

Hangrutschungen in den Ozeanen – So what?

David Völker, Geophysiker am IFM-GEOMAR Kiel

1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen
2. Warum ist es interessant (und notwendig) sich damit zu beschäftigen?
3. Wie entstehen H., was löst sie aus?
4. Wie gehen wir die Sache wissenschaftlich an?



Vortrag @ Waldorfschule Kiel,
18.05.2011

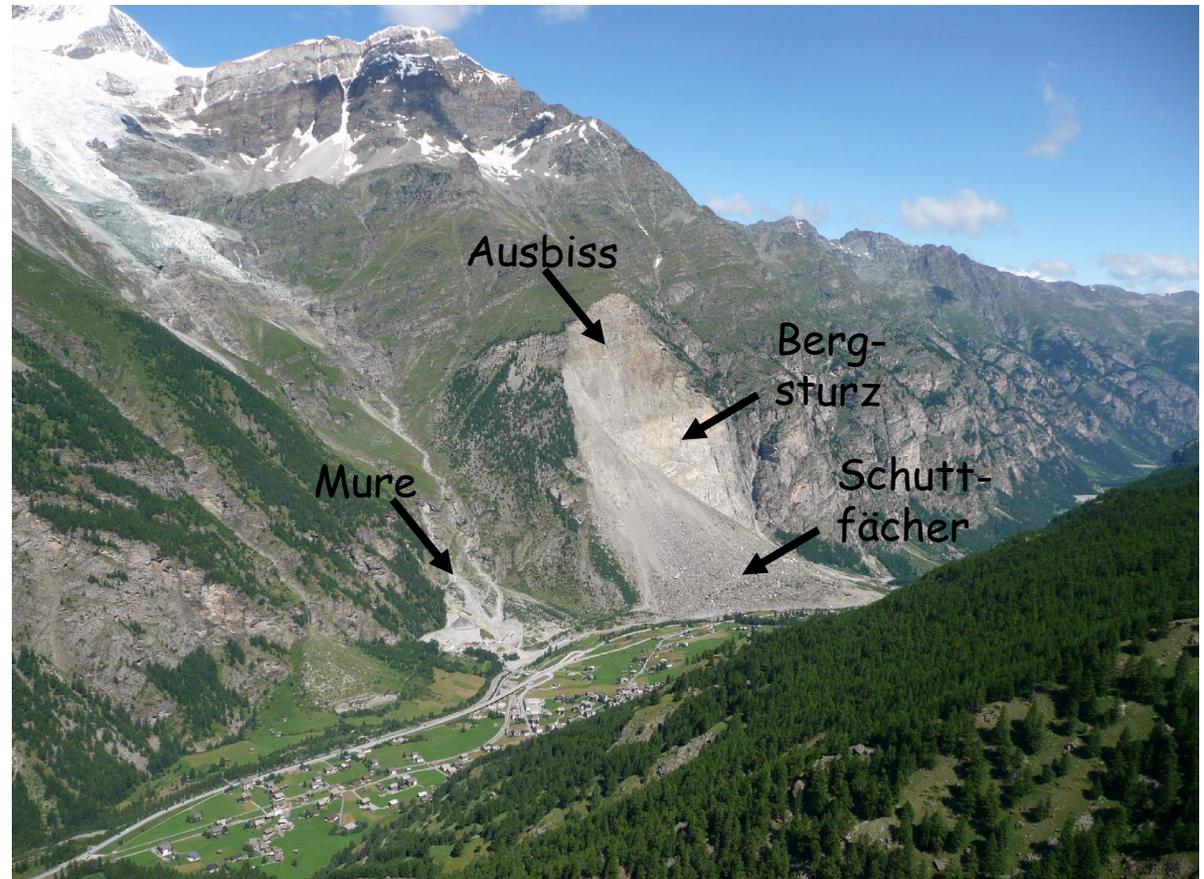


IFM-GEOMAR

1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen

Hangrutschungen an Land vor allem aus Gebirgen, z.B in den Alpen...

- Häufig als Muren (fast jährlich)
- Saltener (~alle 20 Jahre) als katastrophalen Bergsturz



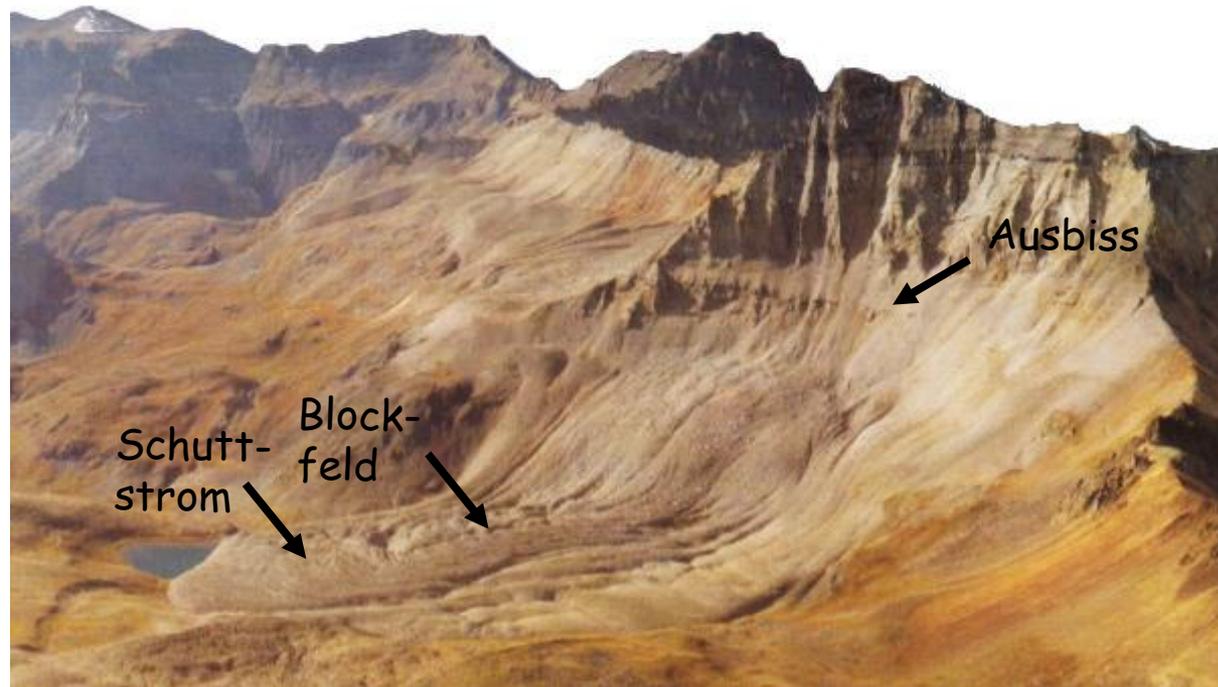
Bergsturz von Randa
im Oberwallis
(Schweiz), 1991.
(25 Schafe und 9
Pferde werden
verschüttet)

1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen

Hangrutschungen an Land vor allem aus Gebirgen, z.B in den Alpen...

