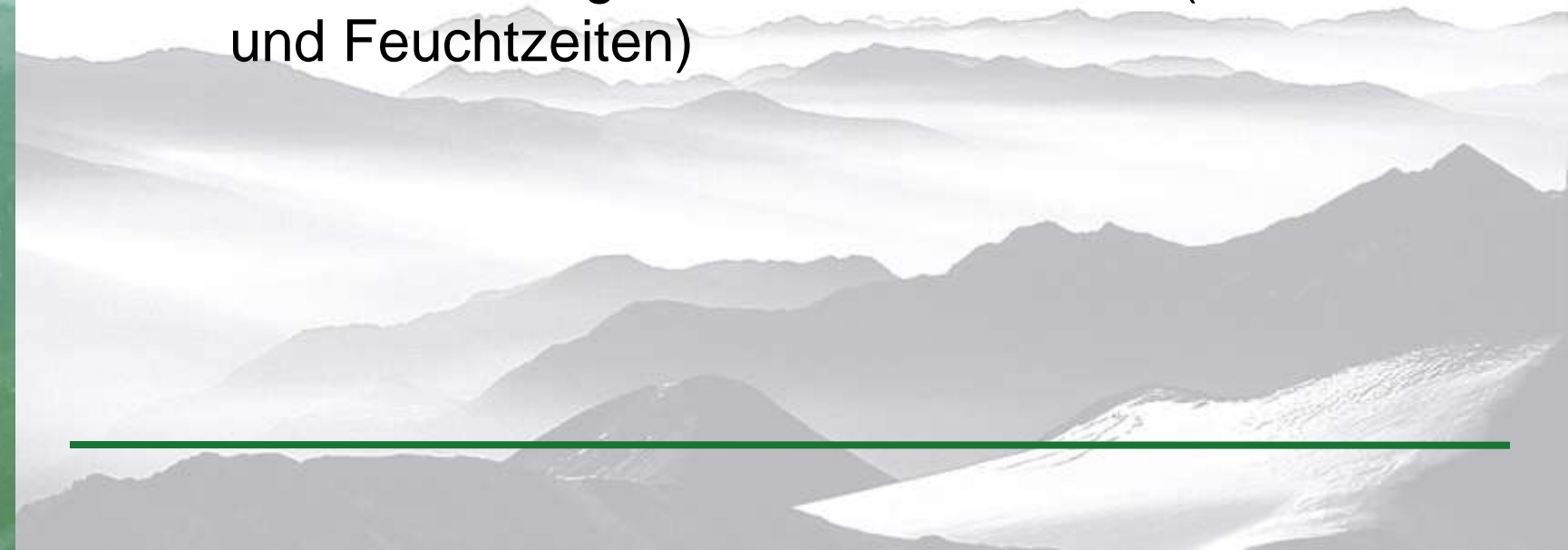
- Vgl. Eiszeiten
- Problematik Heute





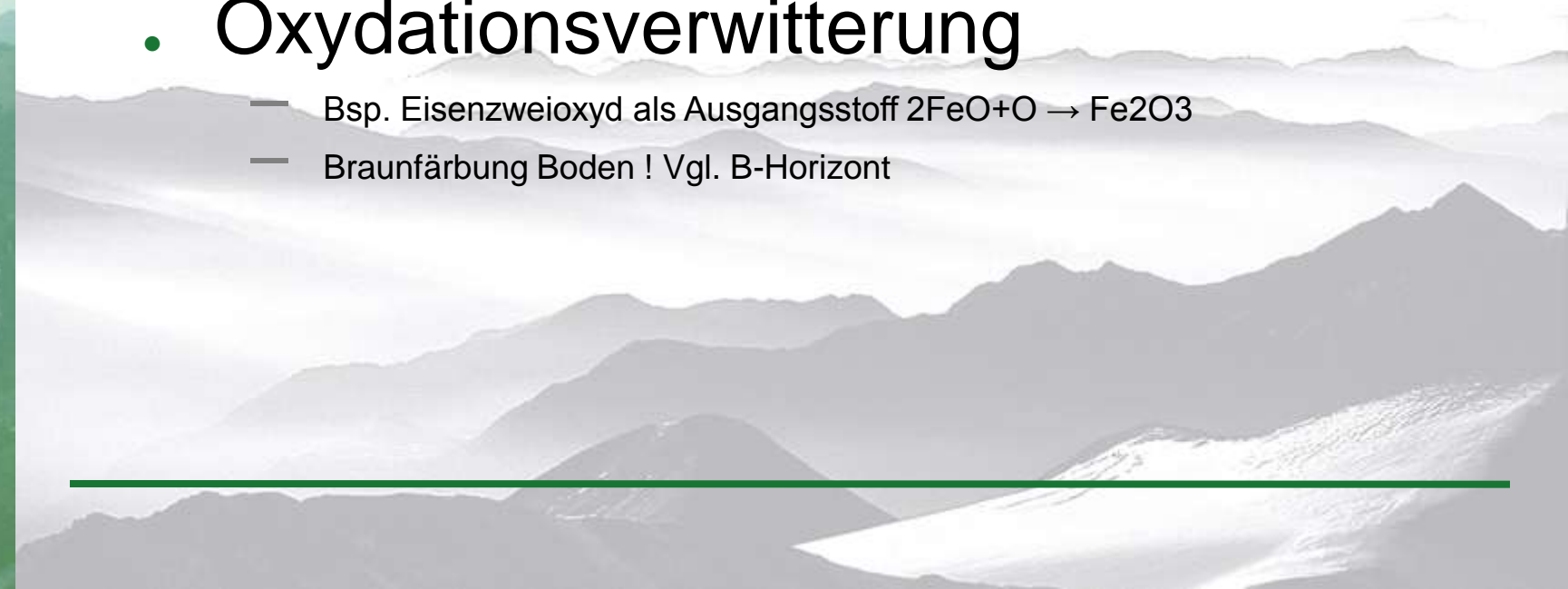
Salzverwitterung

- Beruht auf guter Löslichkeit von Salzen
 - Salzlösung in Spalte → Verdunstung H₂O → Salzkristalle → p
 - Beispiel Na₂SO₄ (50%/50°): 2230 bar
 - Voraussetzung: Semiaride Gebiete ! (Trocken- und Feuchtzeiten)
-





- Lösungsverwitterung
- Hydratation
- Oxydationsverwitterung
 - Bsp. Eisenzweioxyd als Ausgangsstoff $2\text{FeO} + \text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$
 - Braunfärbung Boden ! Vgl. B-Horizont





Biologische Verwitterung

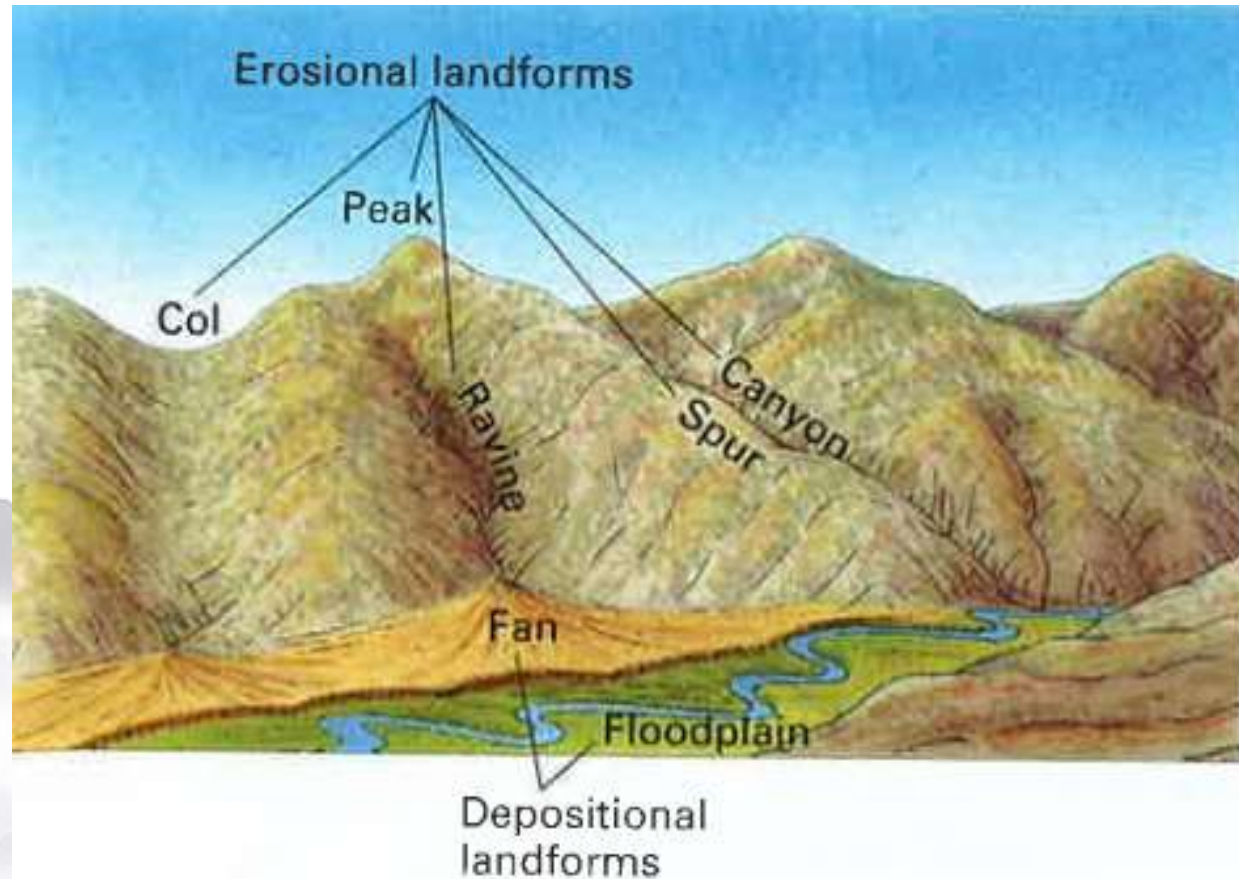
- Physikalisch-Biologisch
 - Wurzeln !



- Chemisch-Biologische Verwitterung
 - Durch organ. Säuren von Lebewesen/Pflanzen
-



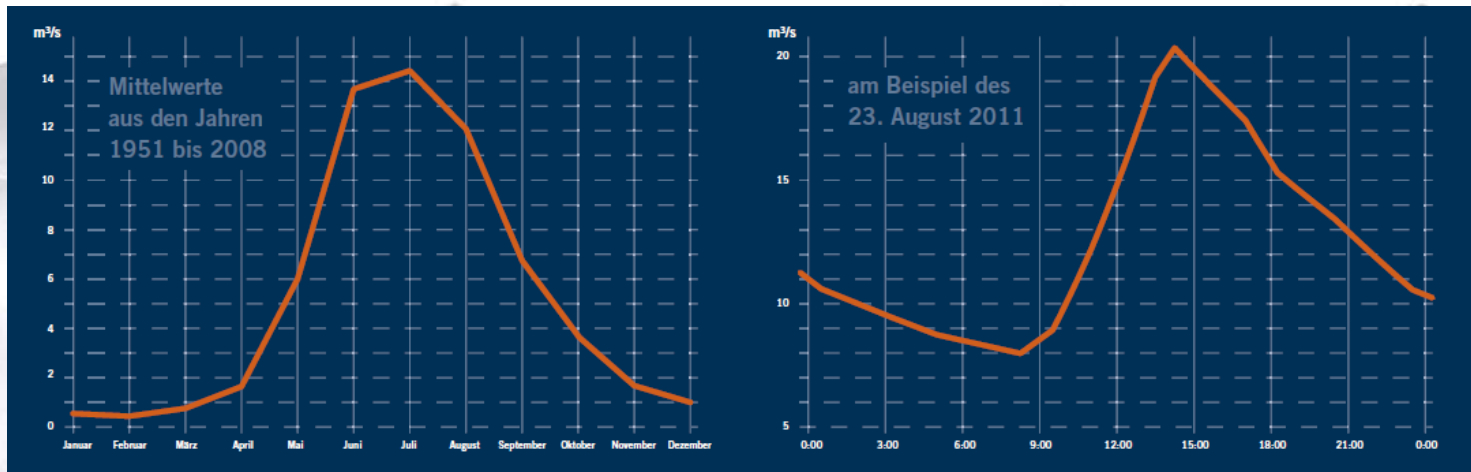
... Abtragung





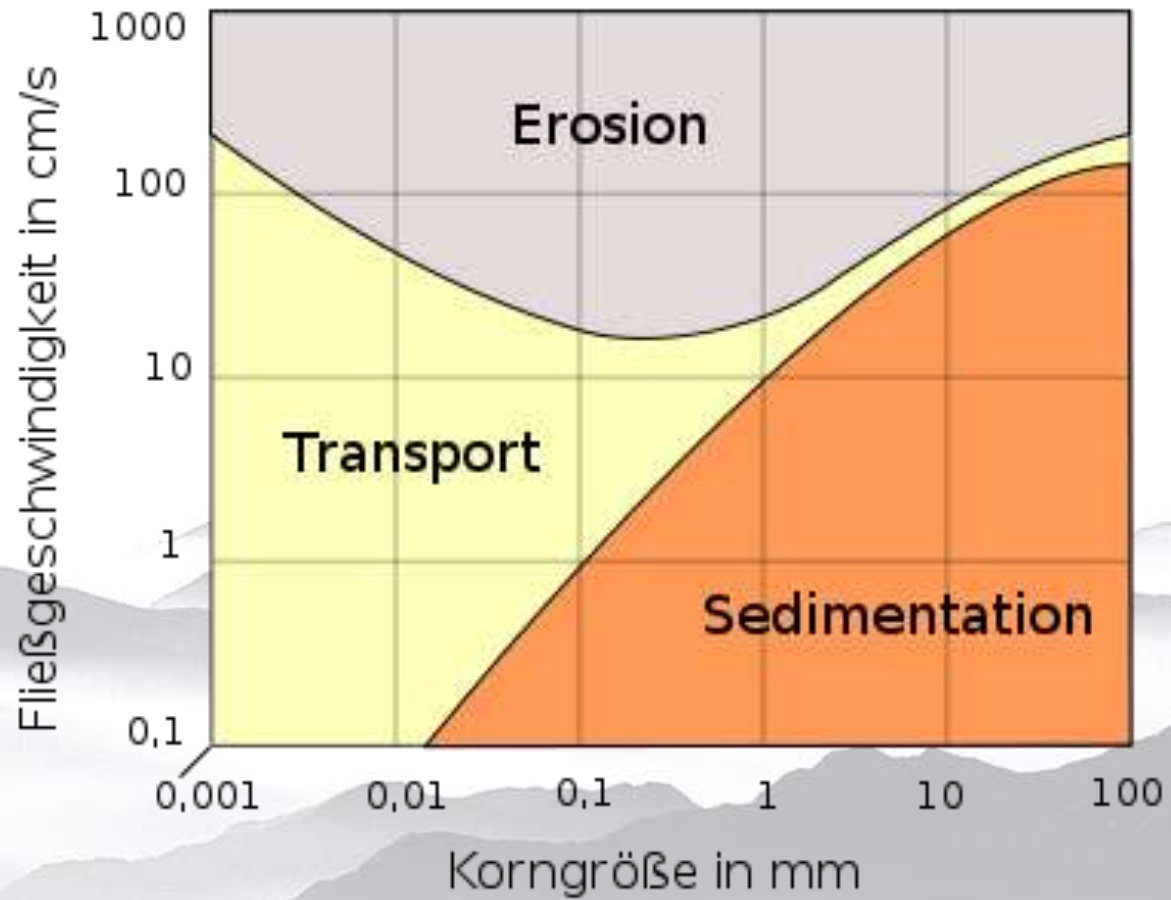
Fluviatile Prozesse

- Lineare „Abtragung“ → fließendes Wasser (Fluvialerosion)
- $N = A + V(+R)$
 - $N < V$: aride Verhältnisse – Abfluss ?
 - $N > V$: humide Regionen !
(Mitteleuropa: $N = 800-1000\text{mm/a}$; $V = 500\text{mm/a}$)
- Abfluß-Zeit (Abflußregime)



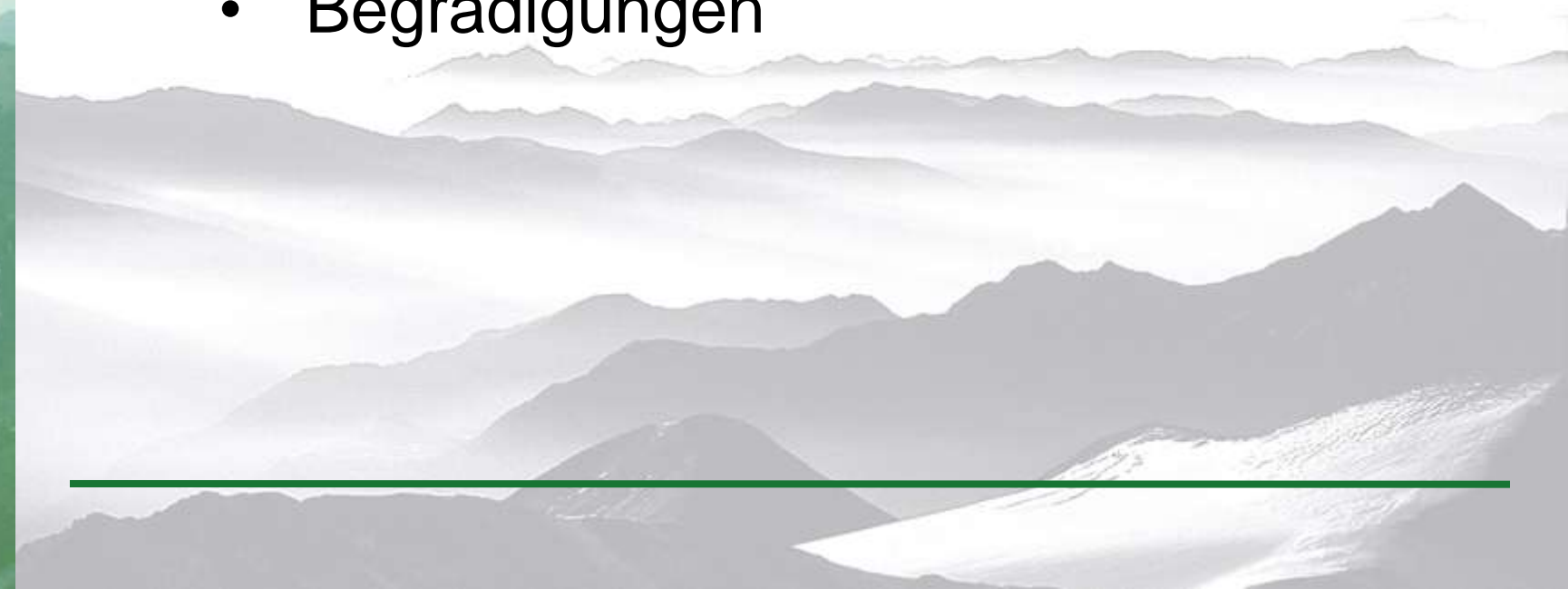


Wasser transportiert & ...



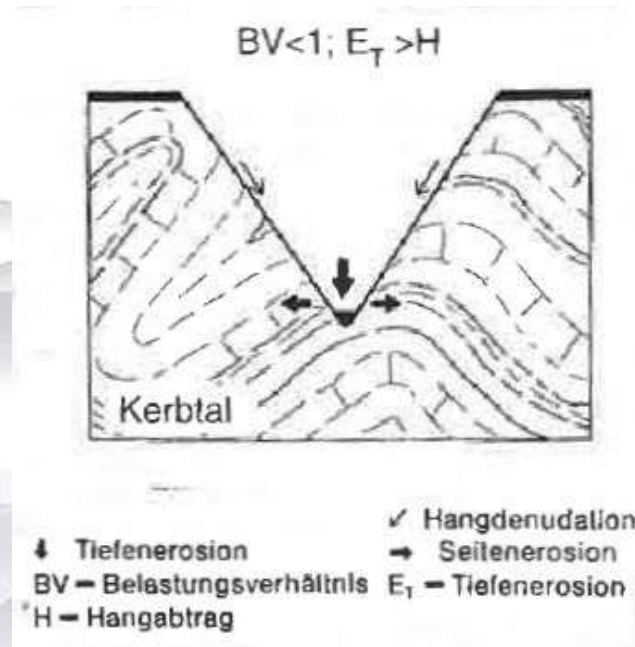


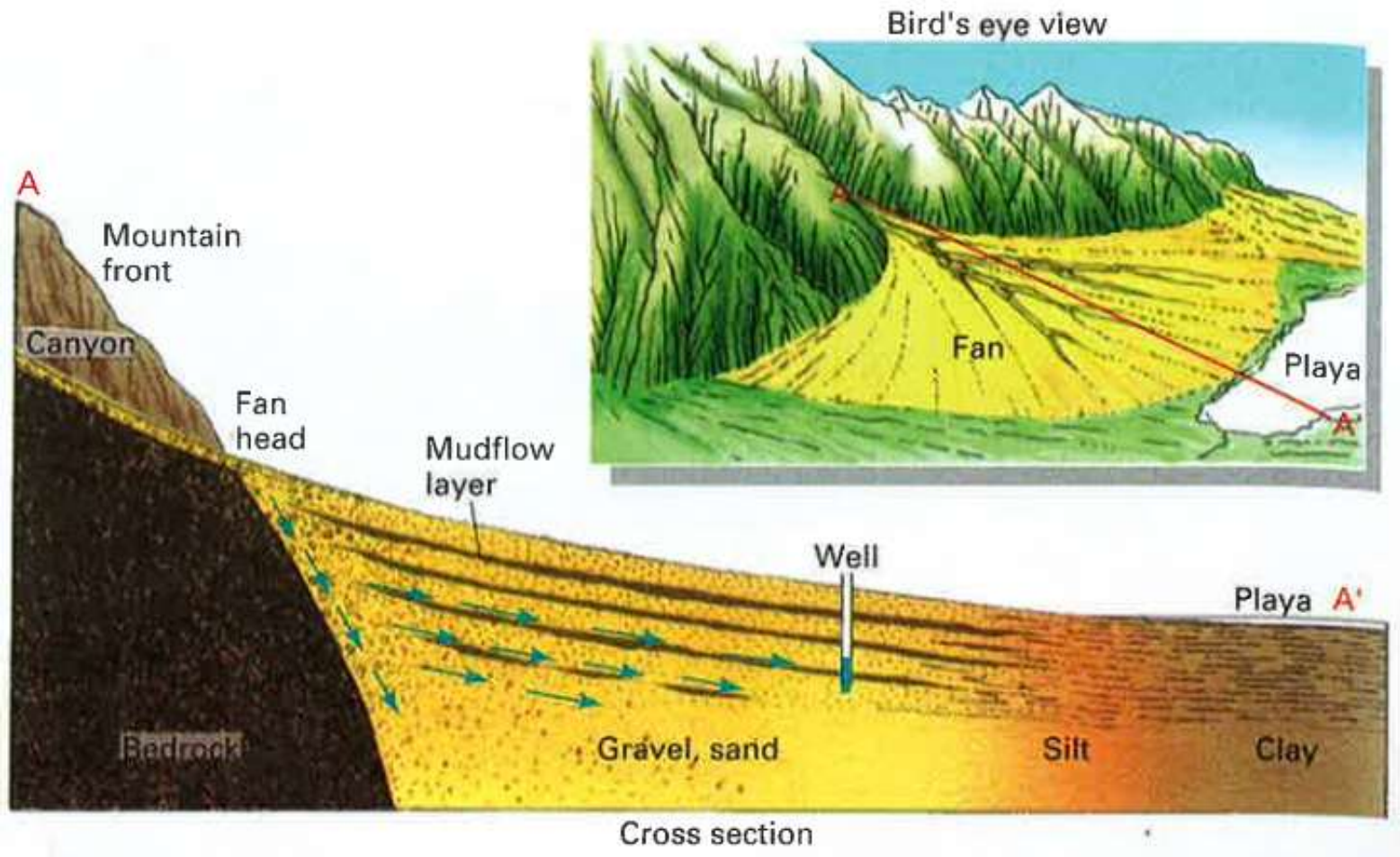
- Prallhang/Gleithang
 - Seitenerosion
- Vorfluter
 - Tiefenerosion
 - Begradigungen





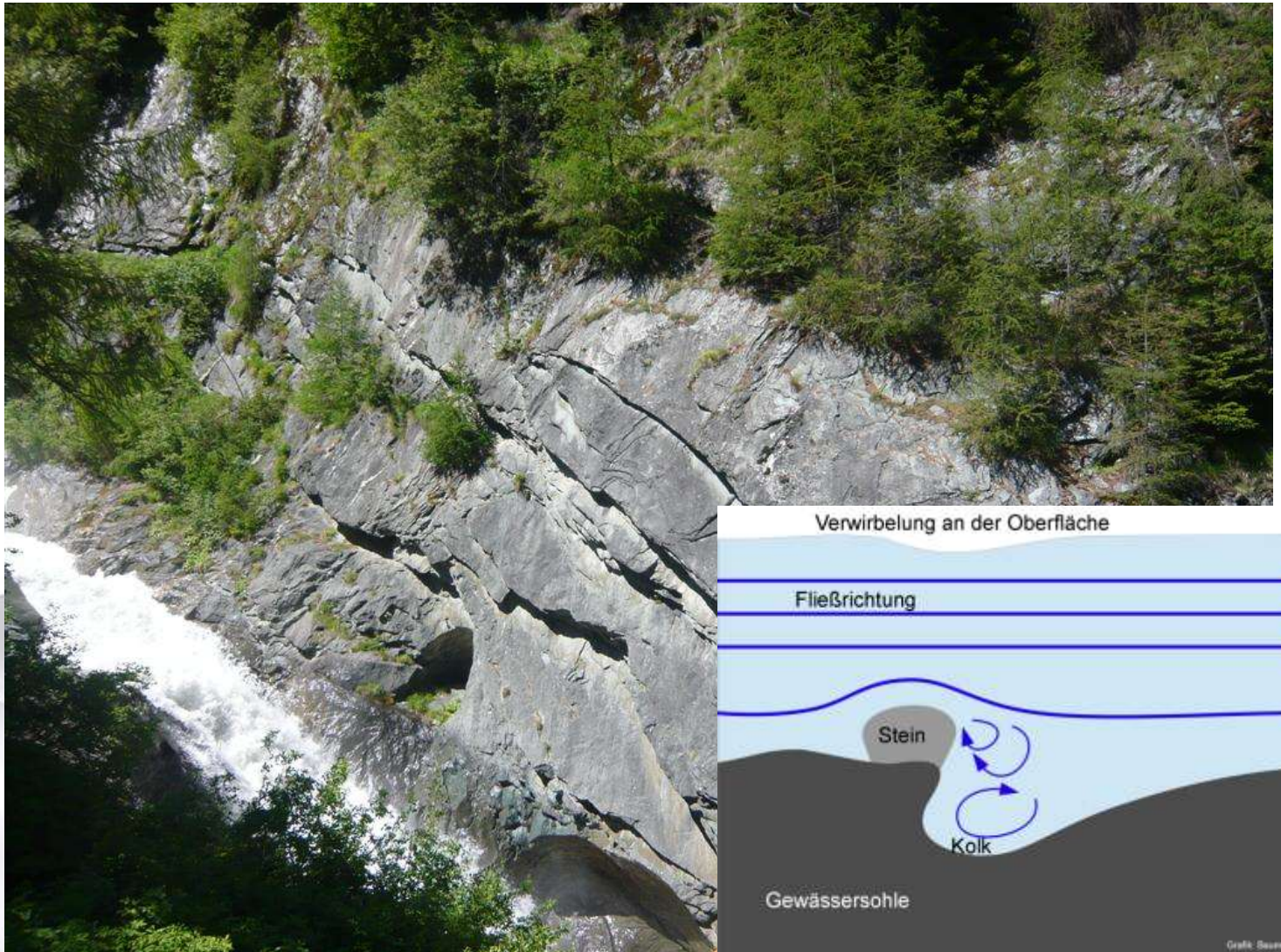
- Talformen
 - Klamm, Schlucht, Kerbtal (V)
- Schwemmkegel







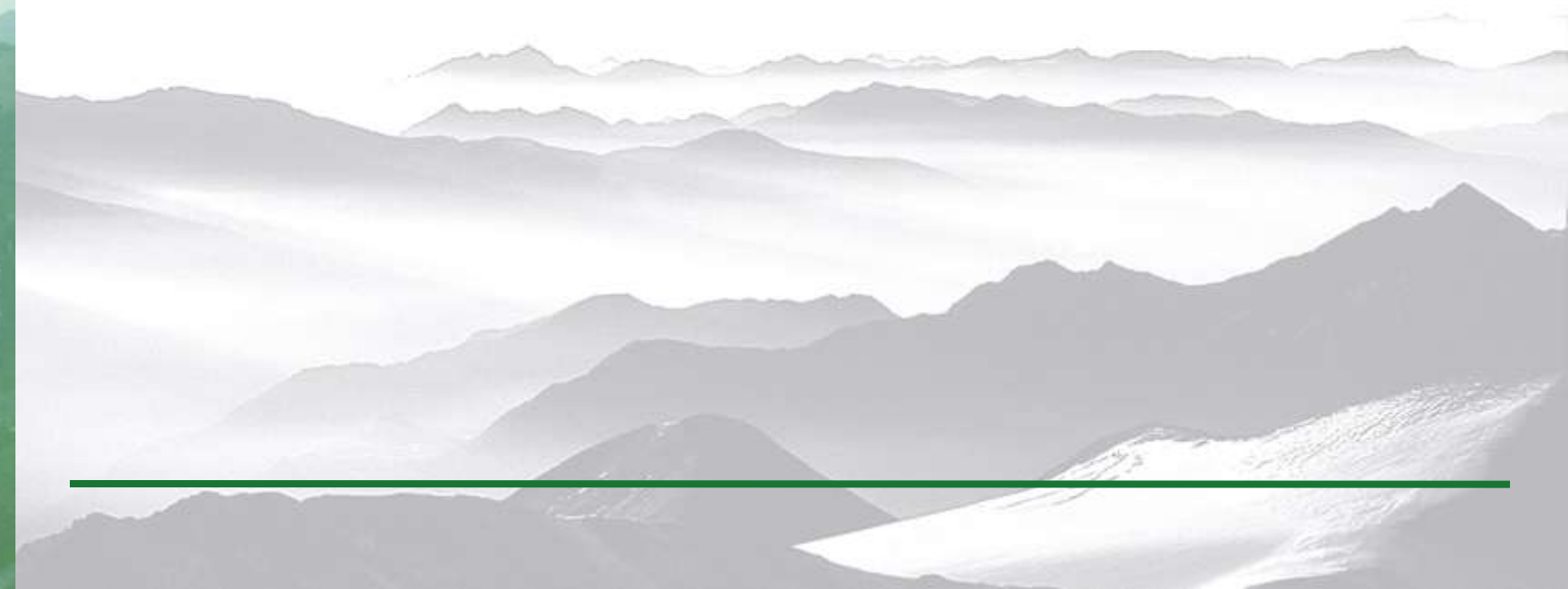
Strudeltöpfe (Kolke)





Gravitative Massenselbstbewegungen

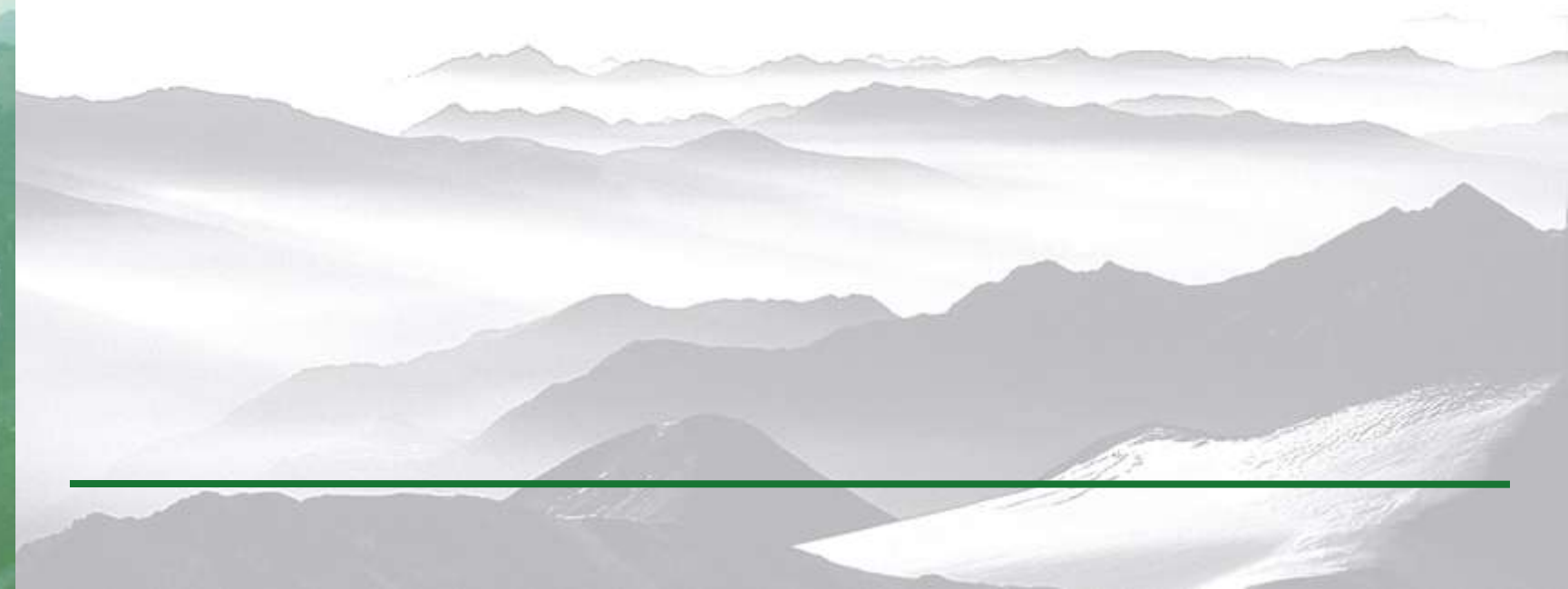
- Festgestein betroffen
- Gravitation +, Transportmedium –
- **Schnell/Langsam**





Sturzprozesse: Steinschlag

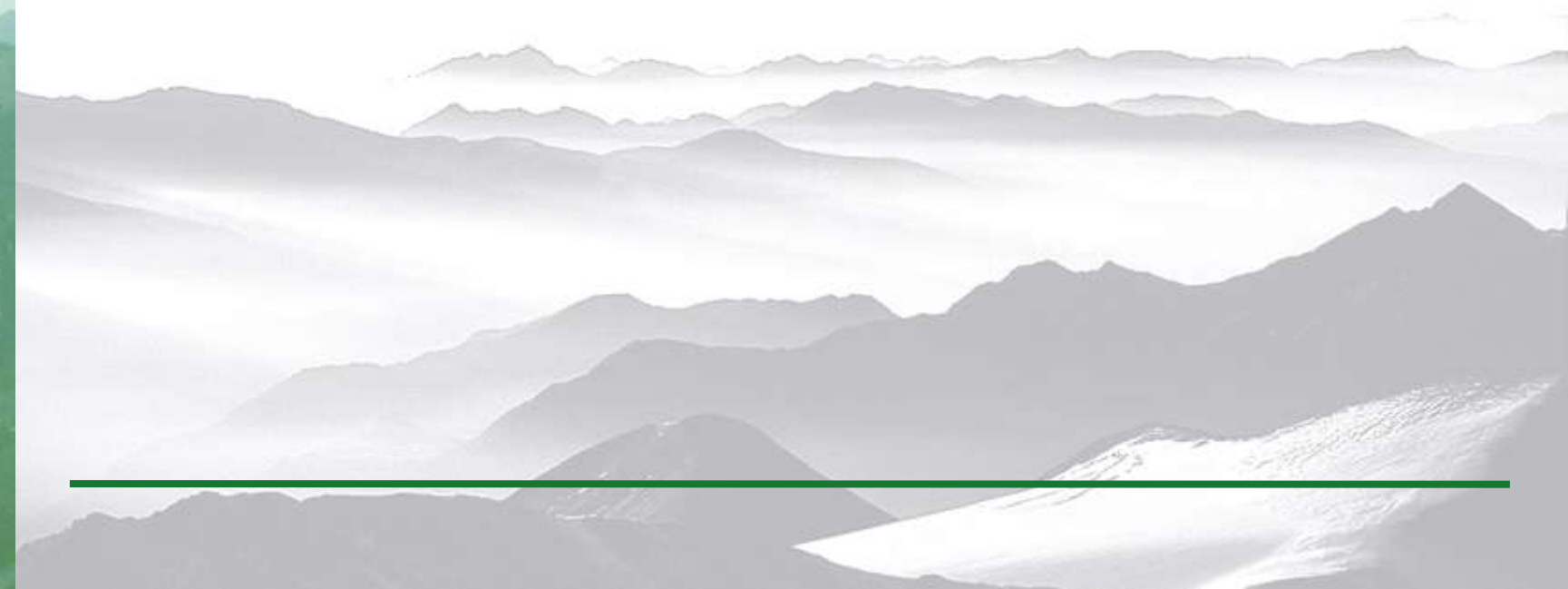
- freier Fall
- $< 10 \text{ m}^3$
- Abbruchbereich (Auslöser) – Fallstrecke – Sturzkegel
- Sortierung ! Stabilität bis ca. 35°
- Faktor Zeit: schnell





Sturzprozesse: Felssturz

- Gesteinspaket stürzt im Verband (10³ bis 10⁶ m³ !)
- Zerfall am Boden – Streuung
- Einzelereignisse (Wiederholung!)





Sturzprozesse: Bergsturz

- Dimension $10\text{km}^3 +$
- „Event“
- Historisch ! → Landschaftsbild





Auslösefaktoren

Eine Frage der Zeit...



Zeit (Jahren): 10^5 10^4 10^3 10^2 10^1 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3}

permanent*	variabel	auslösend
------------	----------	-----------

* permanent aus menschlicher Sicht



Auslösefaktoren: Permanent

- **Endogene (Geologische) Faktoren** – „Geologische Geschichte“: Geologie, Tektonik (Verwerfungen, Falten, Überschiebungen, Brüche, Diskontinuitäten,...), Lithologie, Mineralogie (mikroskopische Gleitflächen)
- Hydrogeologie: Tiefenwasserströmung nur schwer zu beeinflussen (>> 100a)
- Geomorphologie: Hangneigung, Exposition

- Wesentliche Voraussetzungen für Sturzpotehtial
 - Beeinflussbarkeit (vgl. Zeithorizont) nicht gegeben
-



Auslösefaktoren: Variabel

Geologie

- Kontinentaldrift
- (Gravitativer)
„Stress“ aufgrund
von...