- Häufig als Muren (fast jährlich)
- Saltener (~alle 20 Jahre) als katastrophalen Bergsturz

Schuttstrom
nach Bergsturz
in den Rocky
Mountains
zeigt
plastisches
Verhalten
(fließt wie
Kuchenteig)



1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen

Schnee-Lawinen in Gebirgen sind physikalisch ein ähnliches Phänomen

- Schneebretter (Freeriders Tod im Winter)

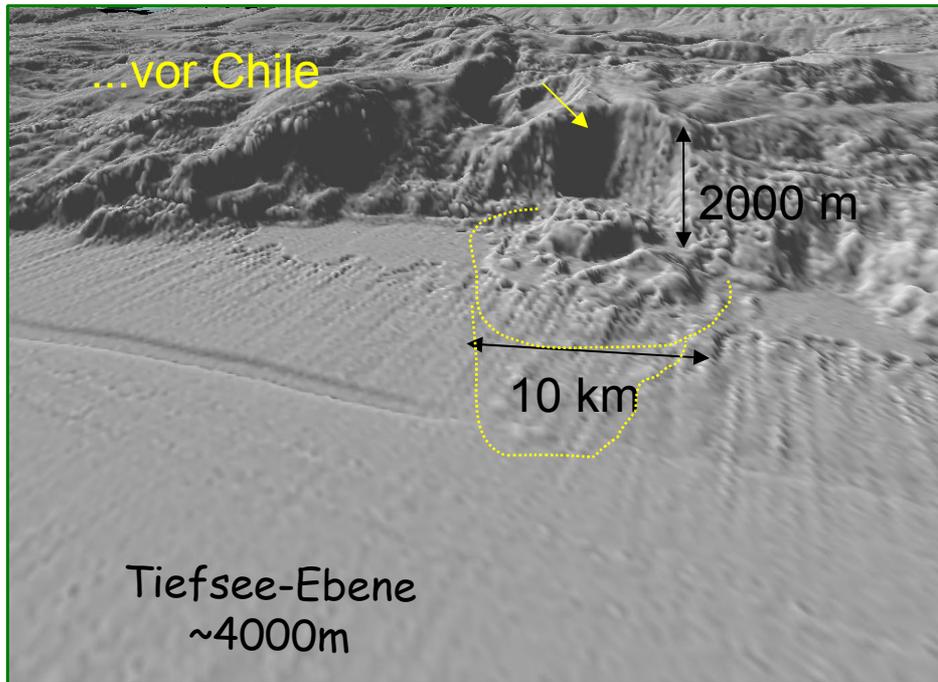


Schneebrett in den
Rocky Mountains

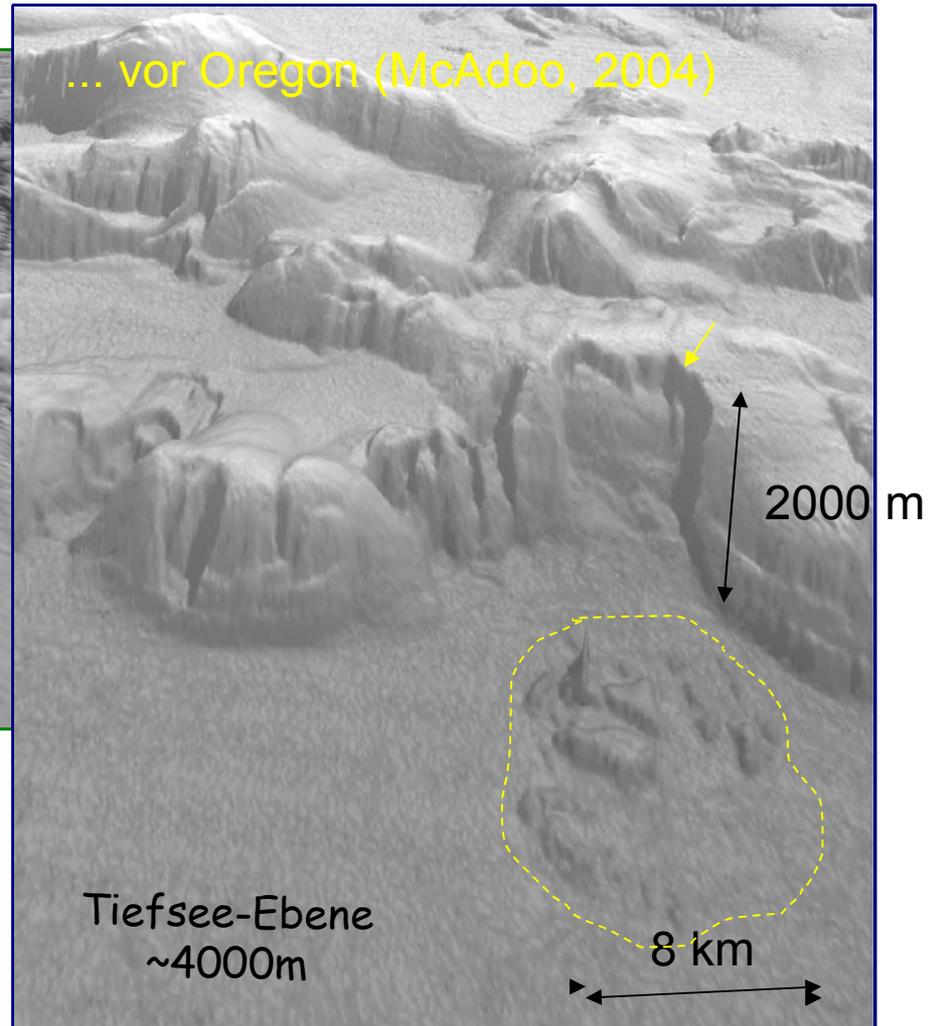
1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen

Gestalt des Meeresbodens an Kontinentalhängen und um Inseln herum zeigt ganz ähnliche „Unterwasserlandschaften“