Hydrogeologie

Grundwasserspiegel,
Porenwasserdruck (Zunahme
Winterniederschläge +5%,
Starkniederschläge +,
Schmelzwasser,
Permafrostdegradation)

Geomorphologie

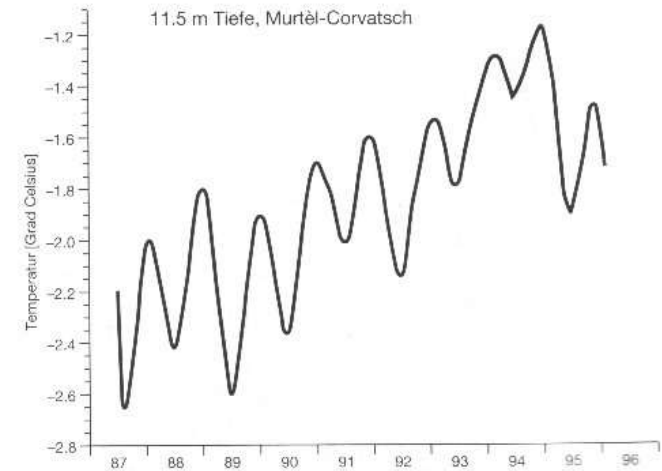
(Hangfußerosion&Übersteilung,
Verwitterungsprozesse
(Wasser+/Frostwechsel+),
Druckentlastungsverwitterung

Hydrologische

Faktoren (NS+ → Q+)



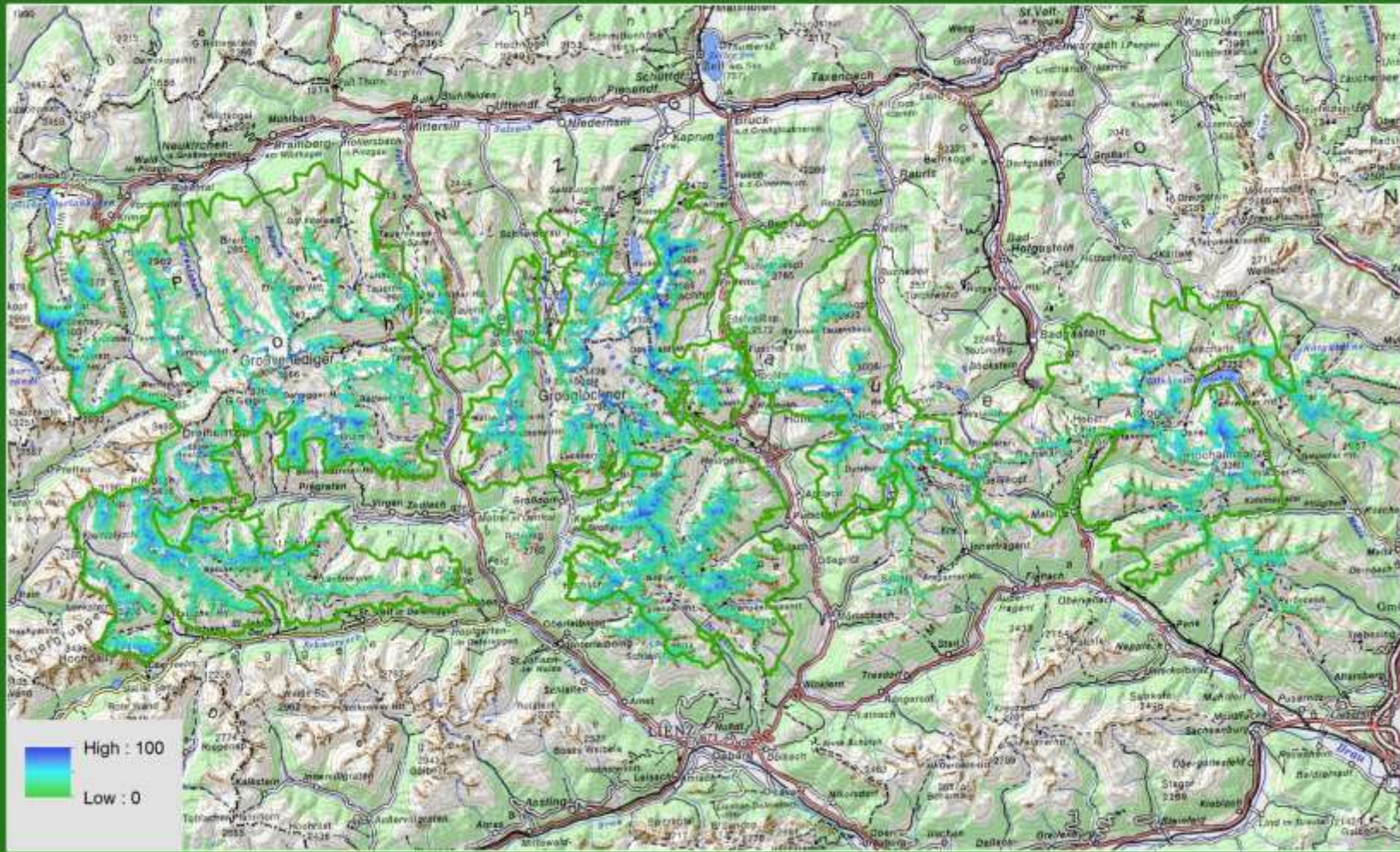
Variable Faktoren: Beispiel Permafrost





Permalp

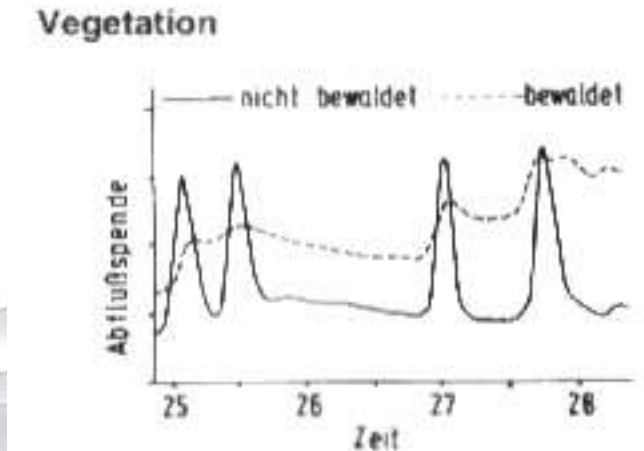
Permalp NPHT





Biologische Faktoren

Vegetation - Bsp. Wald

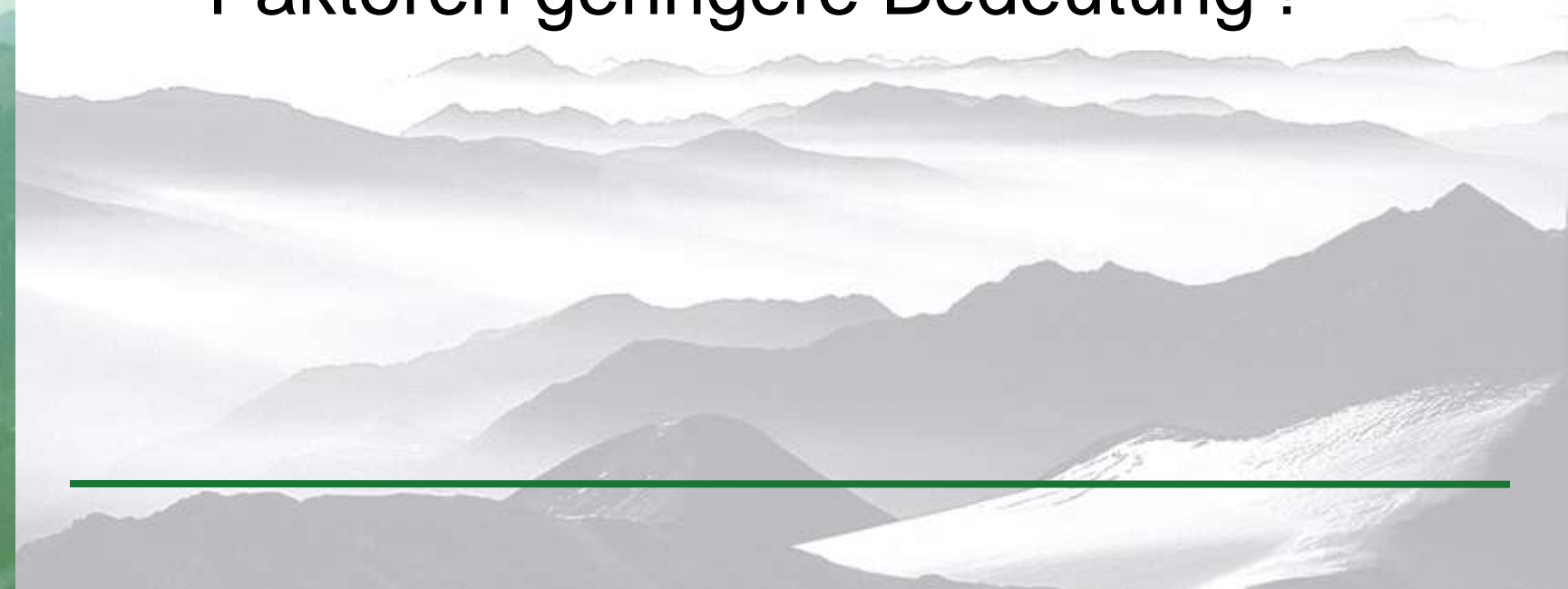


- Wirkung bei Starkniederschlag umstritten
- negativ: Gewicht (... Gravitation), Wirkung von Wurzeln (+/-), Äolische Energie



Voraussetzung: **kritischer Systemzustand !**

Zunehmende Ereignisgröße: exogene Faktoren geringere Bedeutung !





Auslösende Faktoren (2)

Geologie:

Erdbeben (Bsp.
Huascarán, 1970)

Hydrogeologie:

Porenwasserdruck

Geomorphologie:

Verwitterungsprozesse
(Congelifraktion,
Druckentlastungsverw.)

Permafrostdegradation

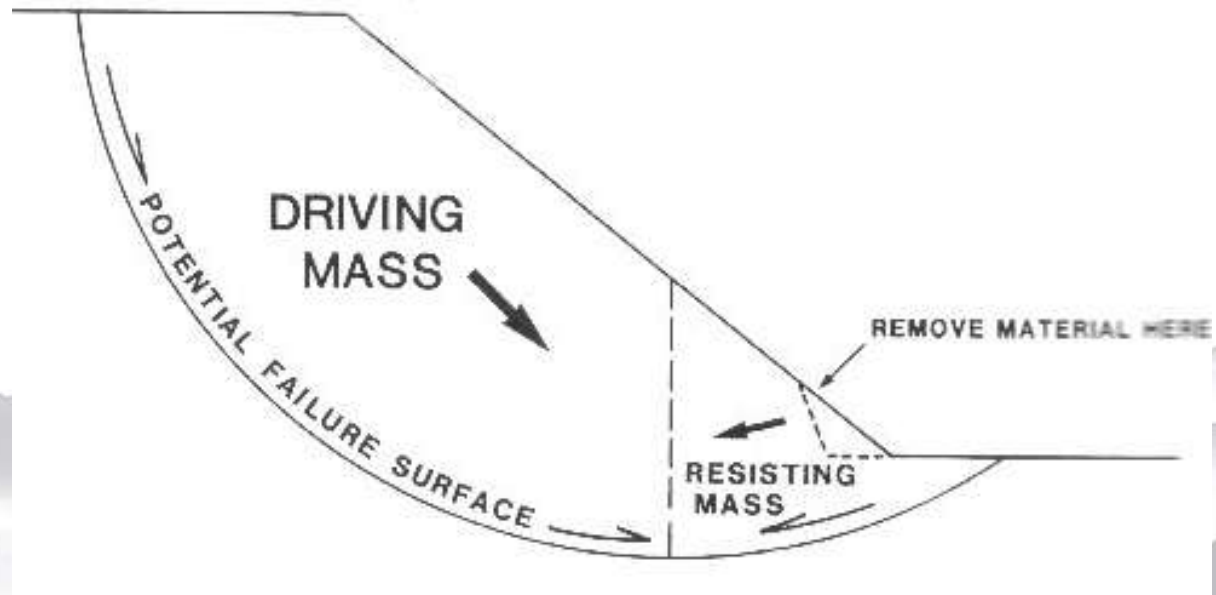
Hydrologie:

Hangunterschneidungen,
Porenwasserdruck
(NS-Entwicklung !)



Auslösende Faktoren (3)

Anthropogene Faktoren (Bautätigkeiten, Staudämme,...)





Murgang

- Hoher Wassergehalt (50%) stört Gefüge des Lockermaterials → Fließfähigkeit (v größer als bei H₂O!)
- Murkegel: unsortiert !
Unruhige Oberfläche, Kanäle
- Schnell ! (m/s)
- Auslöser !





„Bulldozer“ der Landschaft



- ... „Motor muss laufen“ – sich was bewegen → geomorph. Wirksamkeit
- Gletscher waren und sind DIE Landschaftsgestalter in den Alpen



Glazialmorphologie

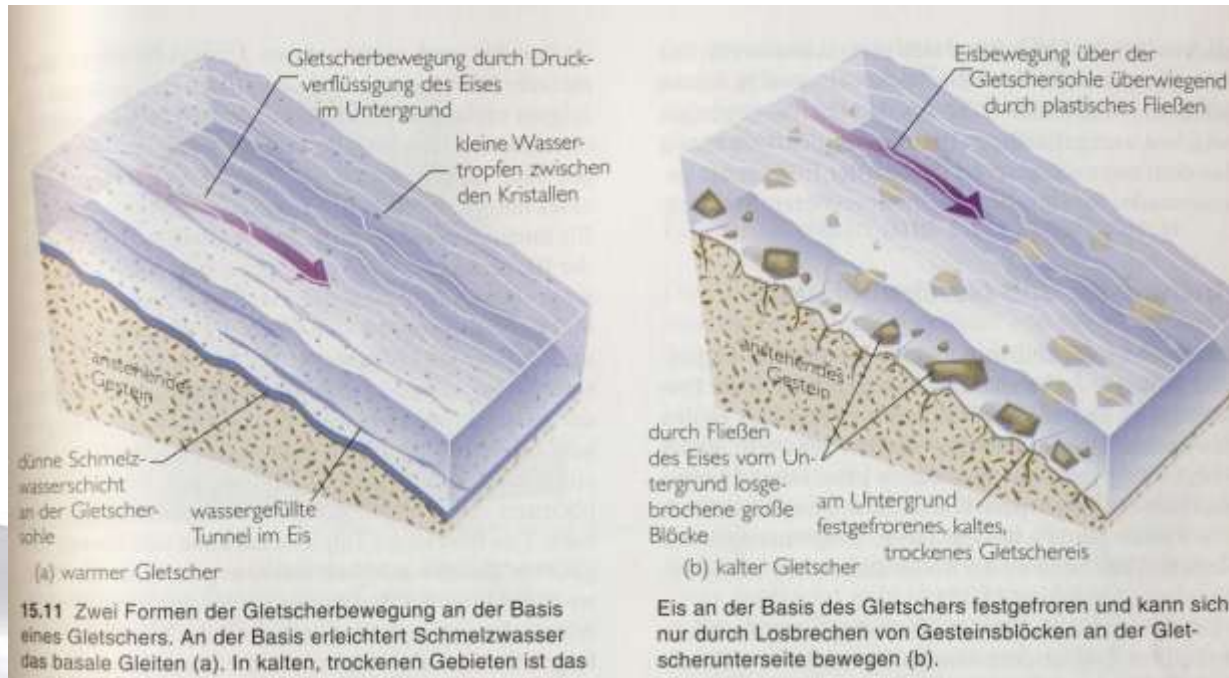
- Die Glazialmorphologie beschreibt und erklärt den Aufbau und die Entstehung der Oberflächenformen, die durch Gletscher und die Schmelzwässer eines Gletschers entstehen.
- **ABER: Gletschereis ist relativ „weich“** = gering erosiv. Die Erosionsarbeit leistet eingelagertes Gestein !
- Rahmenbedingungen für Glazialerosion:
 - Hartes, eingelagertes Gesteinsmaterial
 - Warmer (temperierter) Gletscher





Gletscherbewegung

- „Motor“ der Prozesse – Gleiten und Fließen



- Warme Gletscher:
 - **Druckschmelzpunkt:** ganzjährig flüssiges Wasser an Basis
 - Eis kann trotz niedriger Temperaturen bei ausreichend hohem Druck verflüssigt werden



Blick darunter

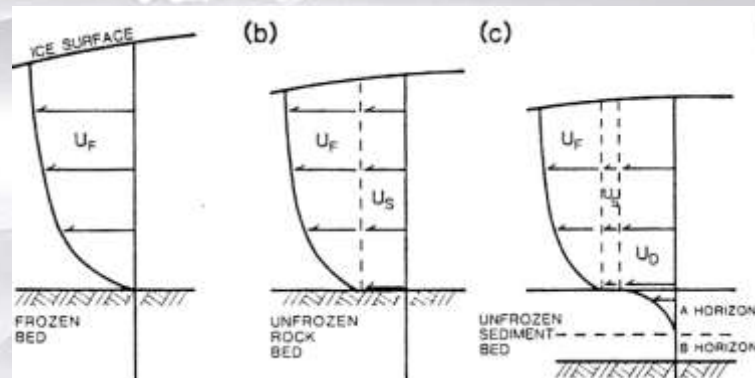
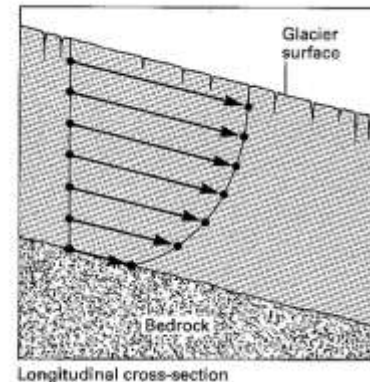
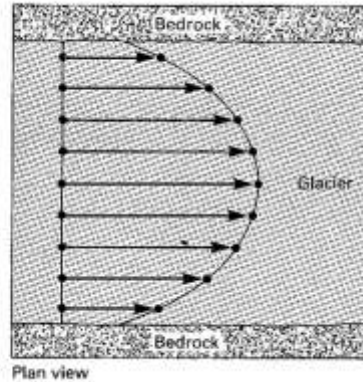




Gletscherbewegung

- Talgletscher gem. Breiten: Im mittleren Bereich v-max. – zur Basis und Talhängen v geringer

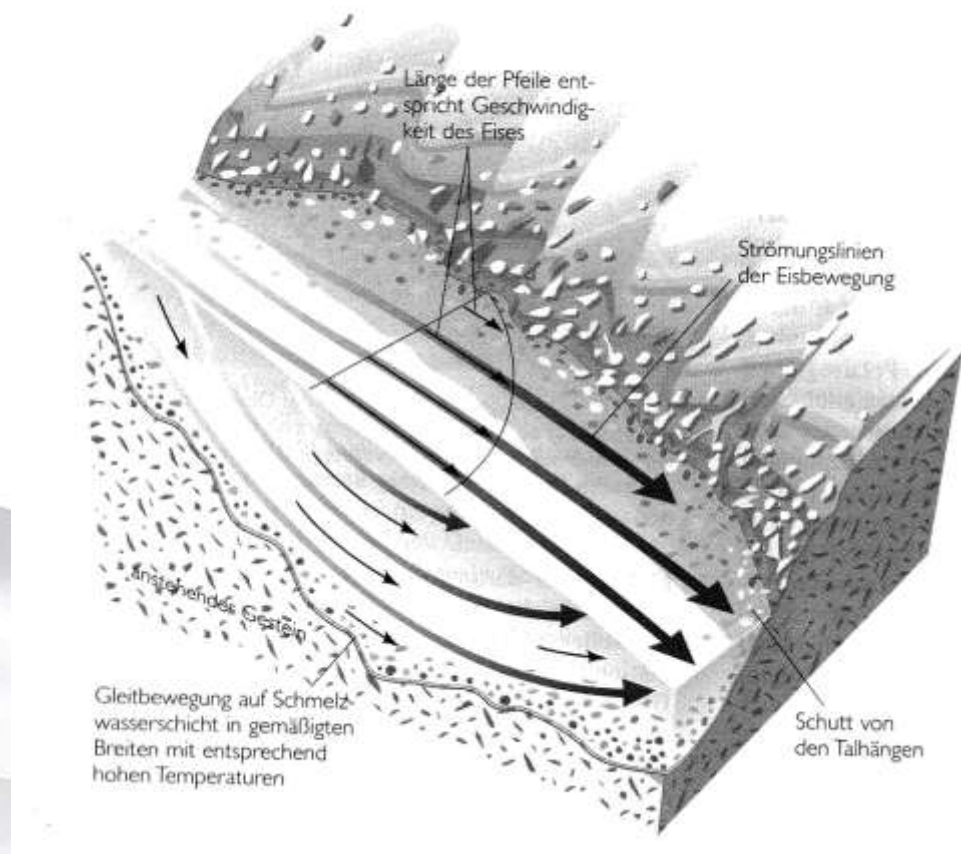
Ice flows by internal deformation. The arrows depict the distance particles will travel over a period of several years. Those in the centre and in the upper part of the glacier travel the furthest.





Was fließt Wohin ?

- Bewegungsvektoren im Gletscher



Quelle: Press/Siever – Allgemeine Geologie



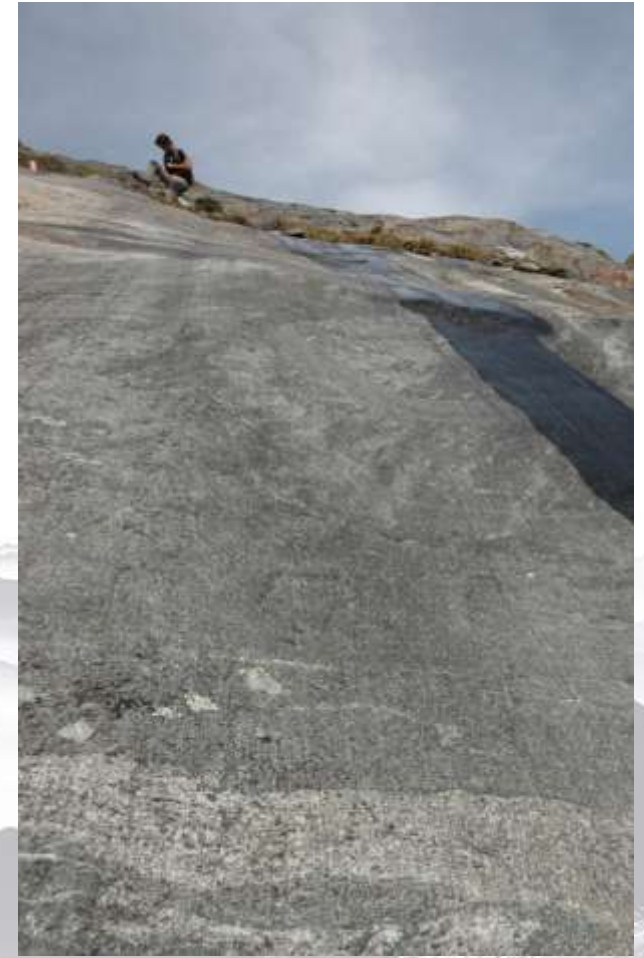
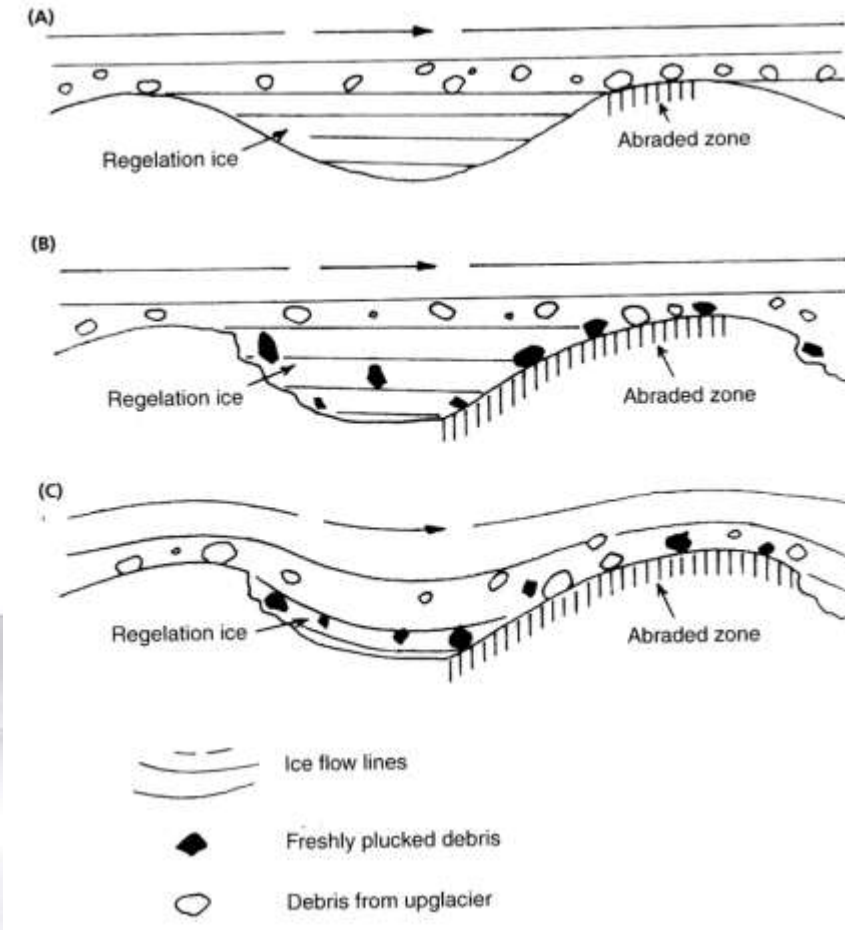
Glaziale Erosionsprozesse

- große Mengen Sediment werden abgetragen und ins Eis „eingebaut“
 - **Abrasion** (=Scouring): „Abschleifen“ des Untergrunds durch eingeschl. Sediment → glatte Oberflächen mit Kritzern
(Rolle f. Clay-sized Sedimenten → Gletschermilch)
 - **Plucking**: anfrieren von basalem Eis Lee-seitig → Herausreißen von Gestein
 - **Exaration**: Im Bereich der Gletscherstirn wird Lockergesteinsuntergrund ausgeschürft und zusammen geschoben



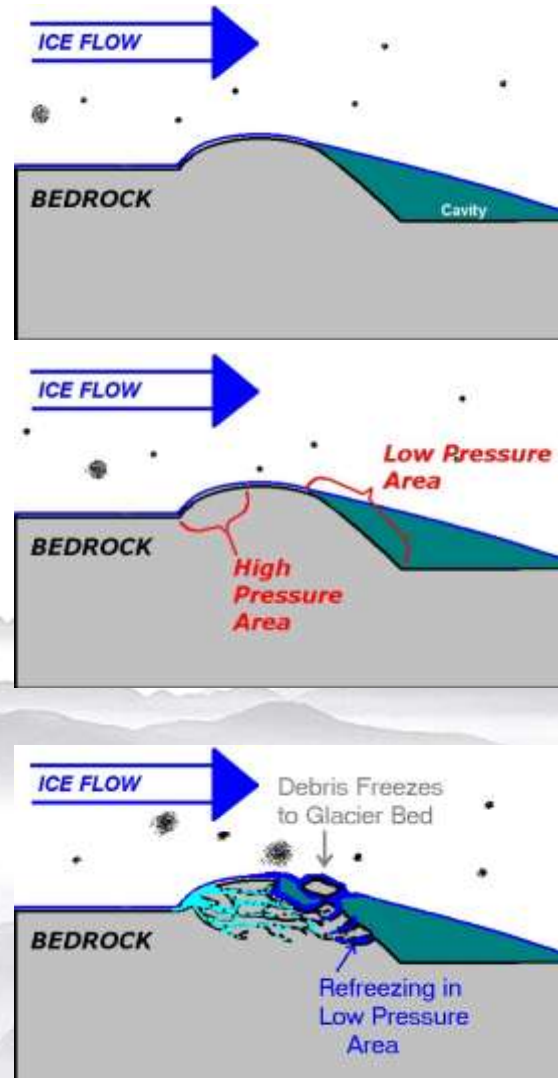


Abrasion (Deterasion)



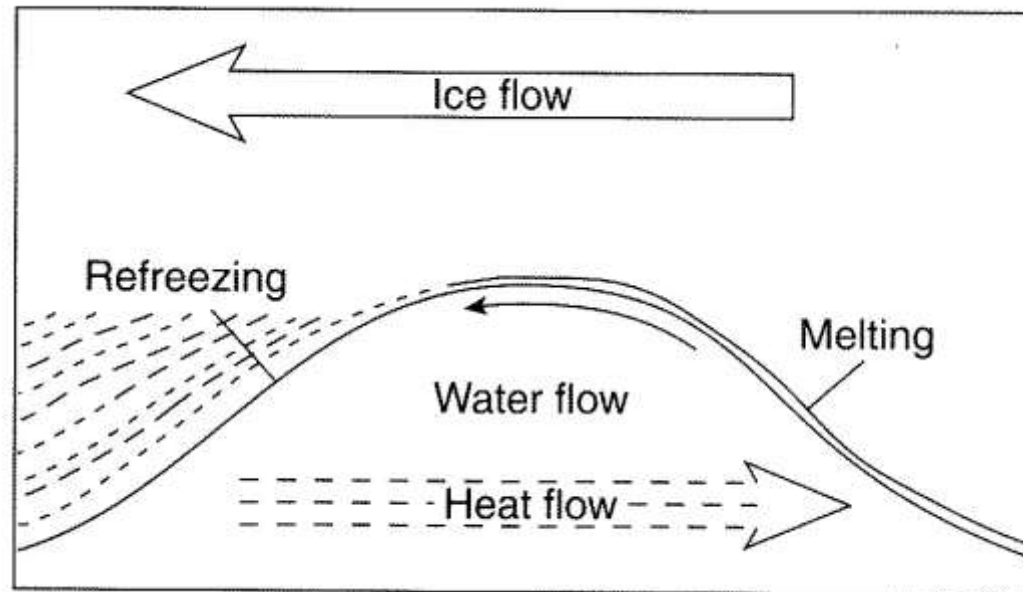


Plucking





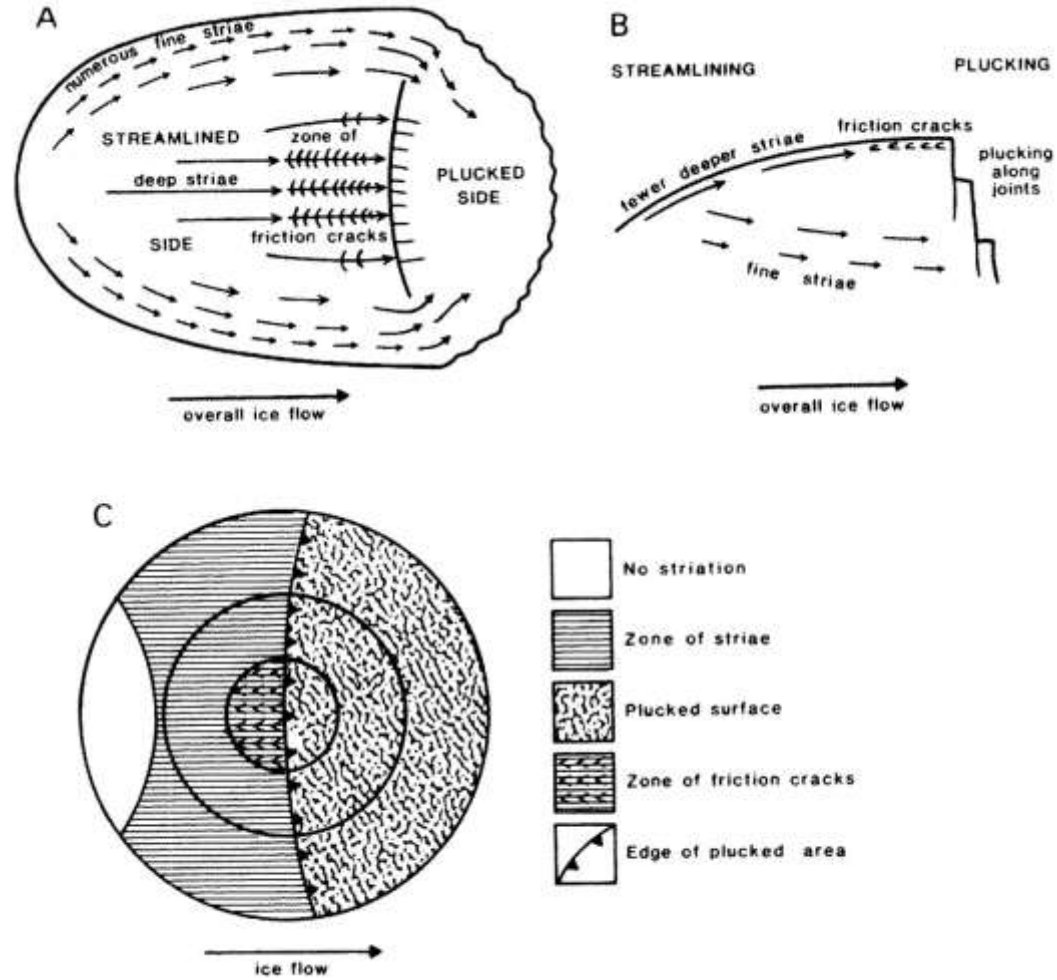
Plucking – Regelation



Regelation: Die Regelation bewirkt die Verflüssigung des Eises bei Druckzunahme und das Wiedergefrieren bei Druckabfall.



Detersion und Detraktion





Gletscherschliff





Gletscherschliff





Sichelausbrüche





Wie kommt das Sediment in/auf den Gletscher ?

- Glazialerosion
 - Plucking
 - Abrasion
- Von angrenzenden Hängen durch Steinschlag, ...
 - Steinschlag → Ursache: Congelifraktion (Frostsprengung)





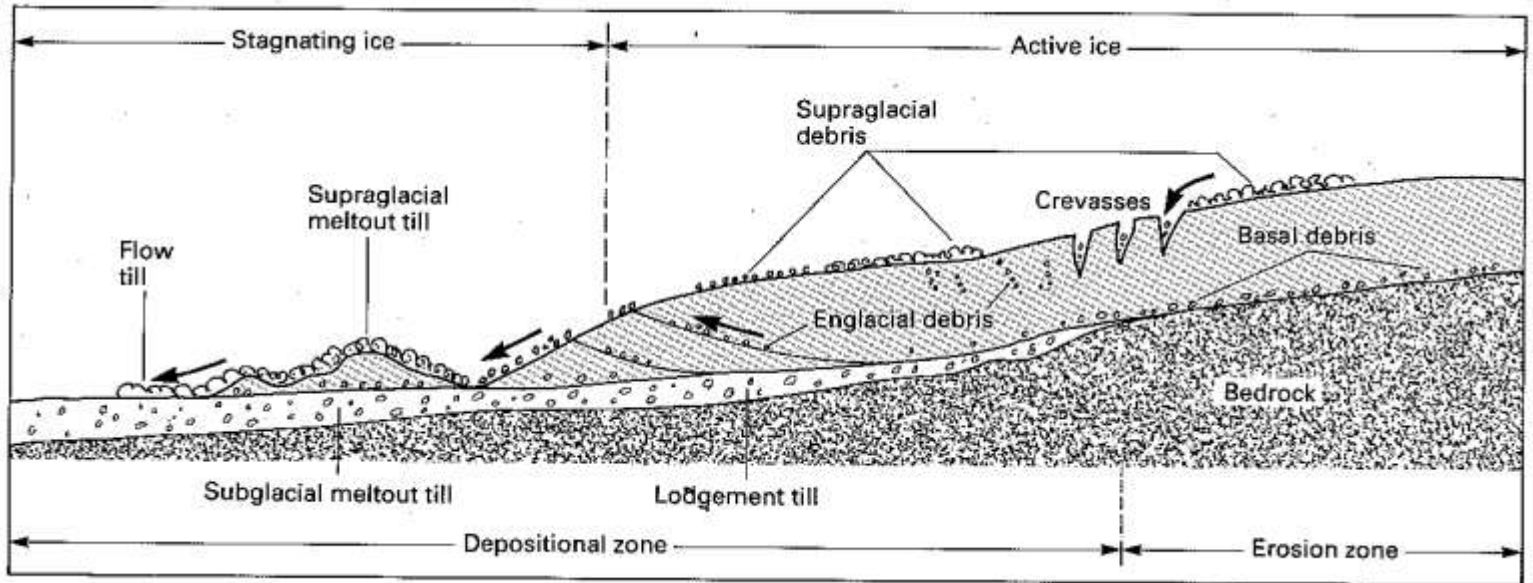
Materialtransport im Gletscher

- Begriff Moräne: im dt. sowohl Begriff für Material im Gletscher (Moränenmaterial) als auch für Ablagerungsformen !!!
 - Grundmoränenmaterial
 - Untermoränenmaterial
 - Innenmoränenmaterial
 - Obermoränenmaterial
- Beachte: Im Ablationsgebiet dominiert Obermoränenmaterial – im Akkumulationsgebiet herrscht Innen- und Untermoränenmat. vor

Bewegte Moränen ← → Abgelagerte Moränen



Wo passiert Was ?



Quelle: Benn & Evans



Moränen

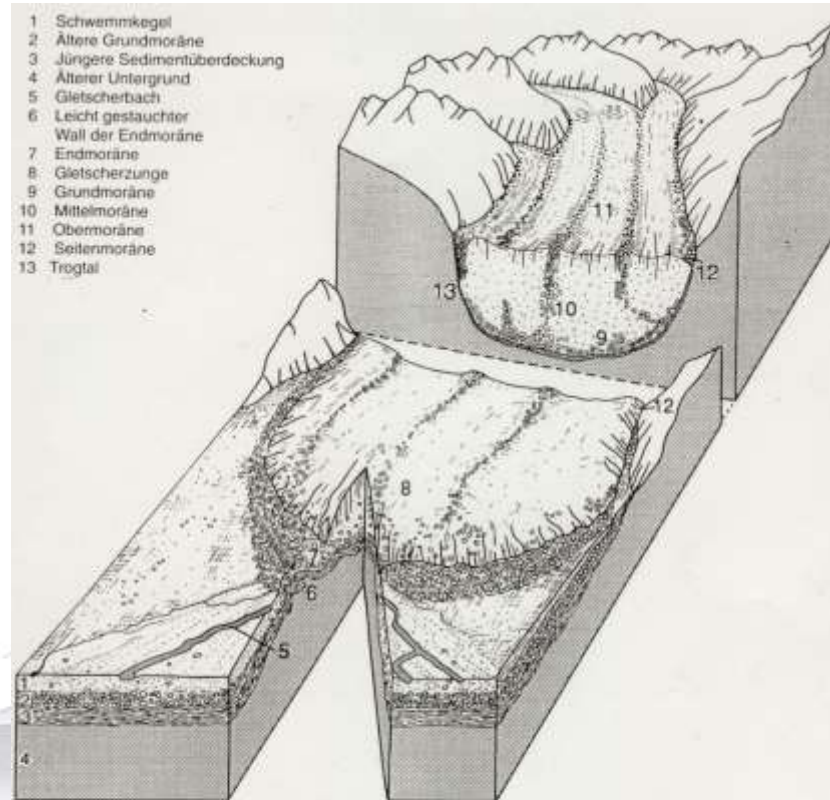


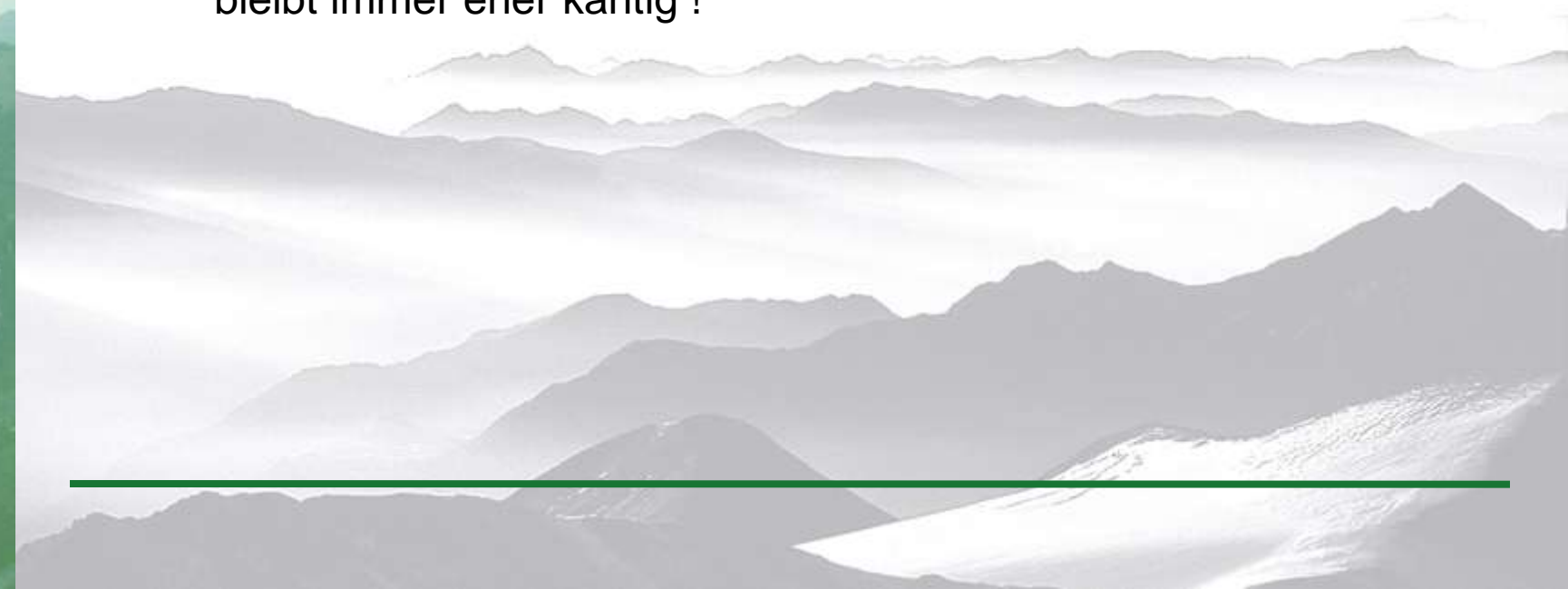
Abb. 41: Moränen in und um einen Gletscher

Es handelt sich um einen Gebirgsgletscher, dessen Zunge im Vorland liegt. Vor der Endmoräne (7), die sich auf einem älteren - z.B. präpleistozänen Untergrund (4) mit jüngerer Sedimentüberdeckung (3) abgelagert hat, breitet sich ein Schwemmkegel (1) aus, der hier auf einer älteren Grundmoräne (2) lagert. Der Schwemmkegel wird von einem Gletscherbach (5) zerschnitten. Die Endmoräne ist in zwei Wälle gegliedert, deren erster (6) beim Vorrücken des Gletschers leicht gestaucht wurde. Die Gletscherzunge (8) ist mit Schutt überdeckt. Der Gletscher wird von den Seitenmoränen (12) eingeraht und von der Grundmoräne (9) unterlagert. Die Obermoräne (11) kann sich aus zwei vereinigenden Seitenmoränen bilden. Reicht die Obermoräne in den Gletscherkörper hinein, bezeichnet man sie als Mittelmoräne (10). Im Gebirge hat der Gletscher ein Trogtal (13) geschaffen. (Orig. H. LESER)



Obermoränen

- Verwitterungsmaterial von felsigen Erhebungen um den Gletscher
- Dominierende Prozesse: Steinschlag (durch Frostsprengung, Auftauprozesse), Lawinen, Murgänge, ...
- Eher „kantiges“ Material
- Können Gletscher tlw. vollständig bedecken !
- **Oberhalb Schneegrenze:** sukzessive Einbettung – Material bleibt immer eher kantig !