•Bergstürze

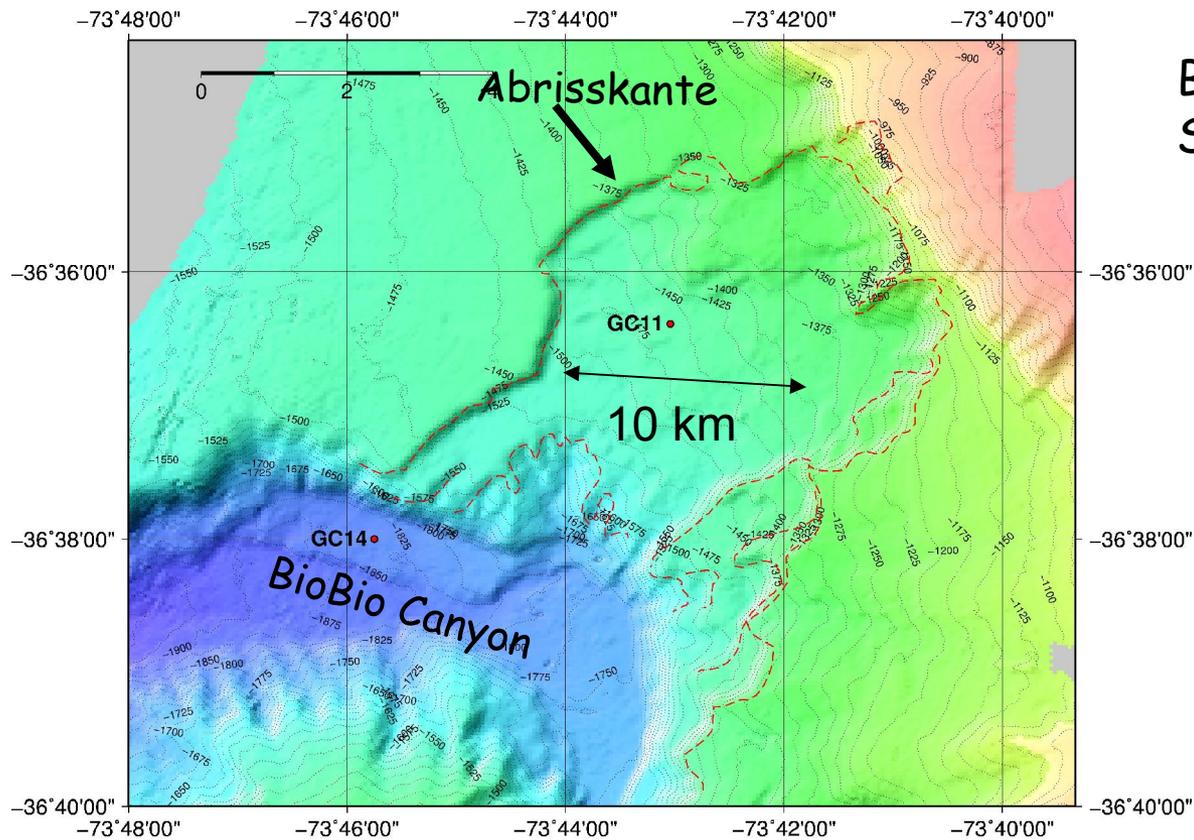


- Abrisskanten von mehreren 100 m Höhe
- Schuttstrom und gerutschte Blöcke
- Hohe und steile Rutschflächen



1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen

• „Schneebretter“



BioBio Slide,
Südchile



1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen

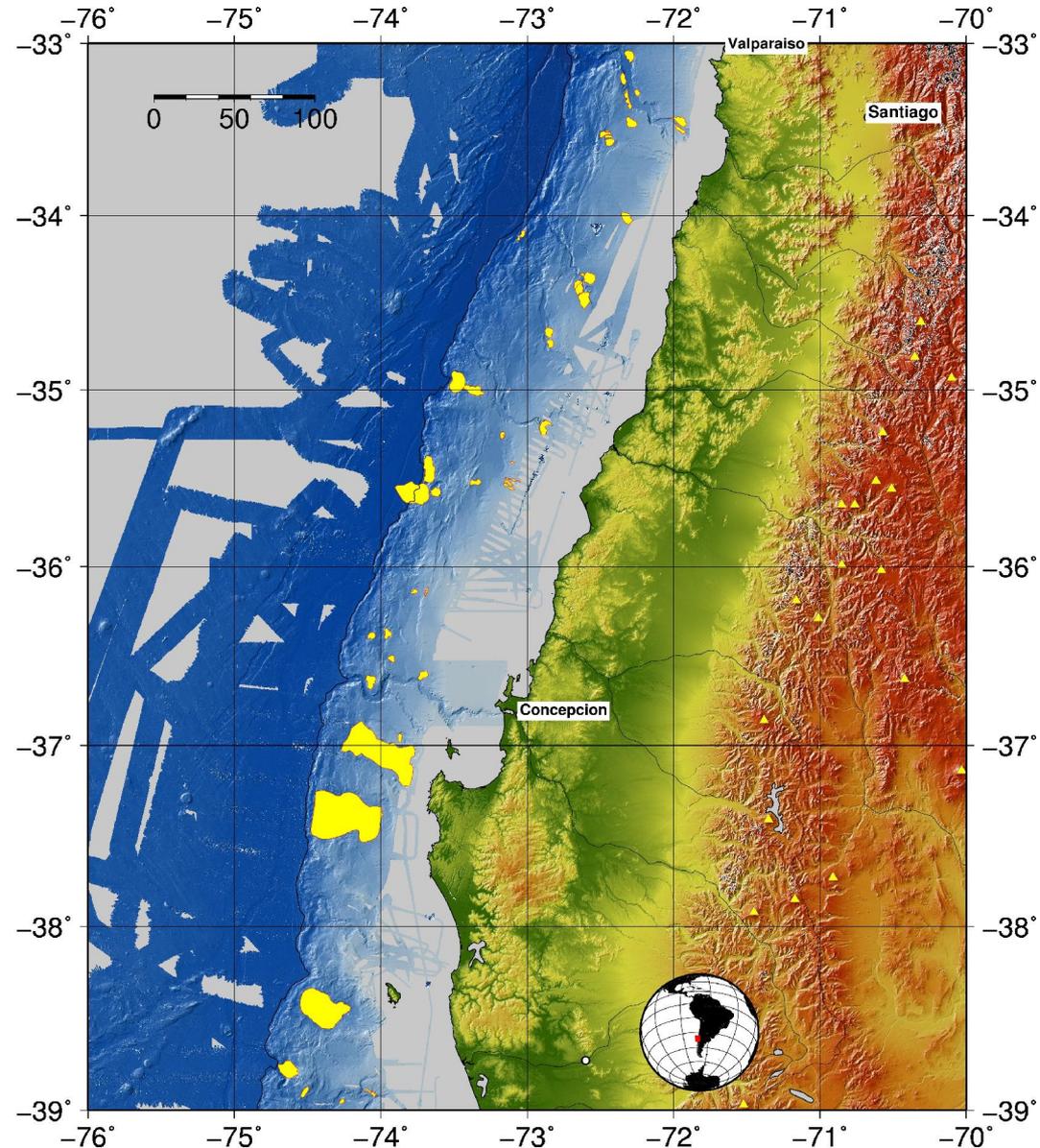
Wie häufig tritt so etwas auf?

Je besser die Daten, desto mehr sehen wir

Chile: 66 Rutschungen > 5km², davon 3 > 250 km²

Häufigkeits-Größen-
Beziehung ähnlich wie an
Land

Große Rutschung alle 50-200
Jahre?



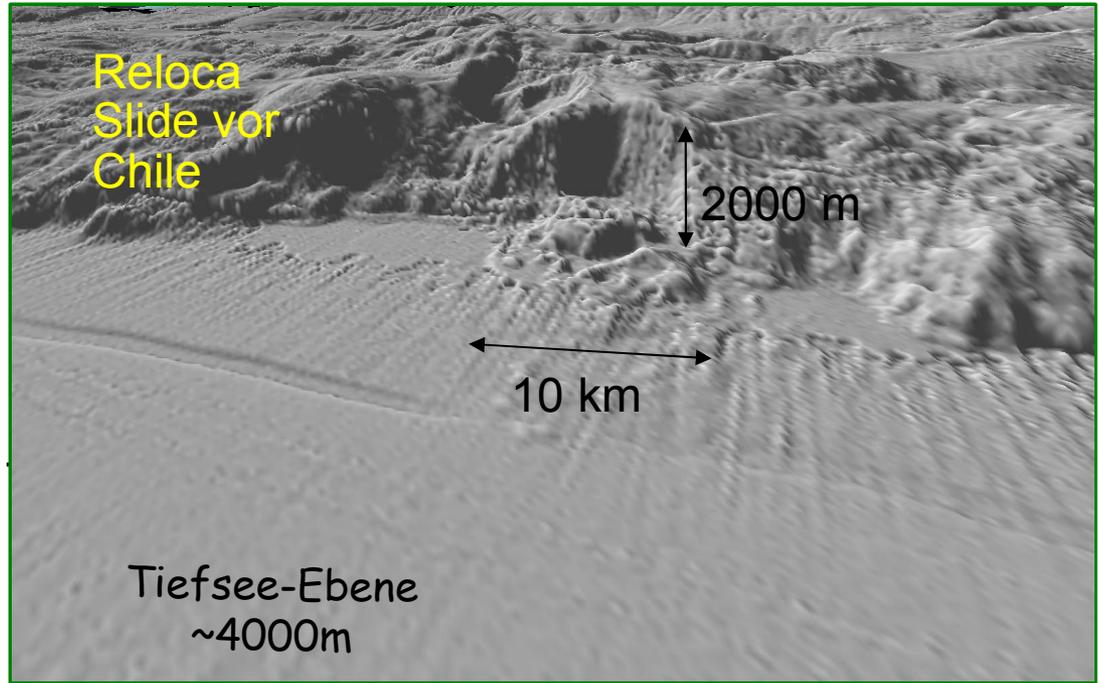
1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen