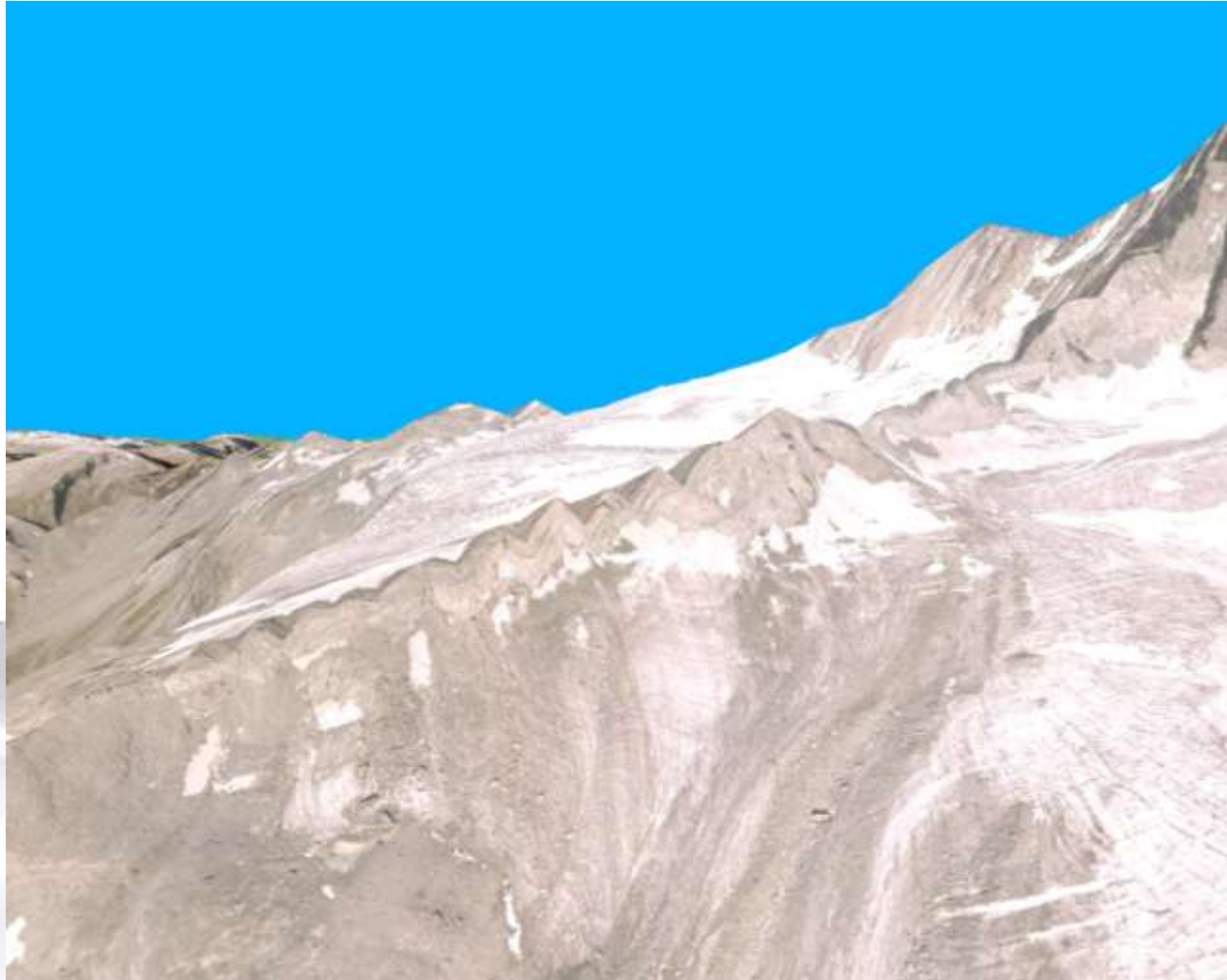


Obermoränen



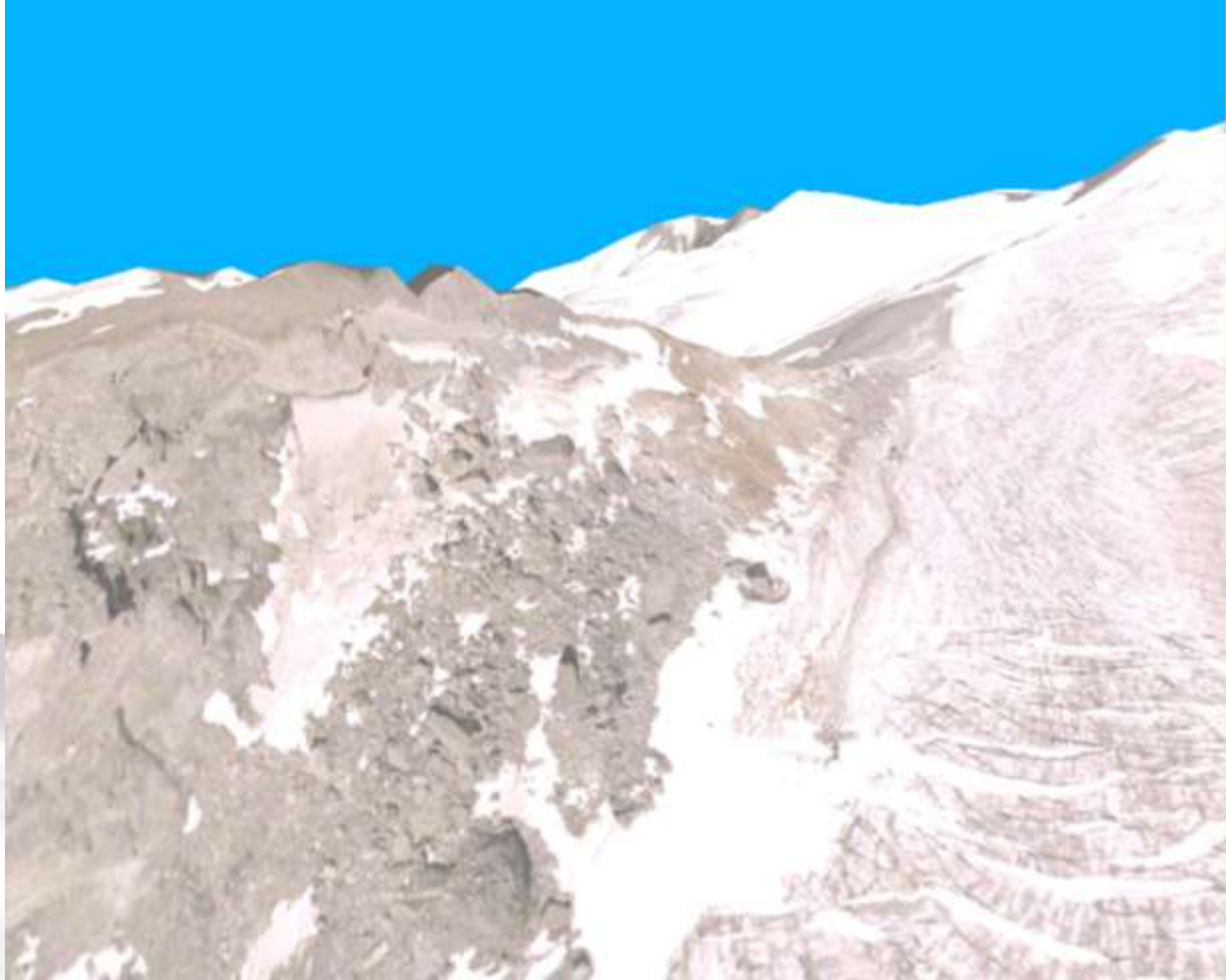


Obermoräne (Ködnitzkees)





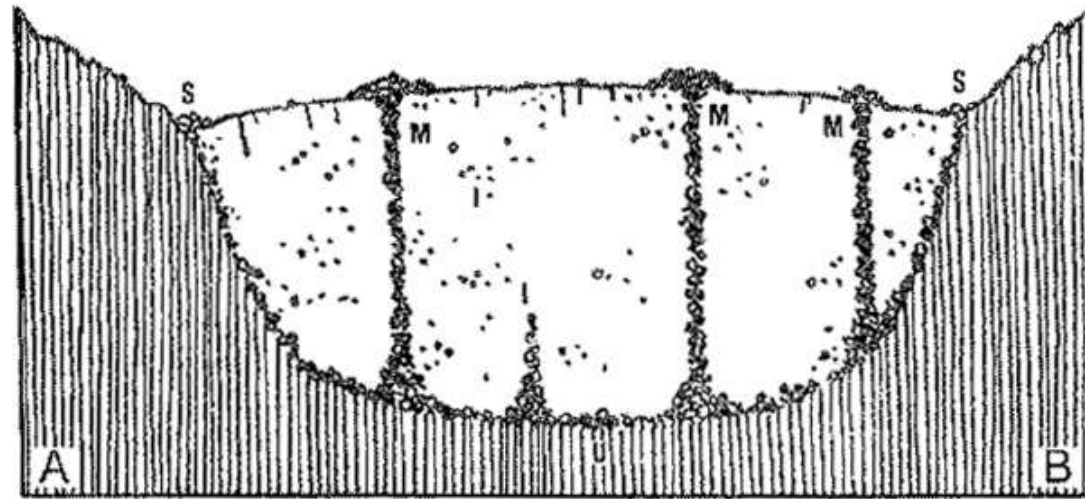
Teischnitzkees





Innenmoräne

- Vgl. Obermoräne: Geschieht dieses Ansammeln von Gesteinsbruchstücken oberhalb der Schneegrenze, so wird die Obermoräne immer tiefer im Schnee bzw. Firn eingebettet. Sie wird zur Innenmoräne.
- Innenmoräne kaum durch das Eis bearbeitet und daher in der Regel kantiger Schutt.



Quelle: Zepp (2004)



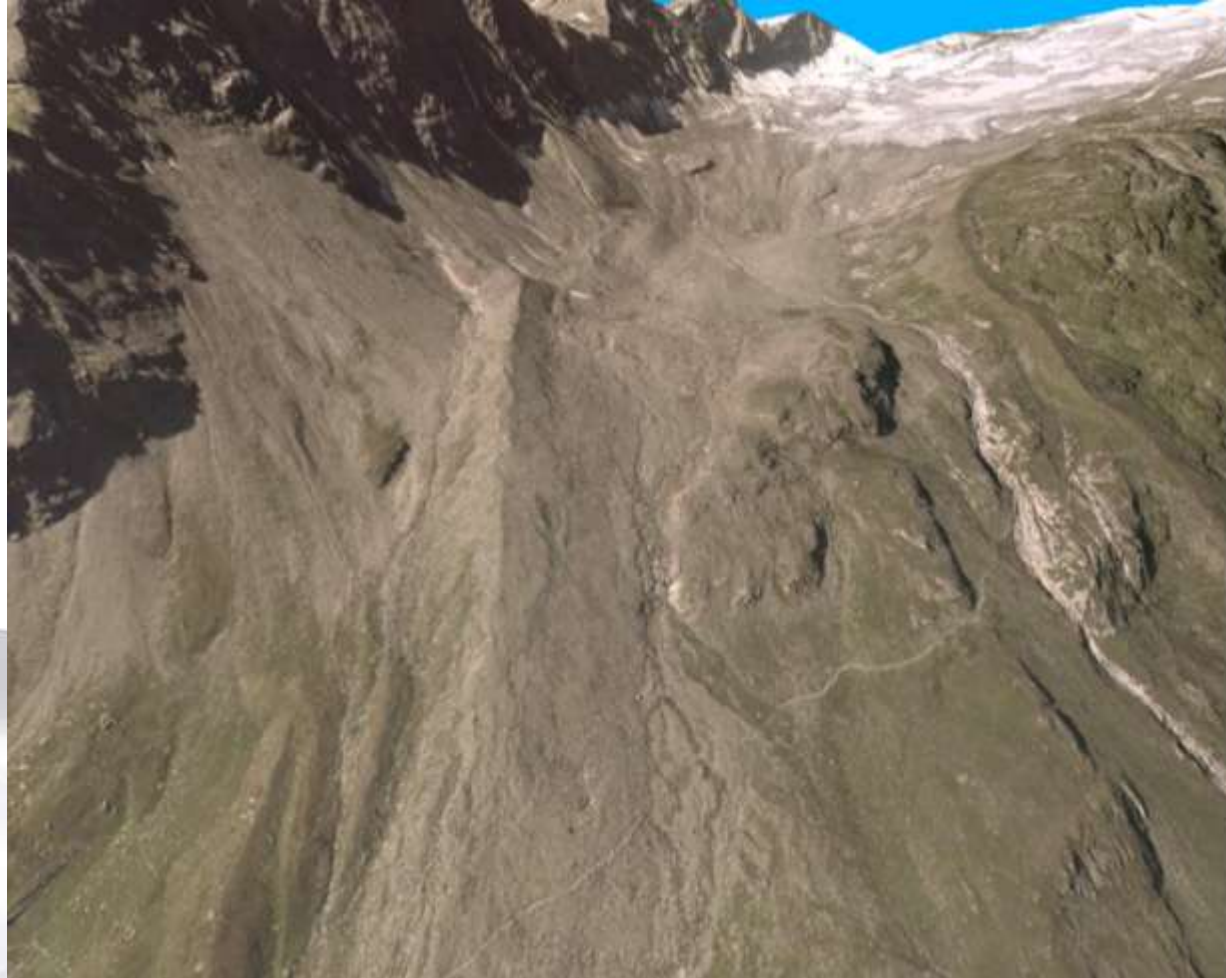
Seitenmoräne

- An der Seite mitgeführt oder abgelagert !
- Achtung: Oft Verwechslung mit **Ufermoräne** – diese sind höherliegende gletscherwandparallele Wälle (ältere höhere Eisstände)
- Konfluenz zweier Seitenmoränen: Mittelmoräne





Seitenmoräne (Frossnitzkees)





Seitenmoräne (Auge Gottes)





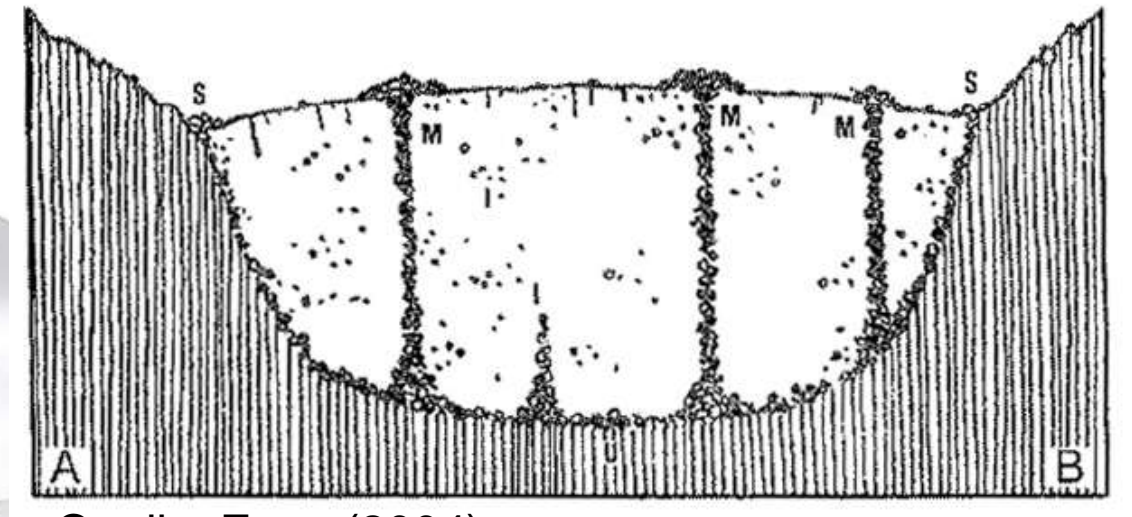
Seitenmoräne





Untermoräne

- Materialtransport an der Gletscherbasis
- Starke Beanspruchung – abgeschliffen/geritzt
- Je länger Transportweg, desto stärker zerkleinert – Kantenrundung und Kritzer
- Verwechslung mit Grundmoräne !

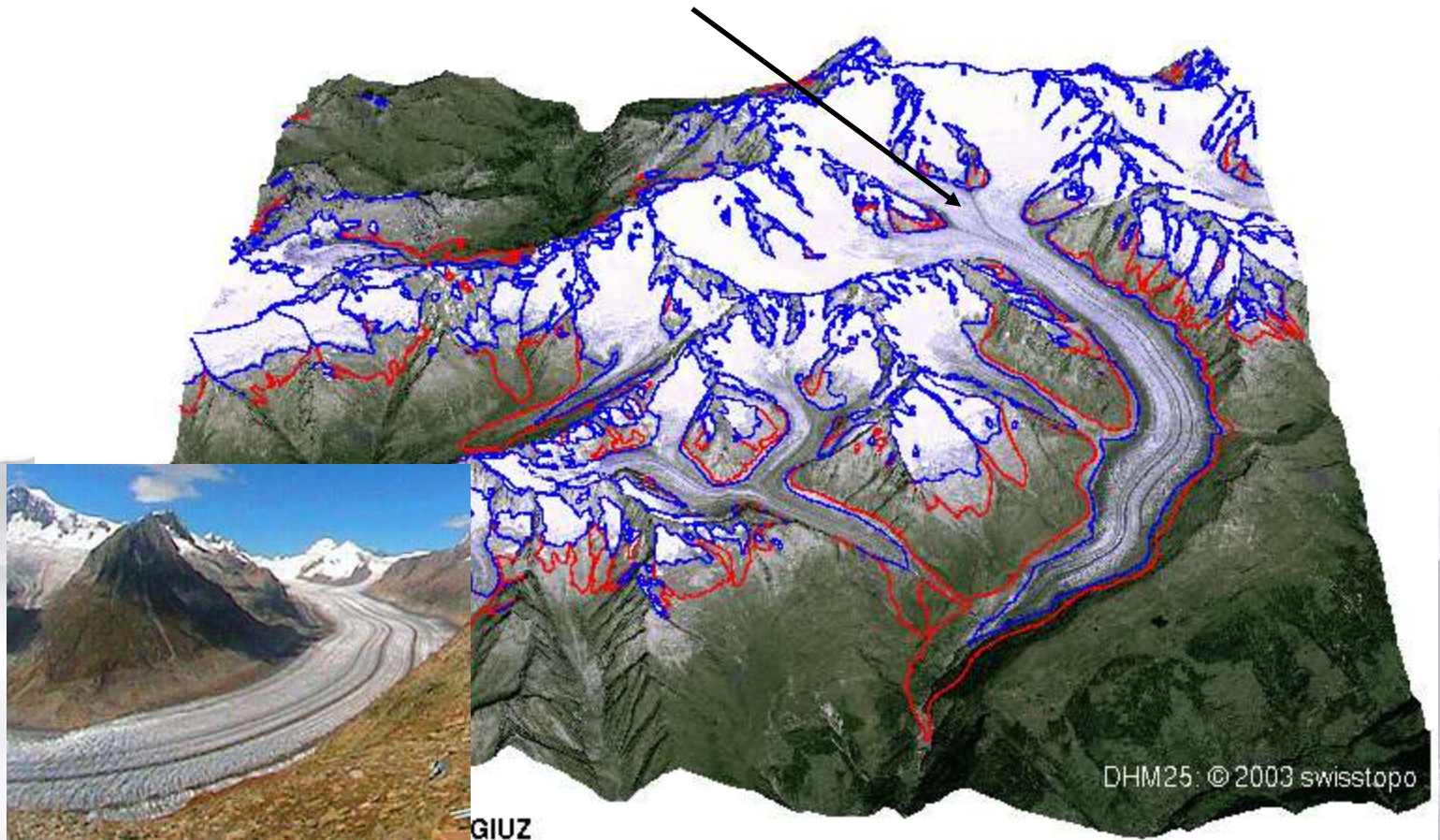


Quelle: Zepp (2004)



Mittelmoräne

- Entstehung durch Konfluenz zweier Gletscher (Seitenmoränen)