Submarine slumps

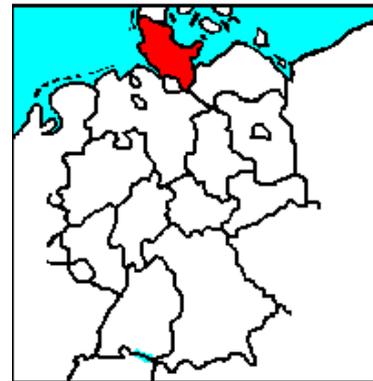
Reloca Slump:

Geröll im
Schuttkegel:
~ **25 km³**

Fehlendes
Volumen: ~**30 km³**



Sufficient to
cover
Hamburg with
40 m
..of debris



Sufficient to
cover
Schleswig-
Holstein with
2 m
..of debris

1. Hangrutschungen in den Ozeanen – ein Phänomen

Submarine slumps

Reloca Slump

Slumped masses:

~ 25 km³

Missing volume:

~30 km³

Storegga Slide:

3880 km³ first slump

5600 km³ total affected volume

[Bugge et al., 1988]

Grand Banks, 1929:

20 km³ initial slump

200 km³ turbidite

[Nisbet & Piper, 1998]

Sissano, Papua-Newguinea, 1998:

5-10 km³ slumped mass

[Tappin, 2001, Synolakis, 2002]

Nice Airport, 1979:

0.15 km³

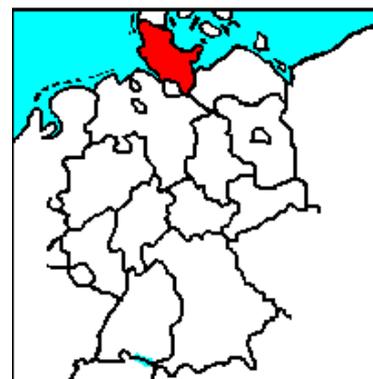
[Piper, 1988, Hugot, 2001]



Sufficient to cover Hamburg with

40 m

..of debris



Sufficient to cover Schleswig-Holstein with

2 m

..of debris

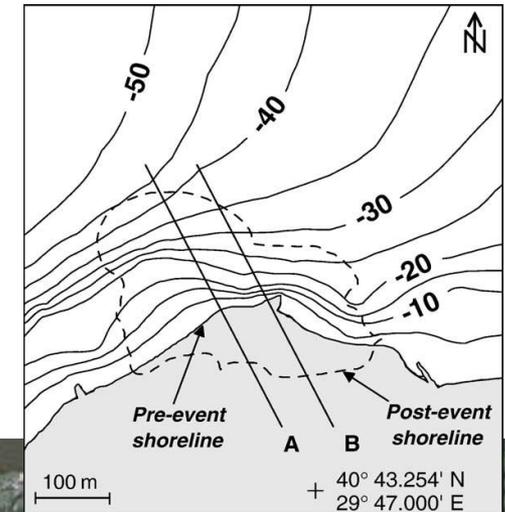
Hässliche Effekte 1:

Rückverlagerung der Küste

Izmit (Türkei):

Erdbeben der Stärke $M_w=7.4$ am 17.09.1999 löst eine Hangrutschung in der Bucht von Izmit aus.

In der Ortschaft Değirmendere verschwindet ein 12-stöckiges Hotel.



2. Wieso beschäftigen wir uns damit?

Häßliche Effekte 2:

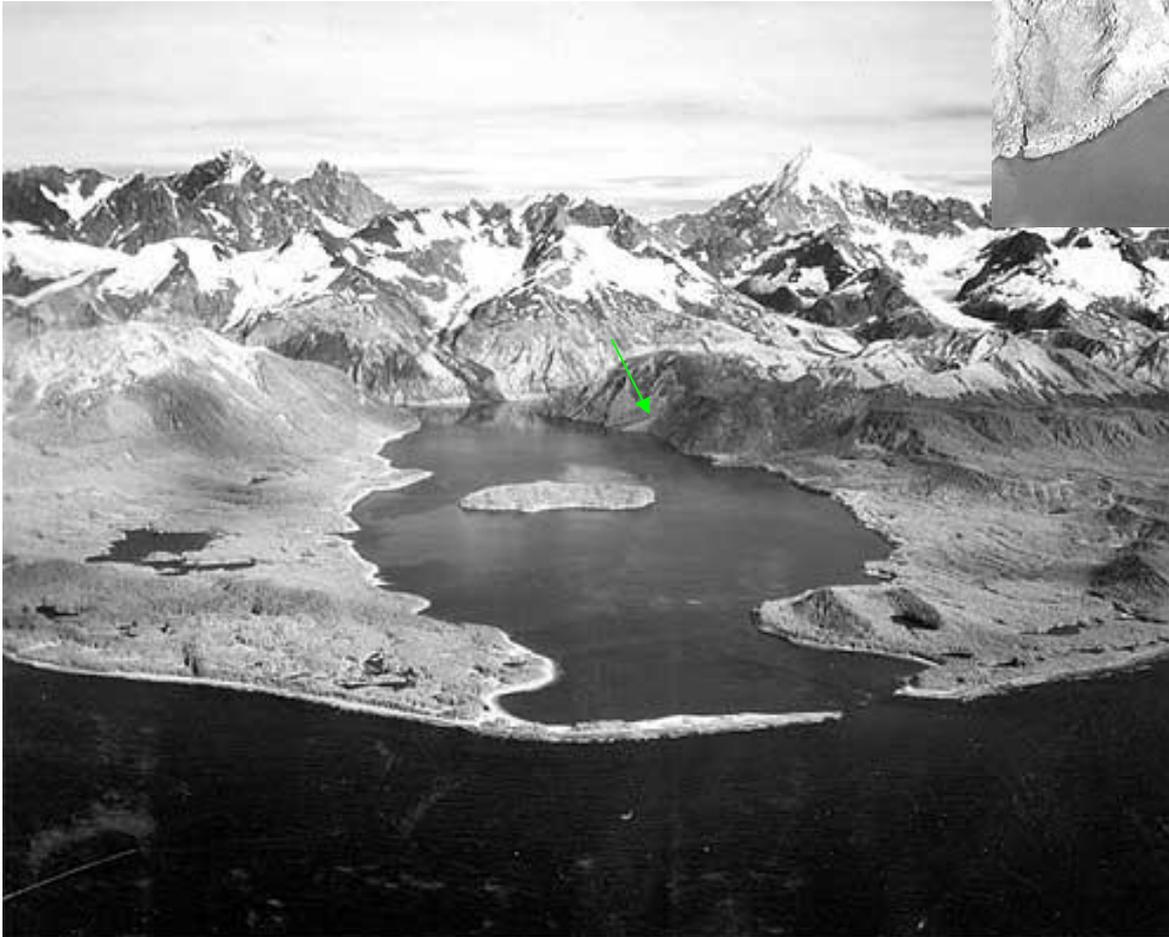
Bergsturz ins Wasser erzeugt Tsunami



2. Wieso beschäftigen wir uns damit?

Hässliche Effekte 2:

Bergsturz ins Wasser erzeugt Tsunami

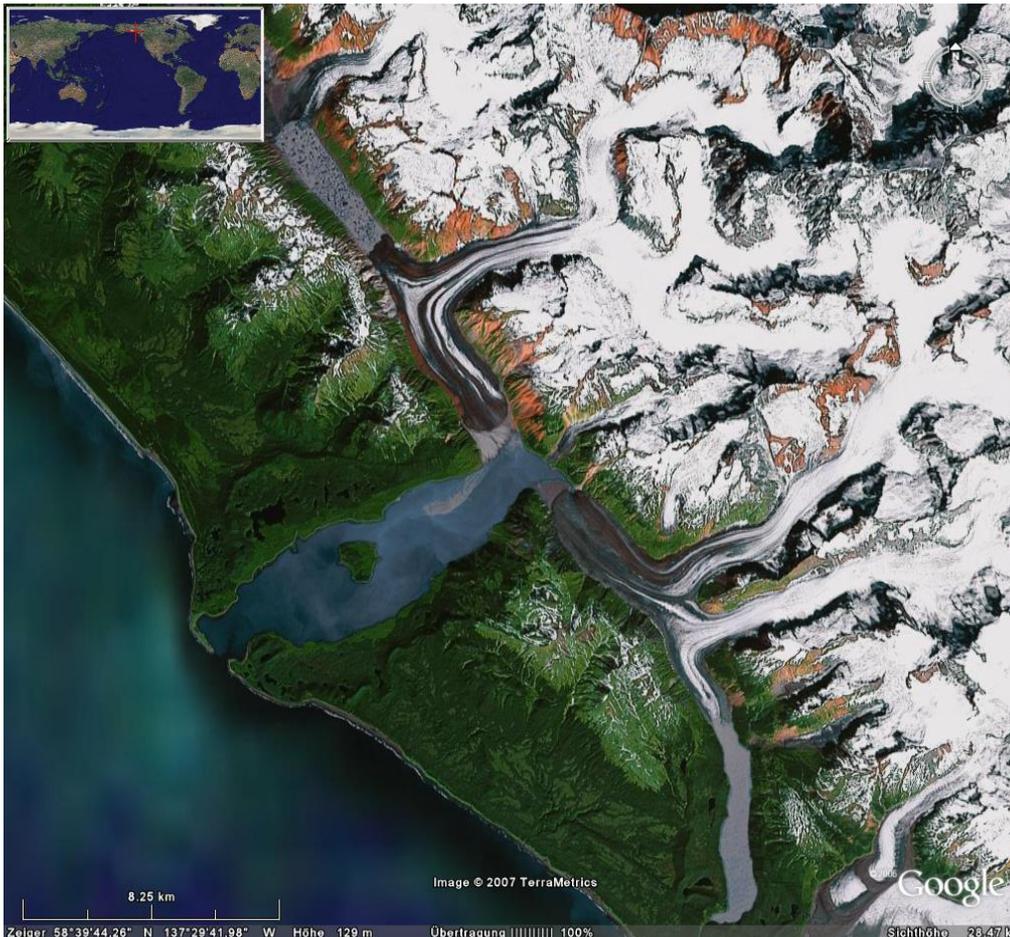


Lituya Bay, Alaska:
Bergsturz in die
Bucht am
09.07.1958 erzeugt
eine Riesenwelle in
der Bucht. Die
bewaldeten Hänge
werden bis auf eine
Höhe von 525 m
abasiert.

2. Wieso beschäftigen wir uns damit?

Hässliche Effekte 2:

Bergsturz ins Wasser erzeugt Tsunami



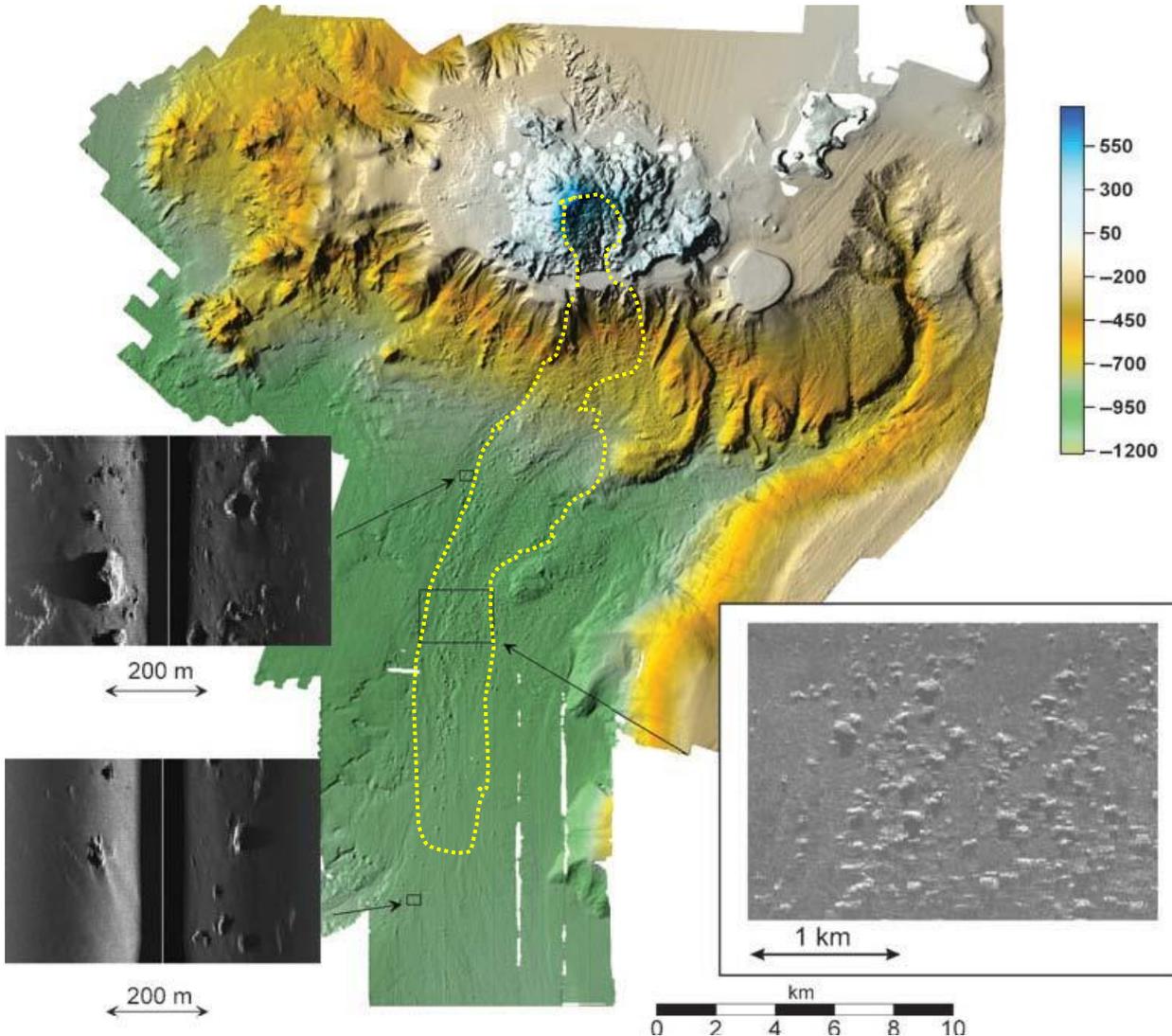
Lituya Bay, Alaska:

- 5 Tote
- Bergsturz wurde ausgelöst von Erdbeben.
- Gesteinsmassen-Volumen: $0,03 \text{ km}^3$
- Geschwindigkeit 120 km/h.
- Ebenfalls gefährdet: Vulkaninseln (Kanaren, Hawaii, Kapverden ...)
- Bergseen (Südchile)

2. Wieso beschäftigen wir uns damit?

Hässliche Effekte 2:

Bergsturz ins Wasser erzeugt Tsunami



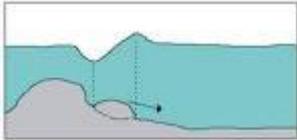
- Ebenfalls gefährdet:
Vulkaninseln
(Kanaren, Hawaii,
Kapverden ...)
- Bergseen
(Südchile)

Kollaps des Mt.
Epaneo, Ischia
(Italien),
vermutlich um 400
v.Chr. (Chiocchi et
al., 2006)

2. Wieso beschäftigen wir uns damit?

Hässliche Effekte 3:

Tsunamis durch unterseeische Rutschungen

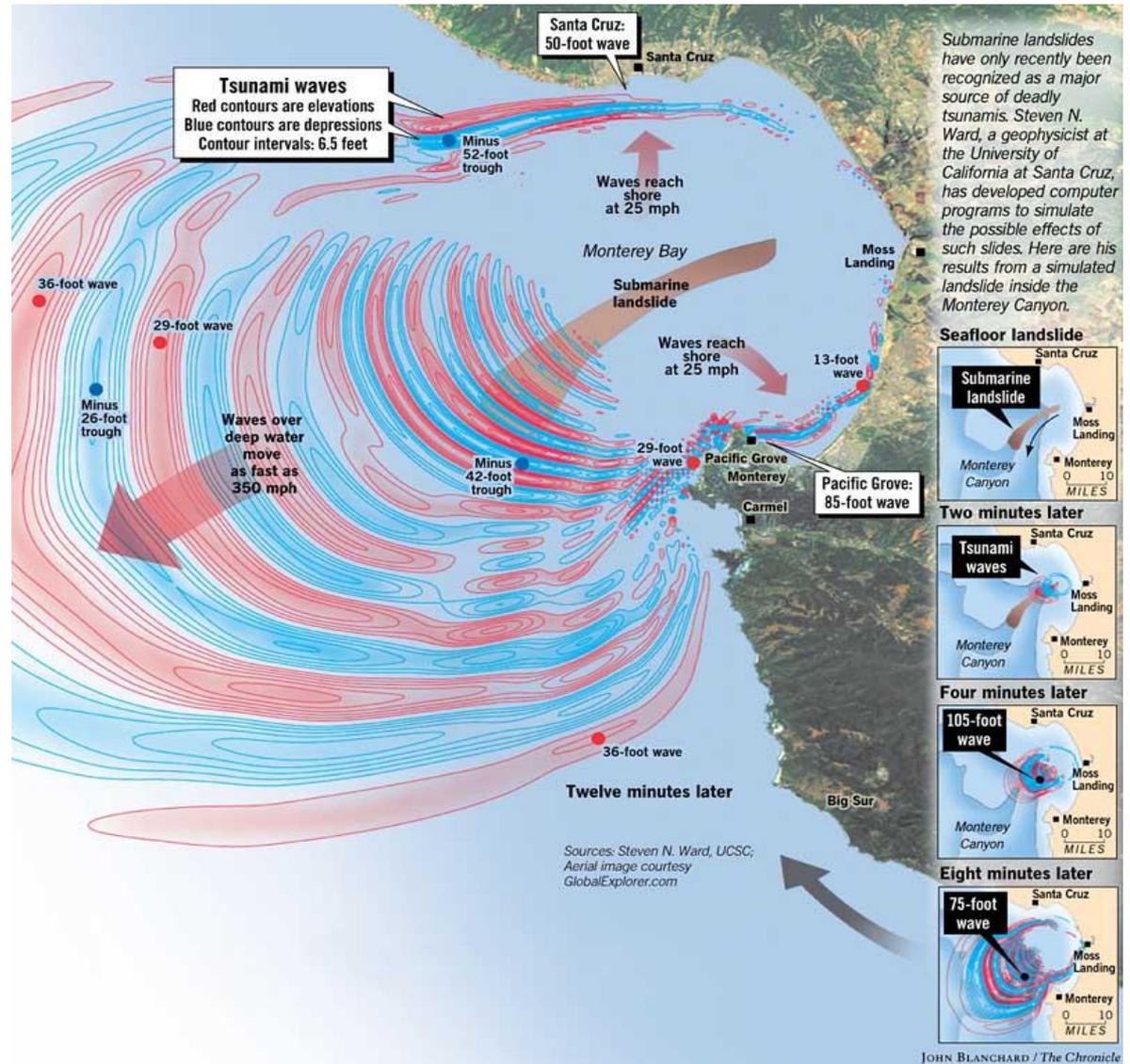


Santa Cruz (Californien):

Wenn ein bestimmter Hang in den Monterey Canyon rutschen würde...

... Wellen bis 30 m

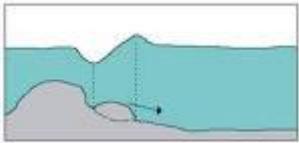
...mit etwa 50 km/h



2. Wieso beschäftigen wir uns damit?

Hässliche Effekte 3:

Tsunamis durch
unterseeische Rutschungen



Einige besonders
gefährdete Zonen:

Kalifornien

Istanbul
(Marmarameer)



2. Wieso beschäftigen wir uns damit?

Submarine slumps

Reloca Slump

Slumped masses:

~ 25 km³

Missing volume:

~30 km³

Max. Difference:

2-8 km³

Storegga Slide:

3880 km³ first slump

5600 km³ total affected volume

[Bugge et al., 1988]

Grand Banks, 1929:

20 km³ initial slump

200 km³ turbidite

[Nisbet & Piper, 1998]

Sissano, Papua-

Newguinea, 1998:

5-10 km³ slumped mass

[Tappin, 2001, Synolakis, 2002]

Nice Airport, 1979:

0.15 km³

[Piper, 1988, Hugot, 2001]

2. Wieso beschäftigen wir uns damit?

Submarine slumps

Reloca Slump

Slumped masses:

~25 km³

Missing volume:

~30 km³

Max. Difference:

2-8 km³

Storegga Slide:

3880 km³ first slump

5600 km³ total affected volume

[Bugge et al, 1988]

Grand Banks, 1929:

20 km³ initial slump

200 km³ turbidite

[Nisbet & Piper, 1998]



Tsunami,
27 people
dead

Sissano, Papua-
Newguinea, 1998:

5-10 km³ slumped mass

[Tappin, 2001, Synolakis, 2002]



Tsunami,
2000
people
dead

Nice Airport, 1979:

0.15 km³

[Piper, 1988, Hugot, 2001]