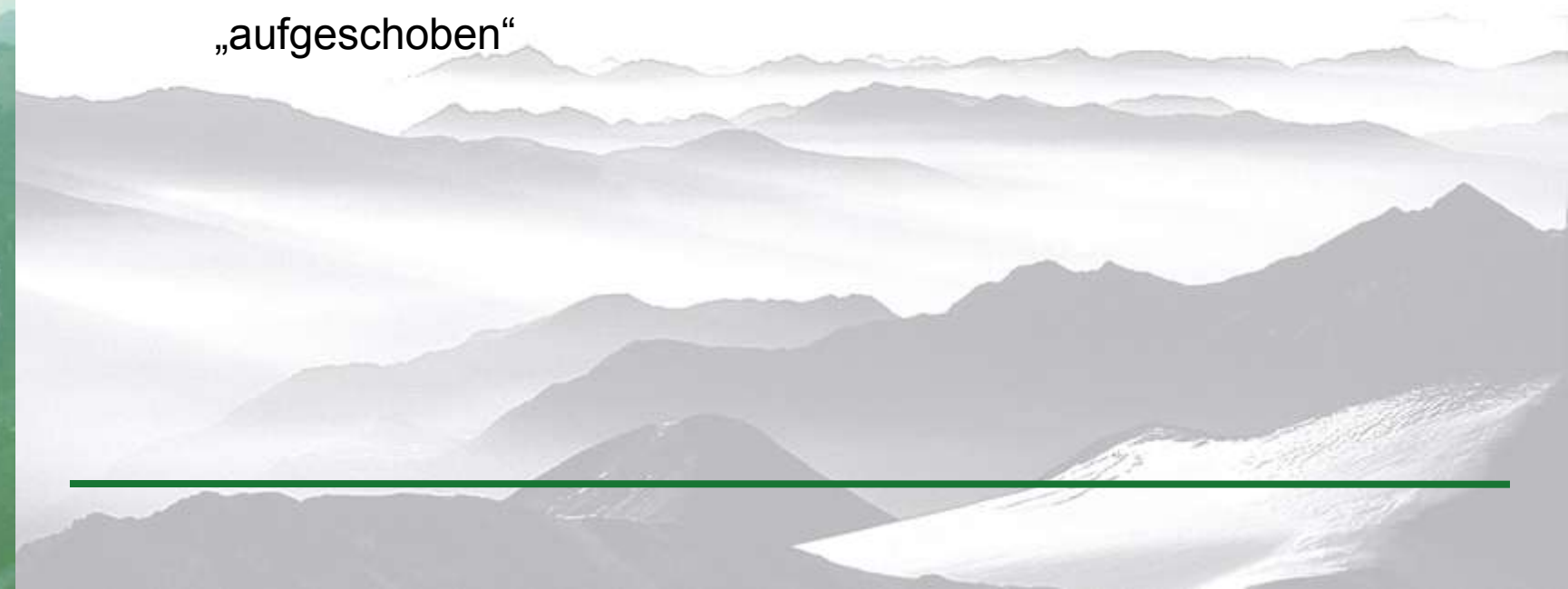
Grundmoräne

- Vorwiegend aus dem Material der Untermoräne und Innenmoränen aufgebaut
 - Ablagerung der Grundmoräne bei Stillstand des Gletschers
 - Oft unklare Abgrenzung zum Begriff Untermoräne – Grundmoräne quasi die abgelagerte Untermoräne
 - Ablagerung erfolgt unter dem *bewegten* Gletscher, wenn **Erosion < Ablagerung** (Mulden, Gletscherende). Abschmelzendes Eis (Druckschmelzen, Erdwärme, Reibungswärme) lässt Gesteinspartikel austauen (*subglacial melt-out till*), welche weitergeschoben und unter Druck bearbeitet werden. Wenn das Material eine gewisse *Mächtigkeit* erreicht, bleibt es infolge der *Reibungszunahme* liegen.
 - Begriff „Gchiebemergel“ (Till – Subglacial meltout-till)
-



Endmoräne

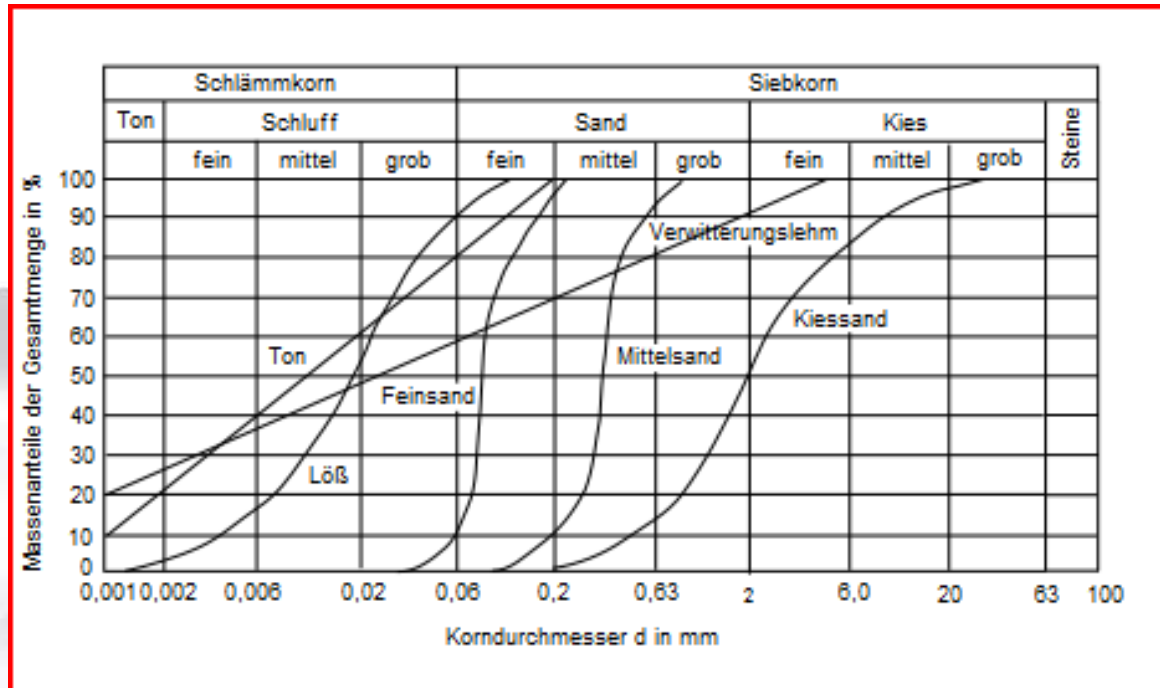
- Am Ende eines Gletschers (Stirn)
- Kennzeichnet max. Vorstoß oder Stillstand
- **Satzendmoränen**
Sukzessiv am Gletscherrand ausschmelzendes Geschiebe.
Durch Schmelzwasser oft Materialsortierung → grob
(„Blockpackung“)
- **Stauchendmoränen**
Durch Druck eines vorstoßenden Gletschers – Material wird
„aufgeschoben“





Moränenmaterial

- **Korngrößengemisch** – vom Ton über Sand bis zu großen Blöcken !
- Meist **ungeschichtet** und **unsortiert** (Cave! Fluviales Geschiebe)
- **Kantig – Katengerundet**, Kritzer (vgl. Moränen)





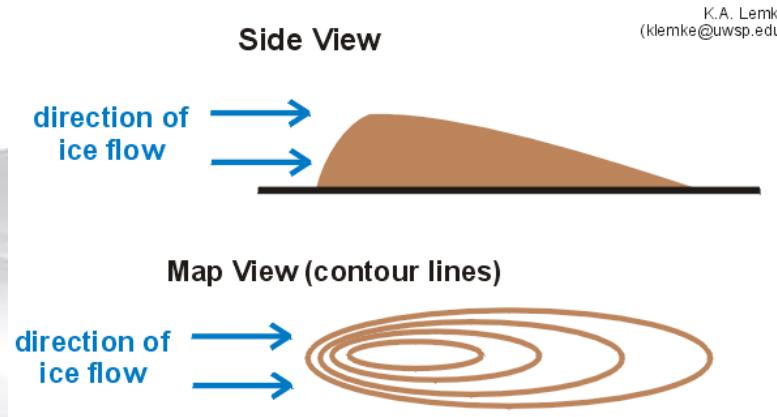
Moränenmaterial





Drumlins

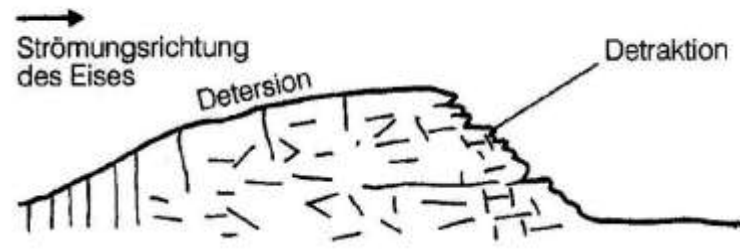
- = „Rücken“ – längliche Hügel
- Entstehung im Ablationsgebiet (Zehrgebiet) aus Grundmoräne
- Tropfenförmiger Grundriss – Längsachse in Fließrichtung; bis mehrere km Länge – Breite $\sim 1/3$ bis $1/4$ der Länge; Höhe bis 70m
- Material meist Grundmoränenschutt und tlw. „Bedrock“





Rundhöcker (Roches moutonnées)

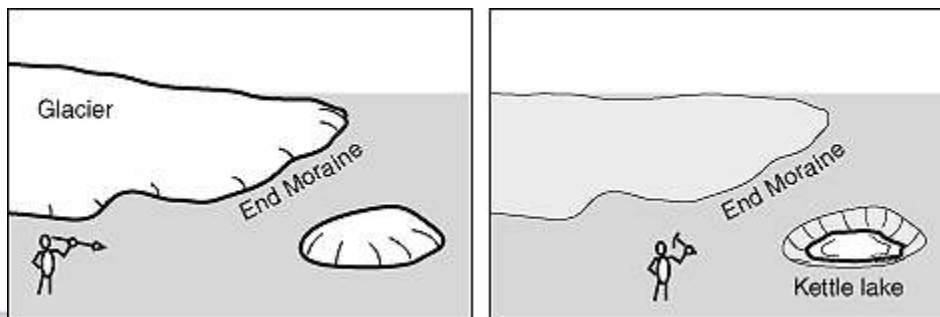
- Aus anstehendem Gestein (Bedrock)
- Luvseitig flach, geschliffen mit Kratzern durch Detersion (**Druckschmelzpunkt**) jedoch Leeseitig rau und steiler (Treppe) durch Regelation (→ Detraktion !)





Toteis/Toteislöcher

- Toteis: Eisblöcke ohne direkte Verbindung zum Gletscher - „Rückbleibsel“ durch ungleichm. Abtauen.
 - Überdeckung durch Sedimente (Schmelzwasser - Sand) - Konservierung.
- Toteislöcher: Abtauen der überdeckten „Eiskerne“ – Nachsinken des Bodens.

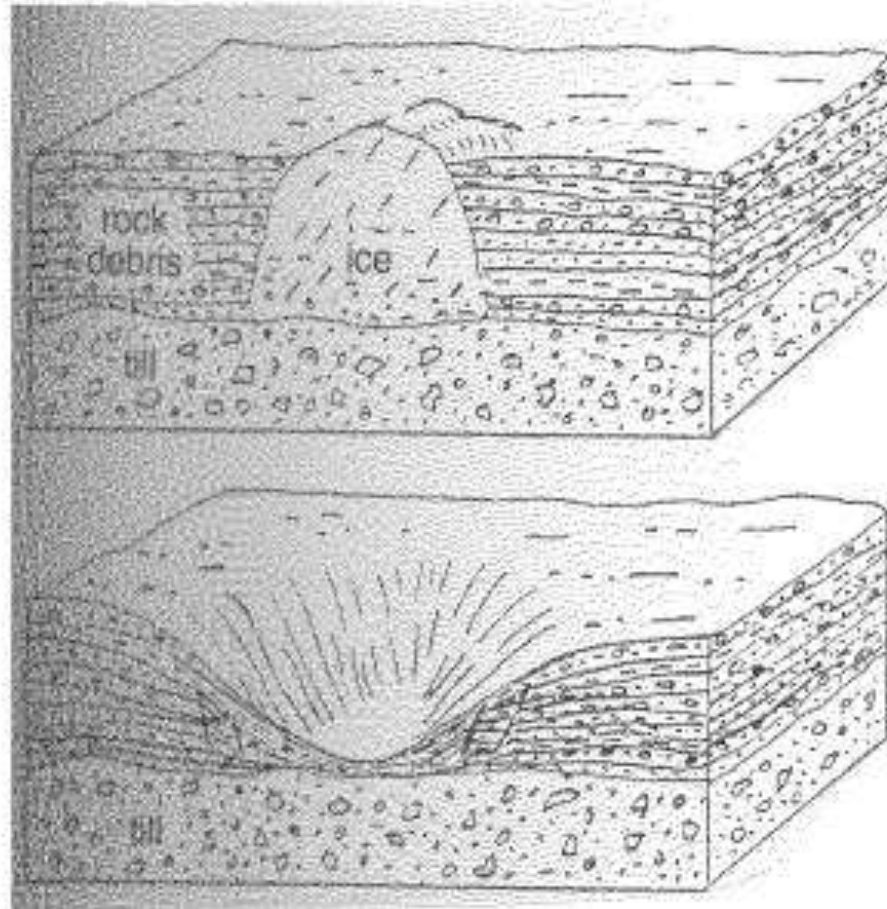


•Quelle: NOAA





Toteislöcher



•Quelle: Illinois State Geology



Gletschertische





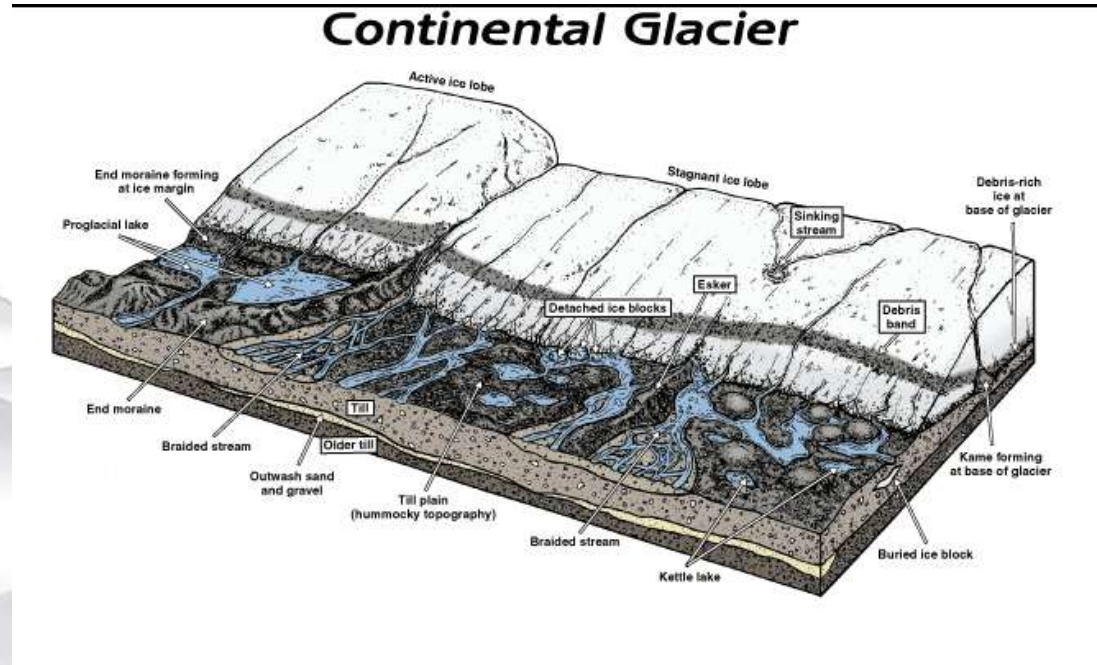
Gletschertische





Ablagerungen durch Gletscherwasser

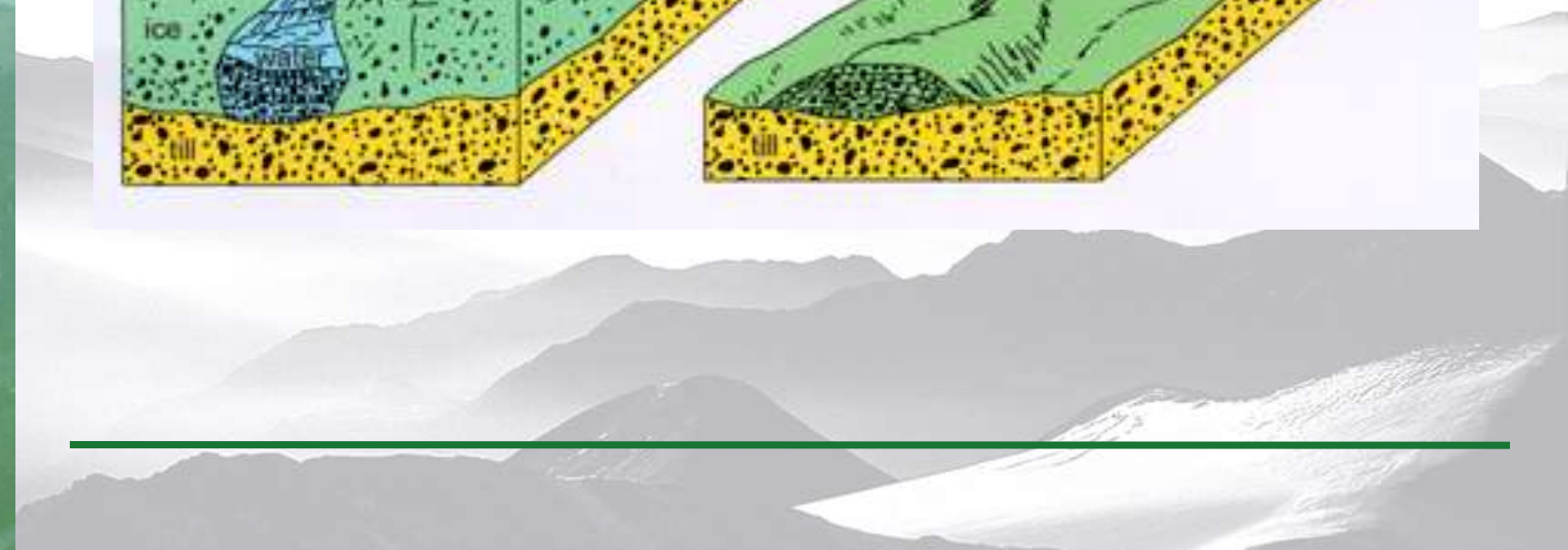
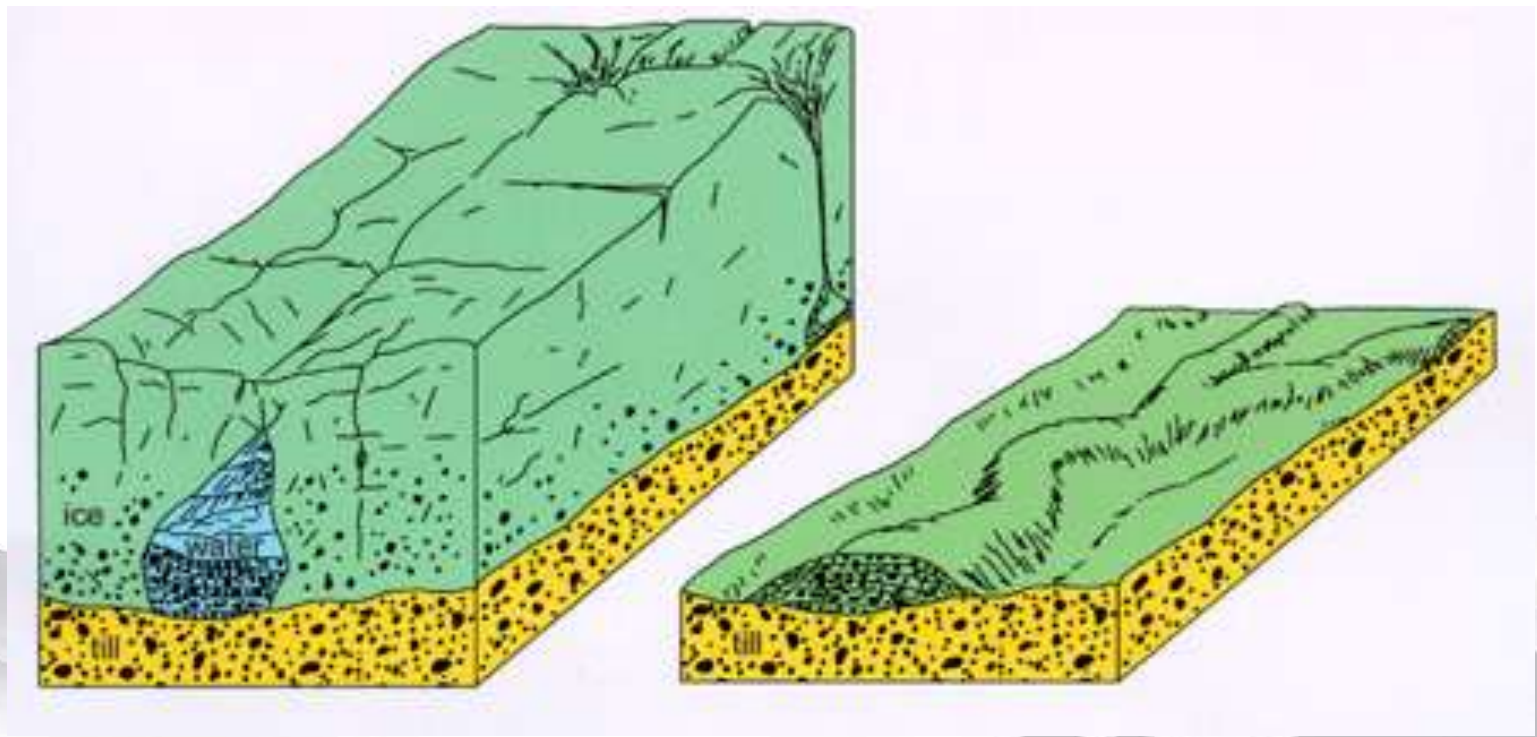
- Glazio-fluviale Ablagerungen
- Schmelzwasser durchbricht Moränen → Materialsortierung !
- Formen
 - Oser
 - Kames
 - Sander



Quelle: Illinois State Geology



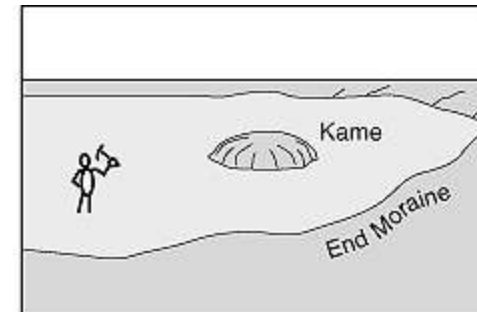
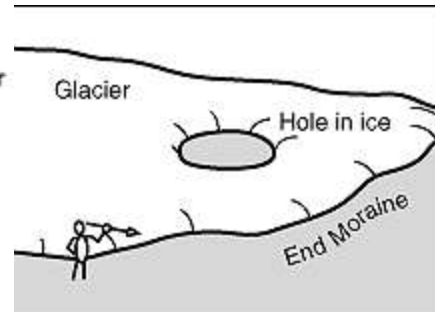
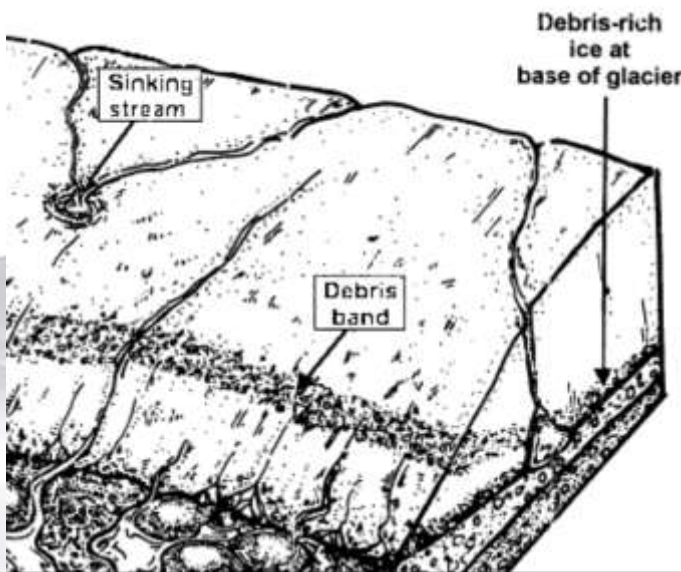
Os





Kames

- Erhebung aus Lockermaterial innerhalb von glazialen Aufschüttungslandschaften durch Ablagerung des Eises und der Schmelzwässer am Widerlagern (Toteis, Gegenhänge)
- Kames – Os ? Kames sind eher rundlich oder unregelmäßig und kuppig (weniger Damm/Wallform)



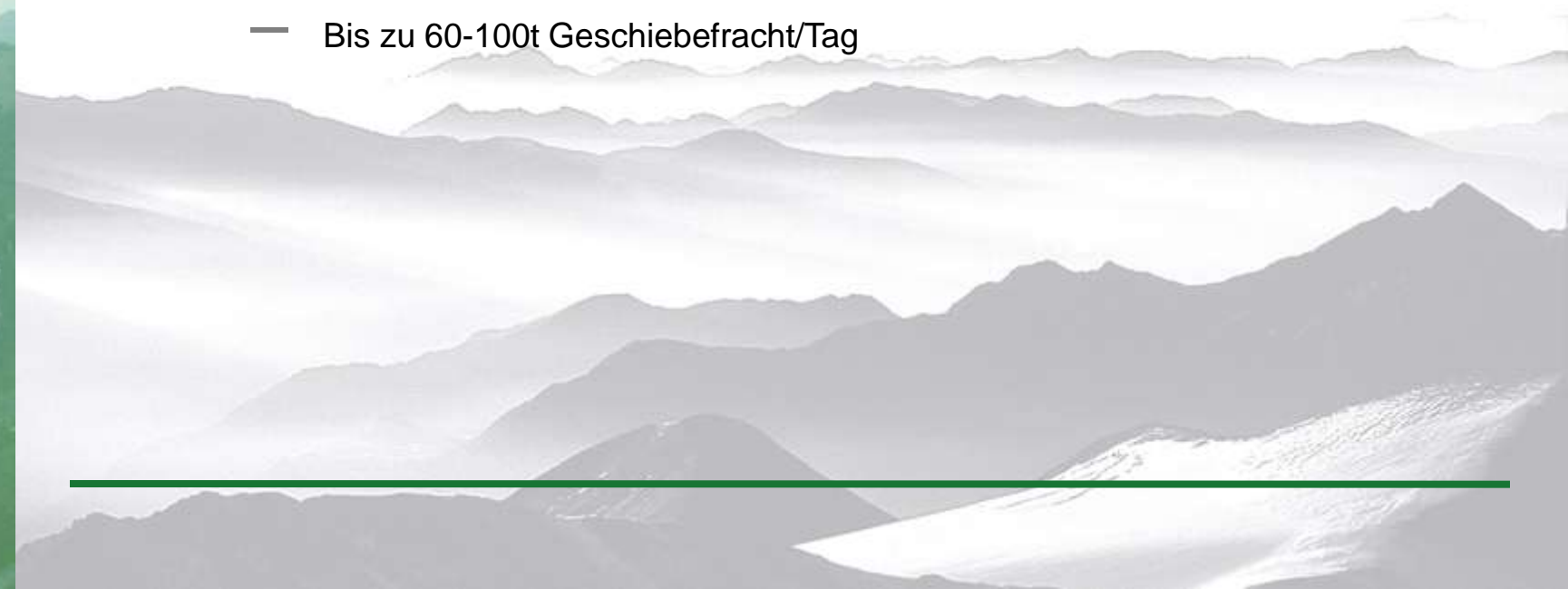
•Quelle: NOAA

•Quelle: USGS



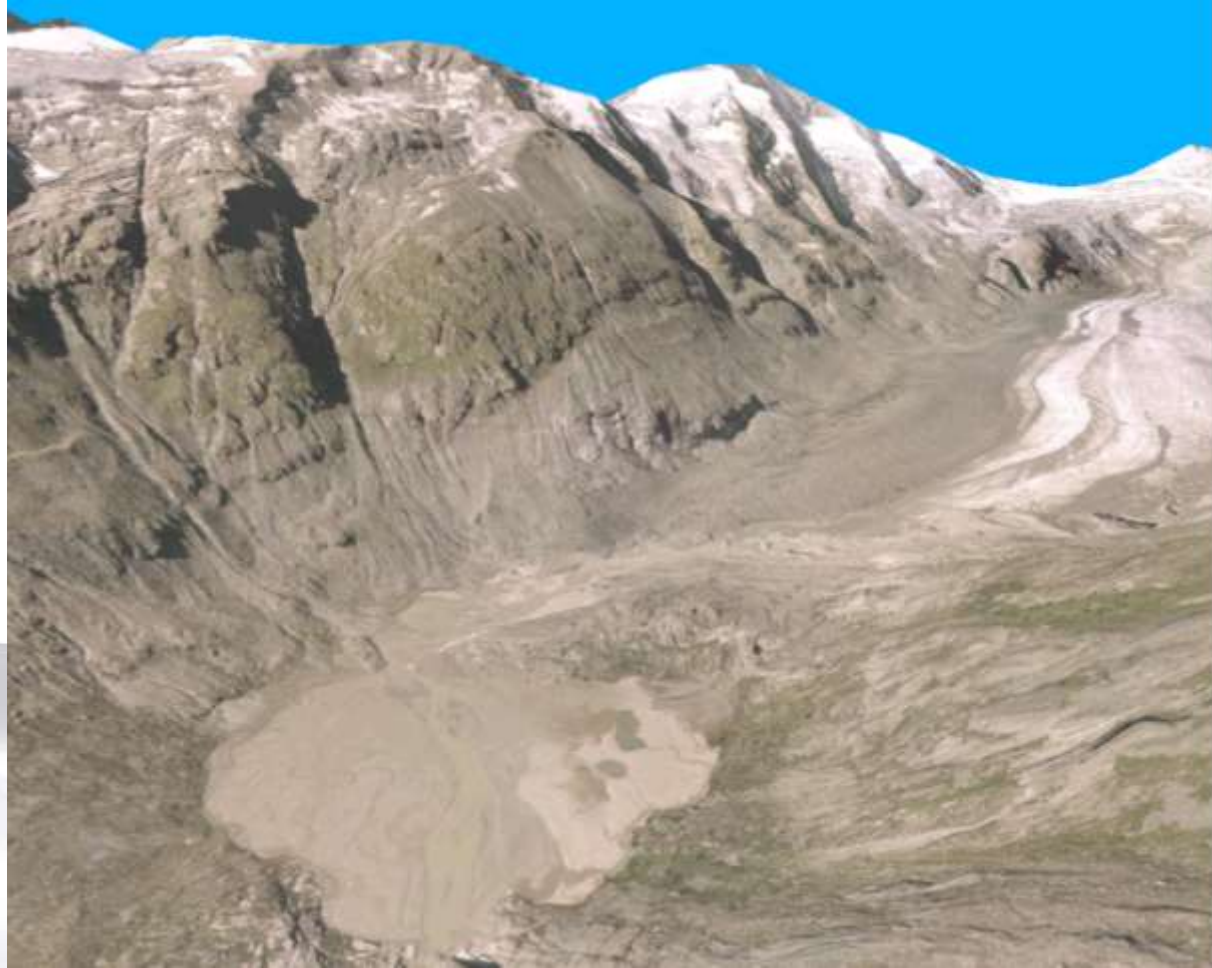
Sander

- Schwemmfächer glaziofluvialen Ursprungs – die subglazialen Abflüsse transportieren Moränenmaterial mit und lagern es im Gletschervorfeld ab. Von Sand- bis zu Schotterflächen
- Abhängig von Schmelzwasserführung (Abfluss) – Sommermonate !
- Teilweise Ausrichtung des Geschiebes (Imbrikation)
- Vorfeld der Pasterze !
 - Sommer: $> 20\text{m}^3/\text{sec}$
 - Bis zu 60-100t Geschiebefracht/Tag





See im Vorfeld mit Sander (Gr. Glockner)





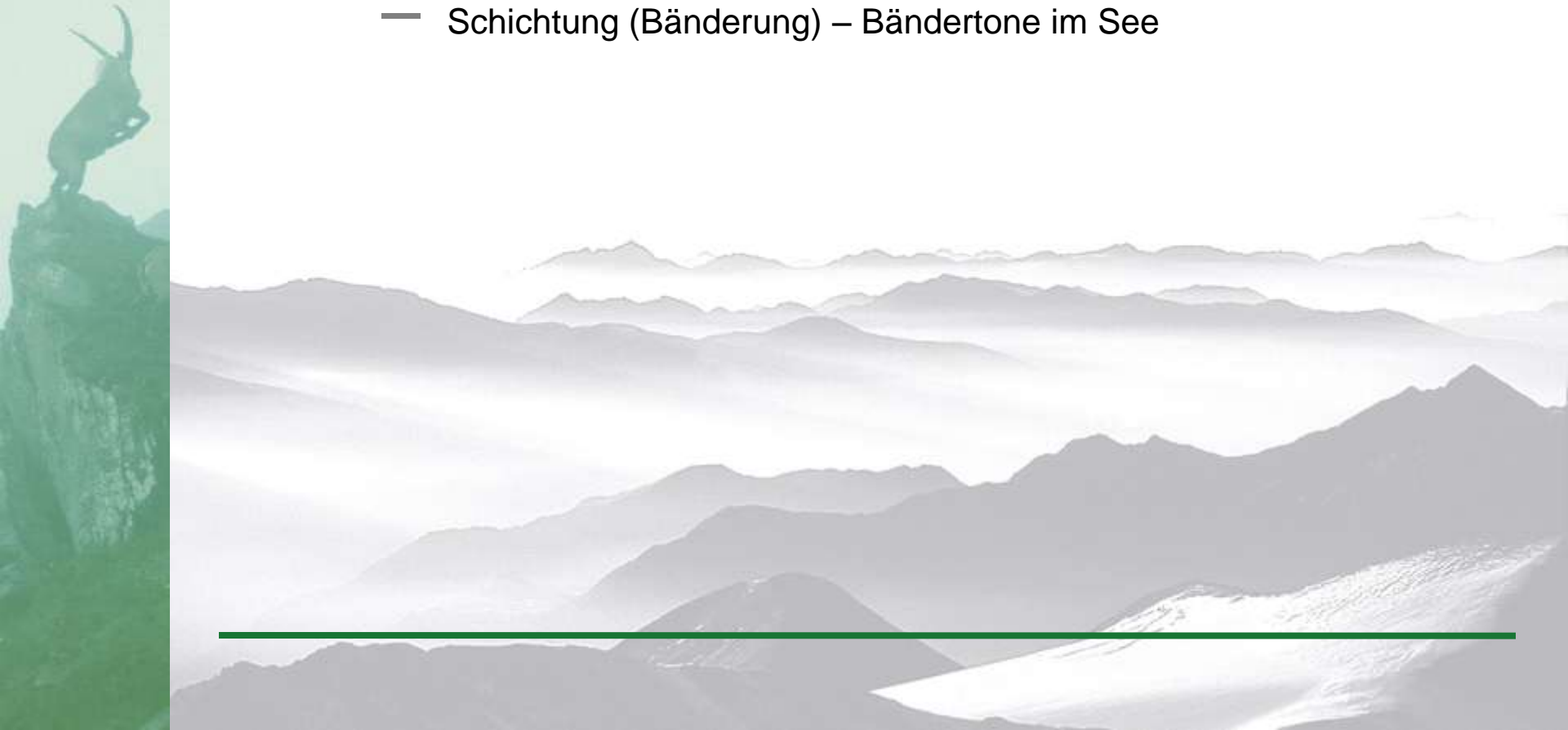
Blick darunter





Glazilimnische Sedimentation - Deltabildung

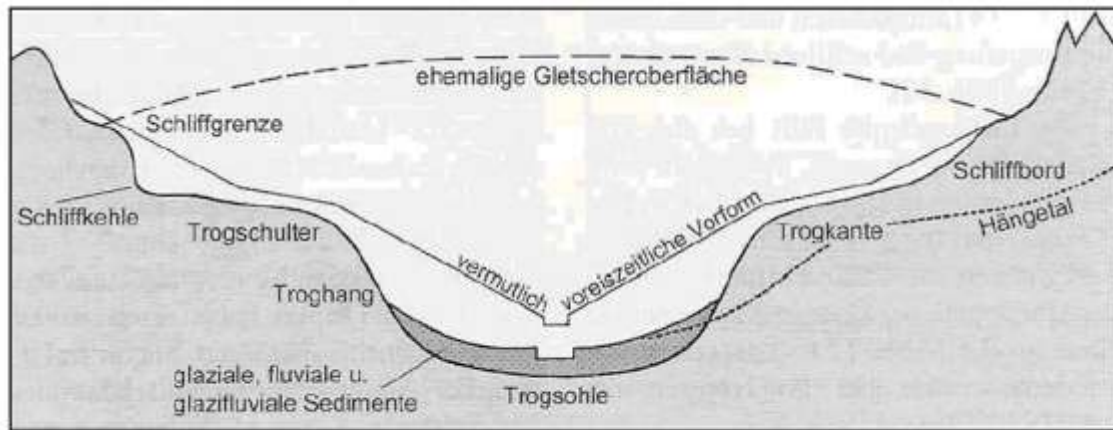
- Einbringung von glaziofluvialen Sedimenten in Seen im Gletschervorfeld
- Sedimente untersch. Korngröße
 - Große Teile sinken rasch ab – Feinanteile sinken langsam ab.
 - Schichtung (Bänderung) – Bändertone im See



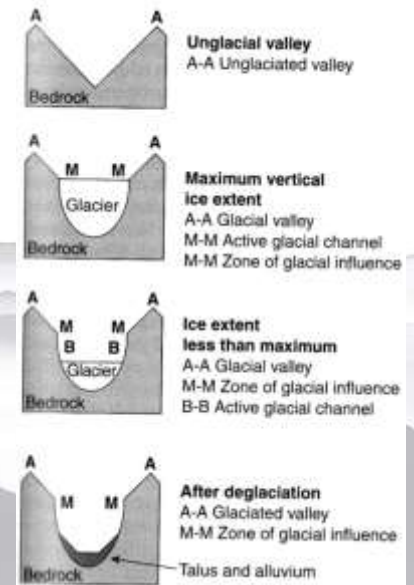


Trogtal – glaziale Großformen

- Heute: Hohen Tauern geprägt von Trogtälern (U-Tälern)
 - Präglazial: V-Tal
- konkaver Querschnitt, breiter flacher Talboden, rasches konkaves Aufbiegen der Wände. Trogkante mit flachem Schlibfbord



Quelle: Zepp, 2004



Quelle: Benn & Evans



Trogtal





Trogtal





Trogshulter

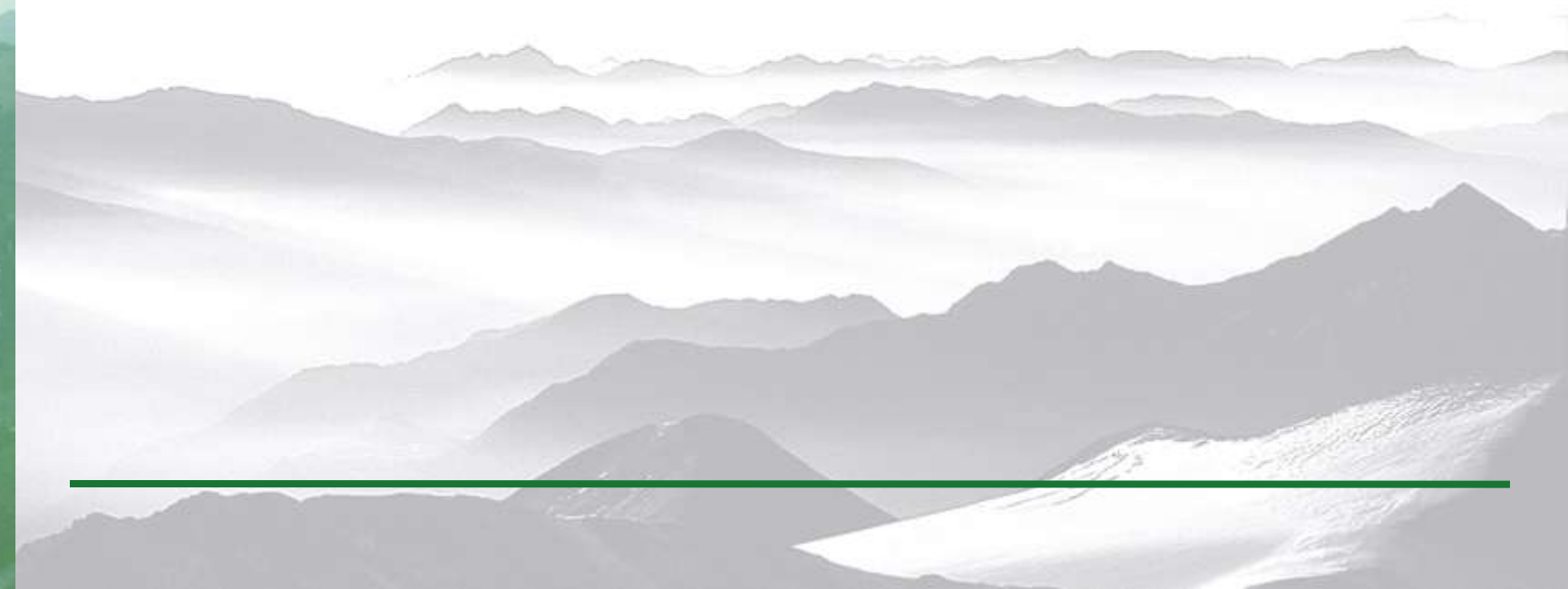


Stotzbachfall Kals



Trogtal – Längsschnitt

- Im Längsverlauf oft Stufen, Riegel, Becken etc. – Ursachen:
 - Schwankungen in der Gletscherdynamik (Eismächtigkeit, Strömungsgeschwindigkeiten)
 - Gesteinseigenschaften im Untergrund (morphologisch hart/weich)
 - Hängetäler ! Gletscher keiner Nebengletscher konnten sich nicht bis zum Grund des Haupttales eintiefen.
HEUTE: oft Klammabschnitte im Übergang