Tsunami, 11
people dead

Tsunami hazard

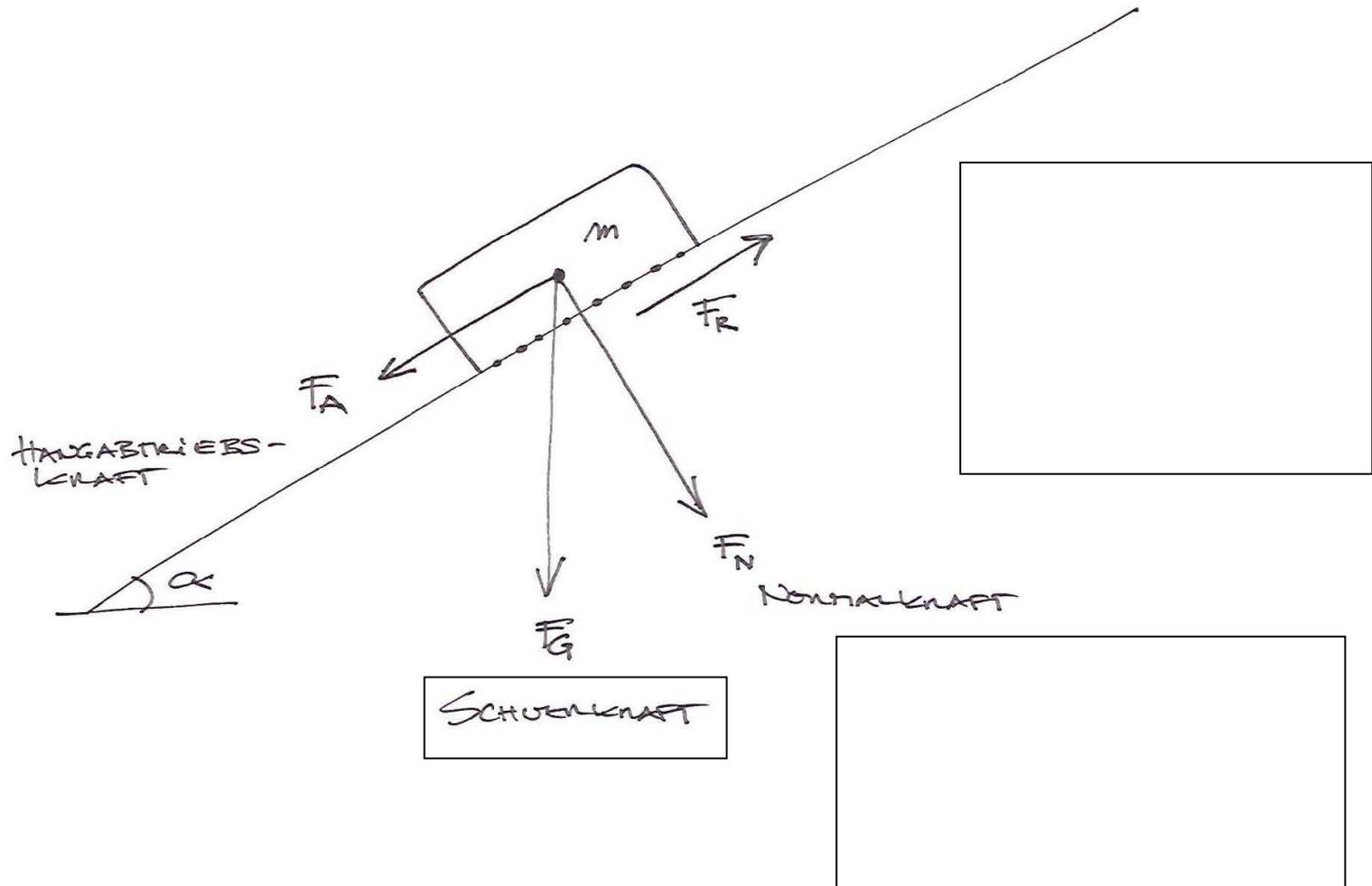
- volume
- slump dynamics
- water depth
- density of population

3. Wie entsteht so etwas?

Kräfte am Hang:

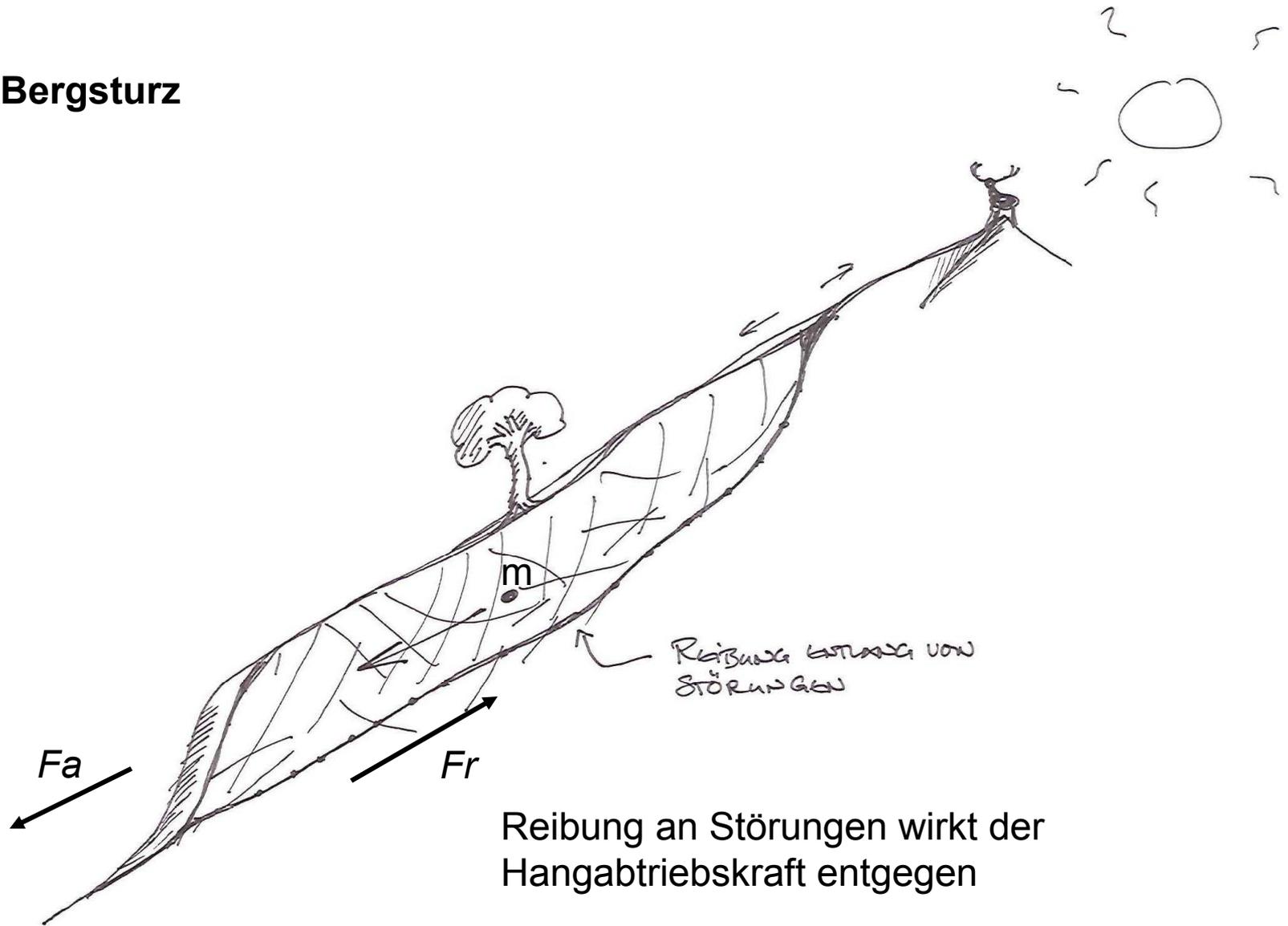
**Körper auf
schiefer Ebene**

Je steiler der Hang, desto
geringer die Reibungskraft und
desto stärker die
Hangabtriebskraft