Hängetal





Trogtal & Hängetal

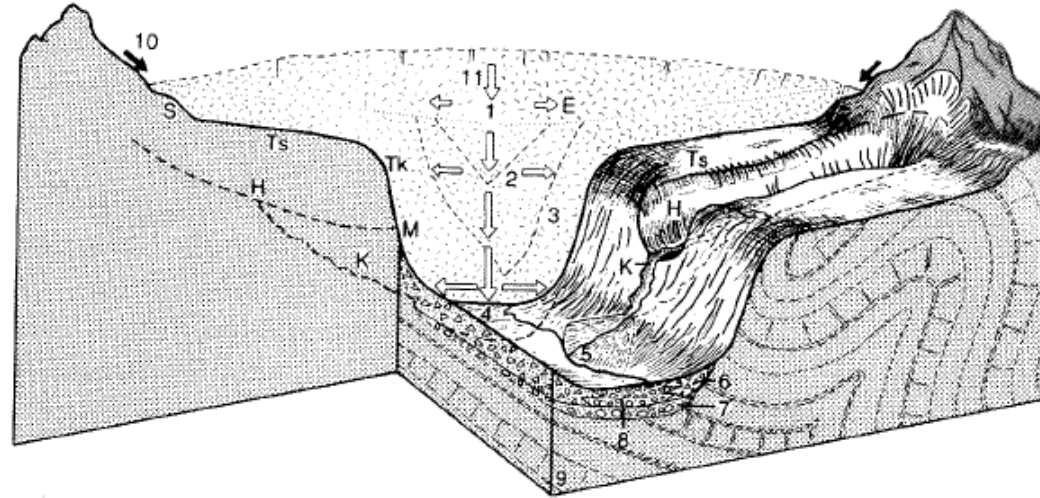
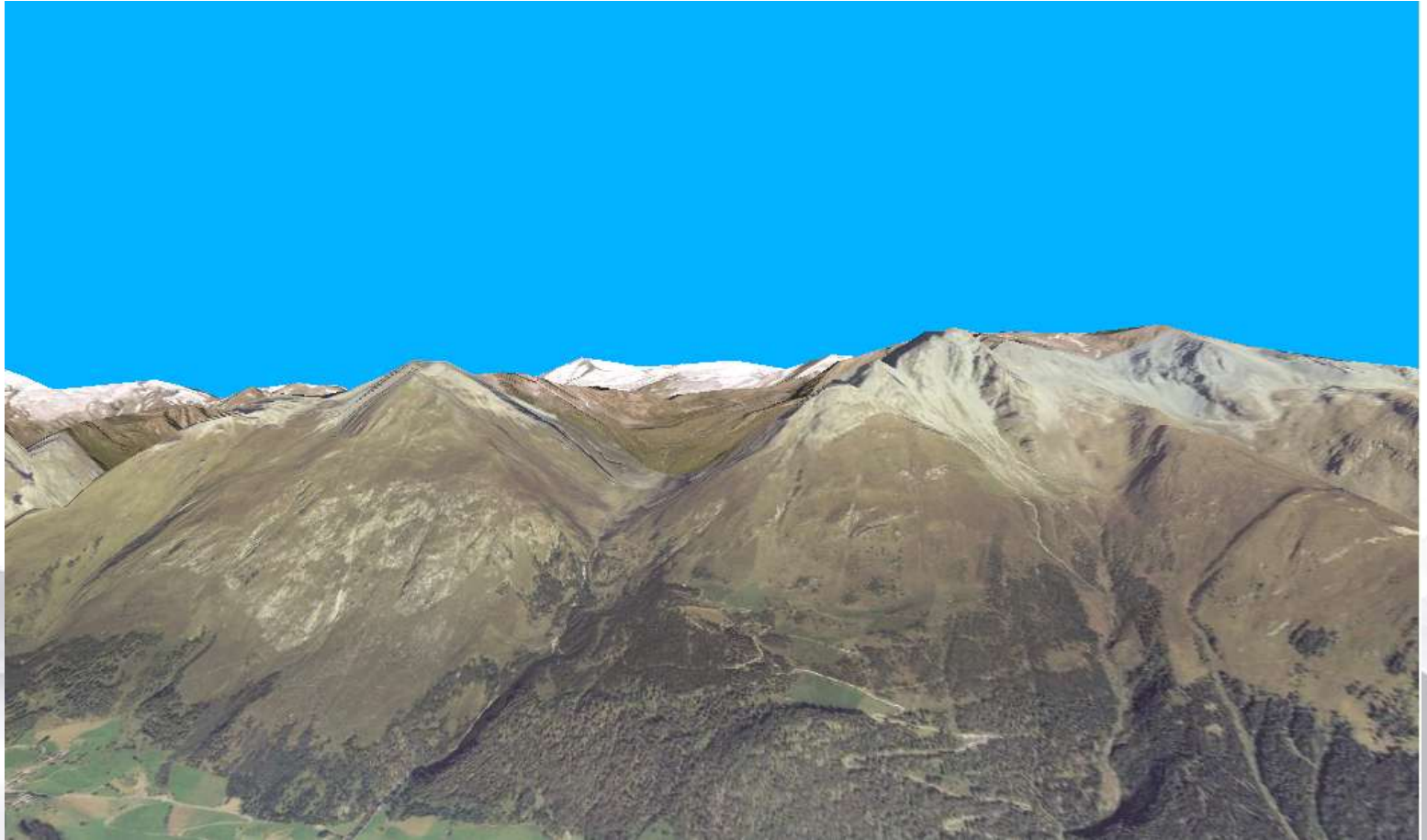


Abb. 43: Querschnitt durch ein Trogtal und Gestalt des präglazialen Tales

Der ehemalige Eiskörper (E) ist in seiner ursprünglichen Ausdehnung nur angedeutet. Die Initialform war ein präglazialer Talboden (1), der sich durch Fluvialerosion in ein präglaziales Kerbtal (2) verwandelte, das möglicherweise auch ein anderes Profil (3) besessen haben kann. Nach Einfahren des Gletschers in das Tal und Gletscherwachstum wurde durch Eisdruck und -schiebung das Tal zu einem Trogtal ausgeweitet. Dessen Boden (4) wird von Grundmoräne (7), Hangschutt (6) und fluvialen Sedimenten (8) bedeckt, die sich miteinander verzahnt haben. Den eigentlichen Untergrund bildet das anstehende Gestein (9). - Das Trogtal wird seitlich von Trogschultern (Ts) und der Trogkante (TK) flankiert. Die Obergrenze der Eiswirkung wird vom Schlibbord (Sh) und der Schlibflehle (Sk) markiert. Dort erfolgt aus dem eisfreien Periglazialmilieu periglaziale, abluale und gravitative Zulieferung des Schuttes (10). - An den Flanken des Trogtales münden Hängetäler (H) mit Stufenmündungen (M) hoch über der Sohle des Haupttales. Die Hängetäler waren ursprünglich von kleineren Gletschern erfüllt. Die Stufenmündung wurde postglazial durch rückschreitende Erosion eines Baches mit Wildbachdynamik zerschnitten - unter Bildung einer Klamm (K). Vor der Klamm wird auf dem Talboden ein Schwemmkegel (5) aufgeschüttet, an dessen äußerem Rand der rezente Fluß der Haupttales entlang fließt, der den Bach der Klamm aufnimmt. (Orig. H. LESER)



Hängetal



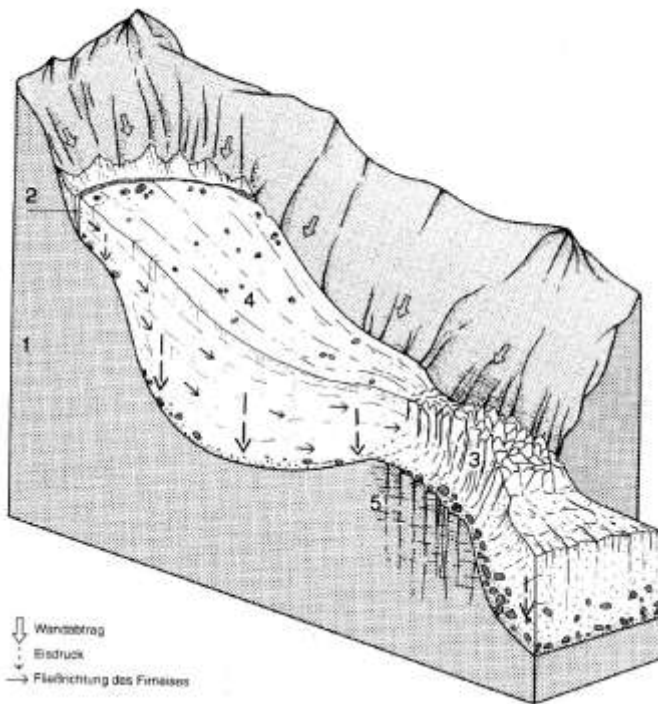


Kare

- Oft quasi der Talschluss eines Trogtales – im Querprofil trogförmig und im Längsprofil mit Übertiefung (Seen!) und Karschwelle. Oft auch als Ursprung eines Gletschers bezeichnet (Leser)

Grundaufbau eines Kars

147



Quelle: Leser, 1995



Kar – Entstehung

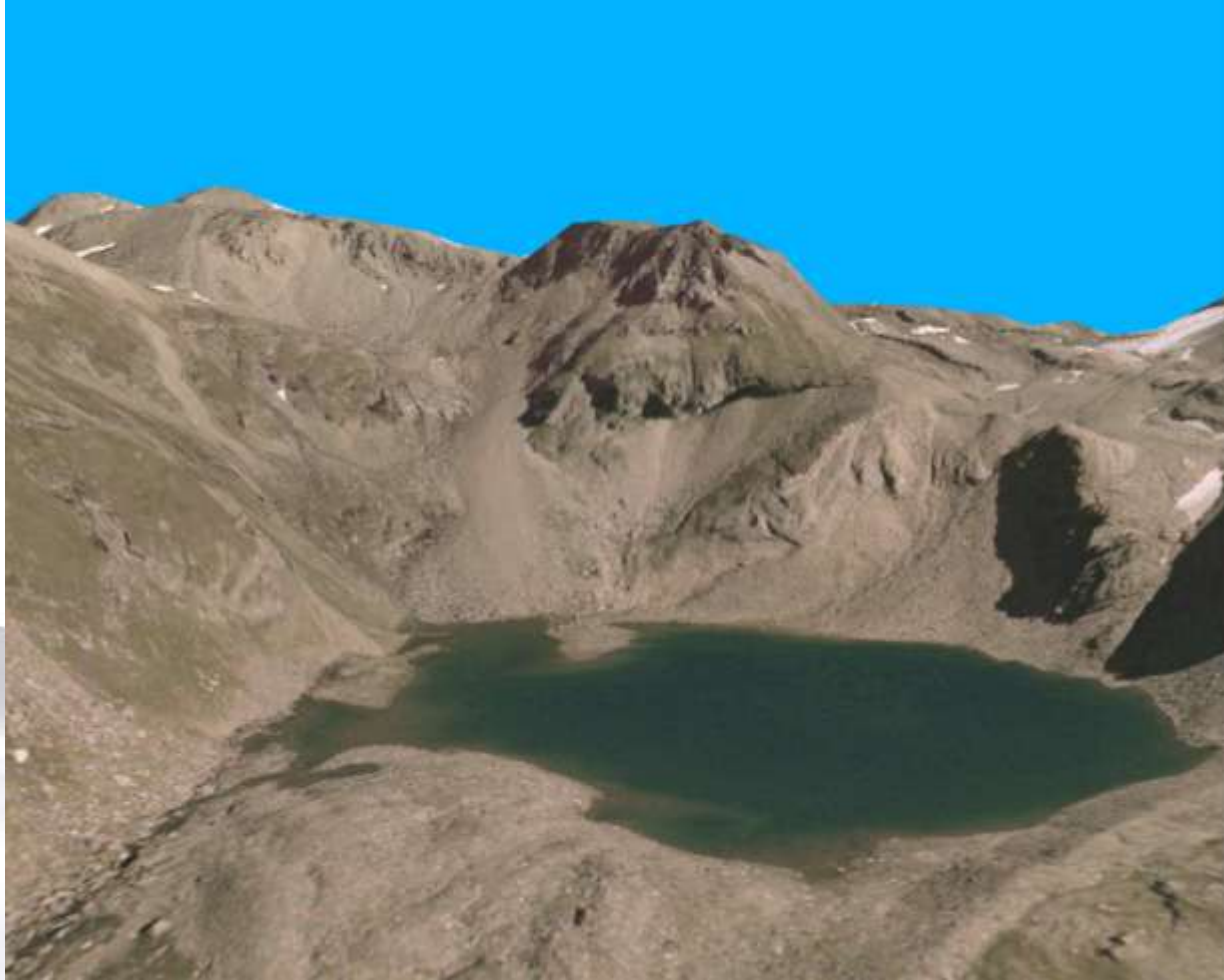
- In Mulden oberhalb der Schneegrenze entsteht durch Schneeverfrachtung (Verwehung) und zB Lawinen ein Firnfeld. Metamorphose bis zum Gletschereis (Jahre!) und Entstehung eines kleinen Gletschers.
- Verstärkte Congelifraktion (Frostverwitterung) an der Grenze Fels-Schnee (Albedo !) → Lockermaterial (und oft Übersteilung in diesem Bereich)



Eissee - Tirol



Karsee (Eissee)





Karsee (Wildensee)





Karsee





Literaturempfehlungen

- **Leser, H.: Geomorphologie. westermann Verlag.**
(Standardwerk zur Geomorphologie – aus der Reihe „Das geogr. Seminar)
 - **Press & Siever: Allgemeine Geologie. Spektrum Akad. Verlag**
(Hinweis: Schöne Übersicht zur Endogenen und Exogenen Geologie. Deutsche Übersetzung)
 - **Strahler & Strahler: Introducing Physical Geography. Wiley-Verlag**
(Hinweis: Schönes Buch über viele Formen der Erdoberfläche und Bezug zum Klimawandel. Englisch)
 - **Benn & Evans: Galiens & Glaciation. Arnold-Verlag.**
(Hinweis: sehr vertiefend mit Formeln etc.!)
-

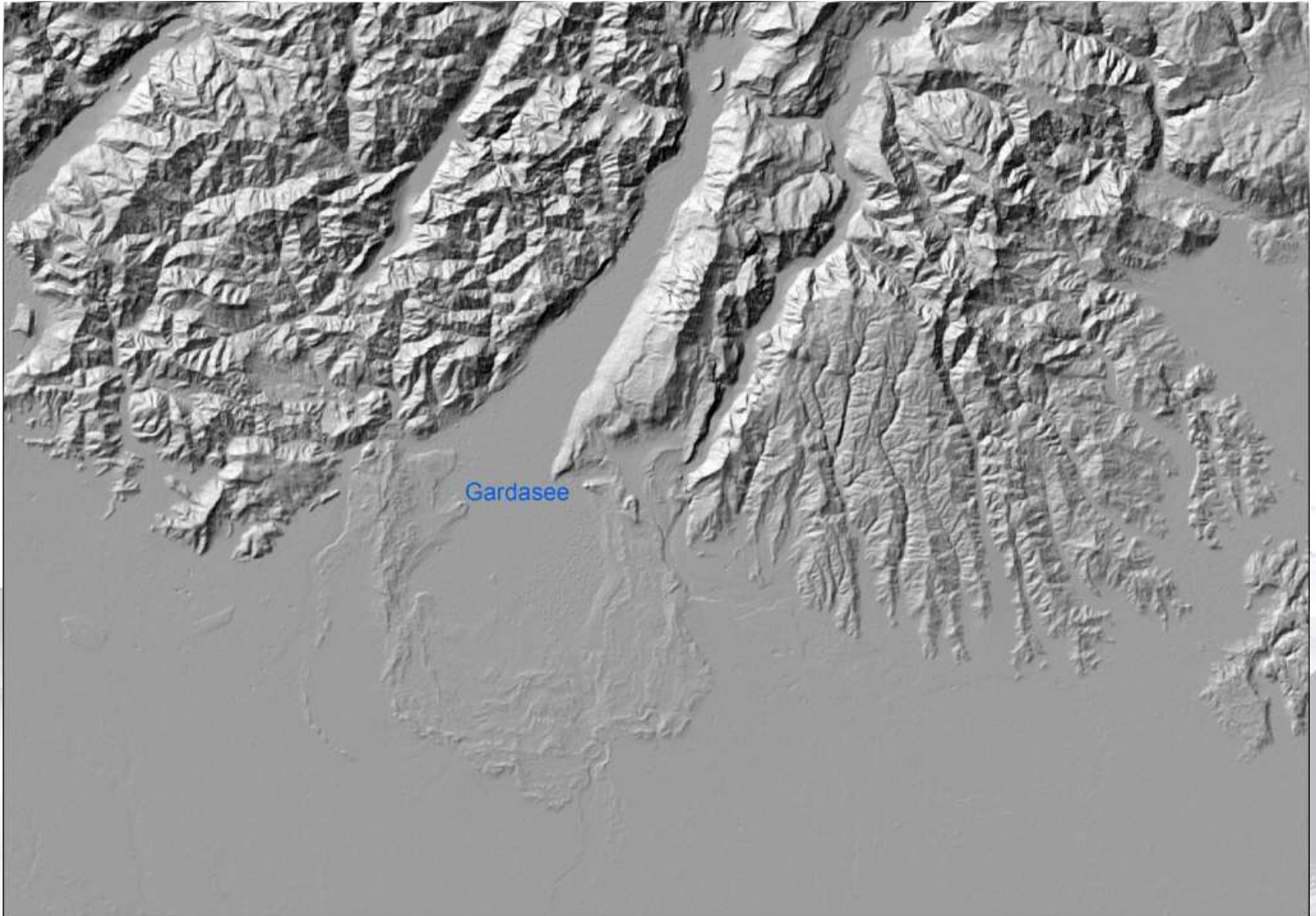


Zum Schluss... Reif für'n Gardasee





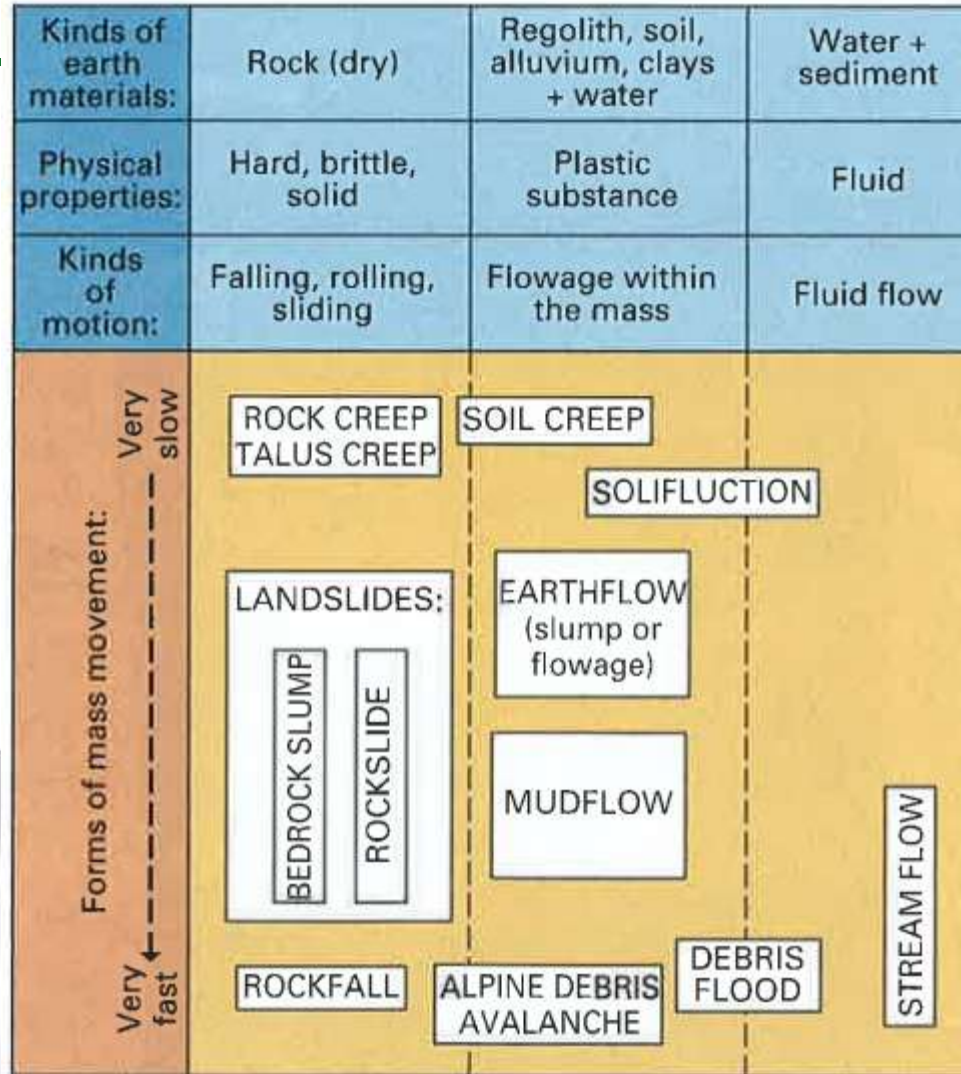
Zum Schluss... Reif für'n Gardasee







-
- Aktuelle Exogene Prozesse
 - Geologisch hart/weich
 - Verwitterung/Erosion
 - Frostsprengung/Thermische
 - Glazialerosion
 - Permafrost
 - Exogene Prozesse - Naturgefahren
(Gravitative MB, Muren)
-



14.13 Processes and forms of mass wasting



14.15 Indicators of soil creep *The slow, downhill creep of soil and regolith shows up in many ways on a hillside. (After C. F. S. Sharpe.)*