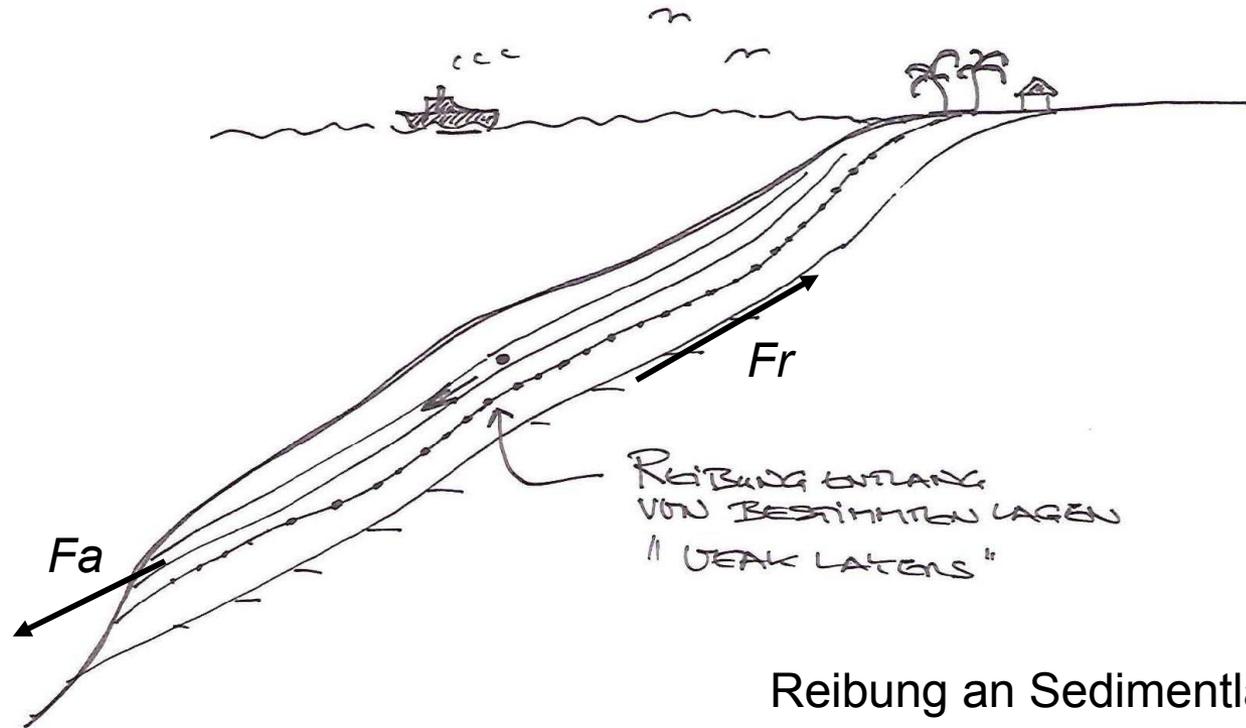


3. Wie entsteht so etwas?

Bergsturz



Unterseeische Rutschung



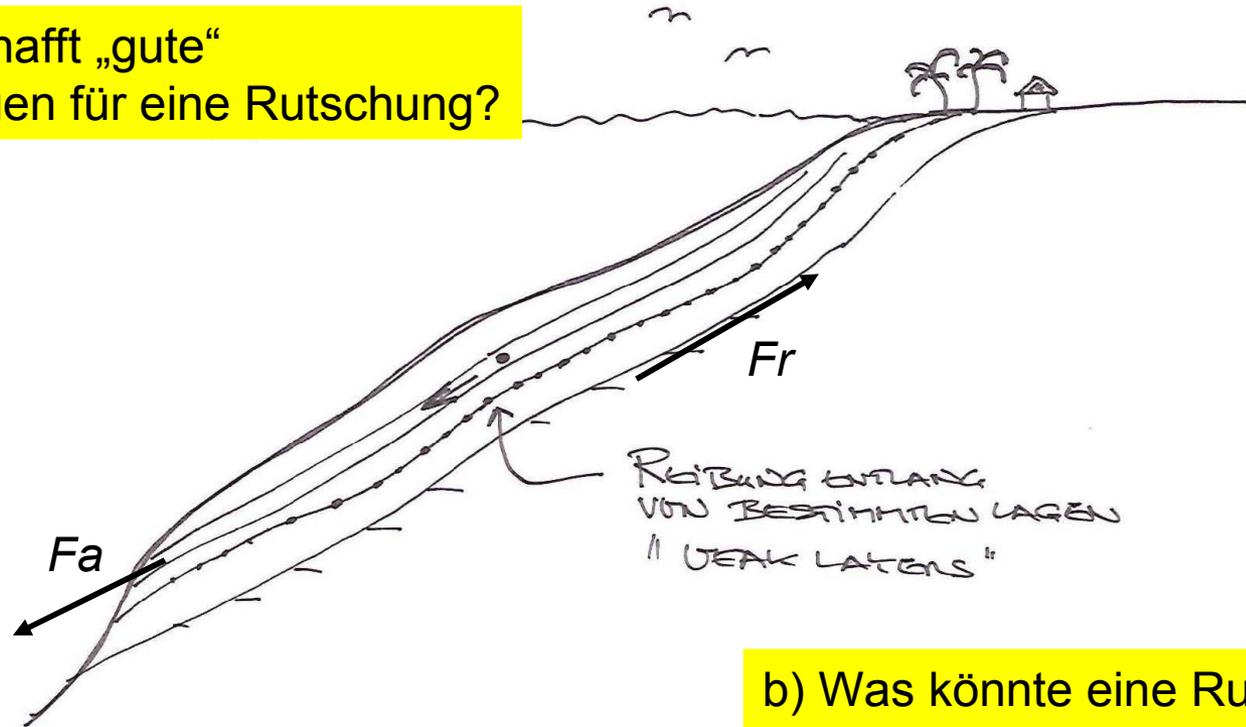
Reibung an Sedimentlagen wirkt der Hangabtriebskraft entgegen:

„Schneebrett-Effekt“: Die „schwächste“ Lage bestimmt die Gesamtfestigkeit.

3. Wie entsteht so etwas?

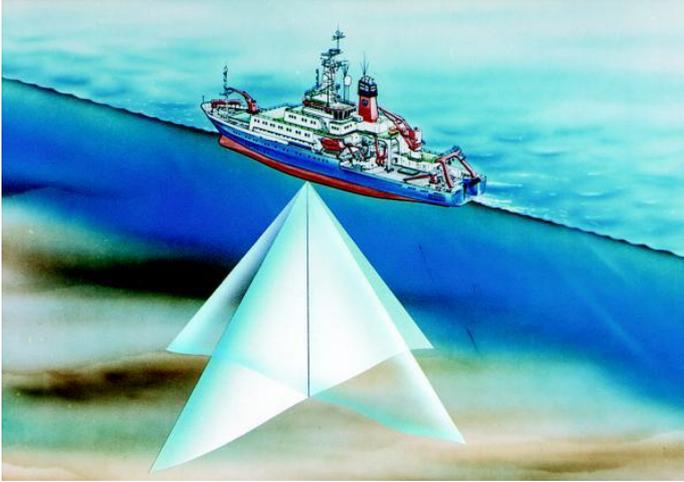
Unterseeische Rutschung

a) Was schafft „gute“ Bedingungen für eine Rutschung?



b) Was könnte eine Rutschung auslösen?

4. Wie untersuchen wir so etwas?

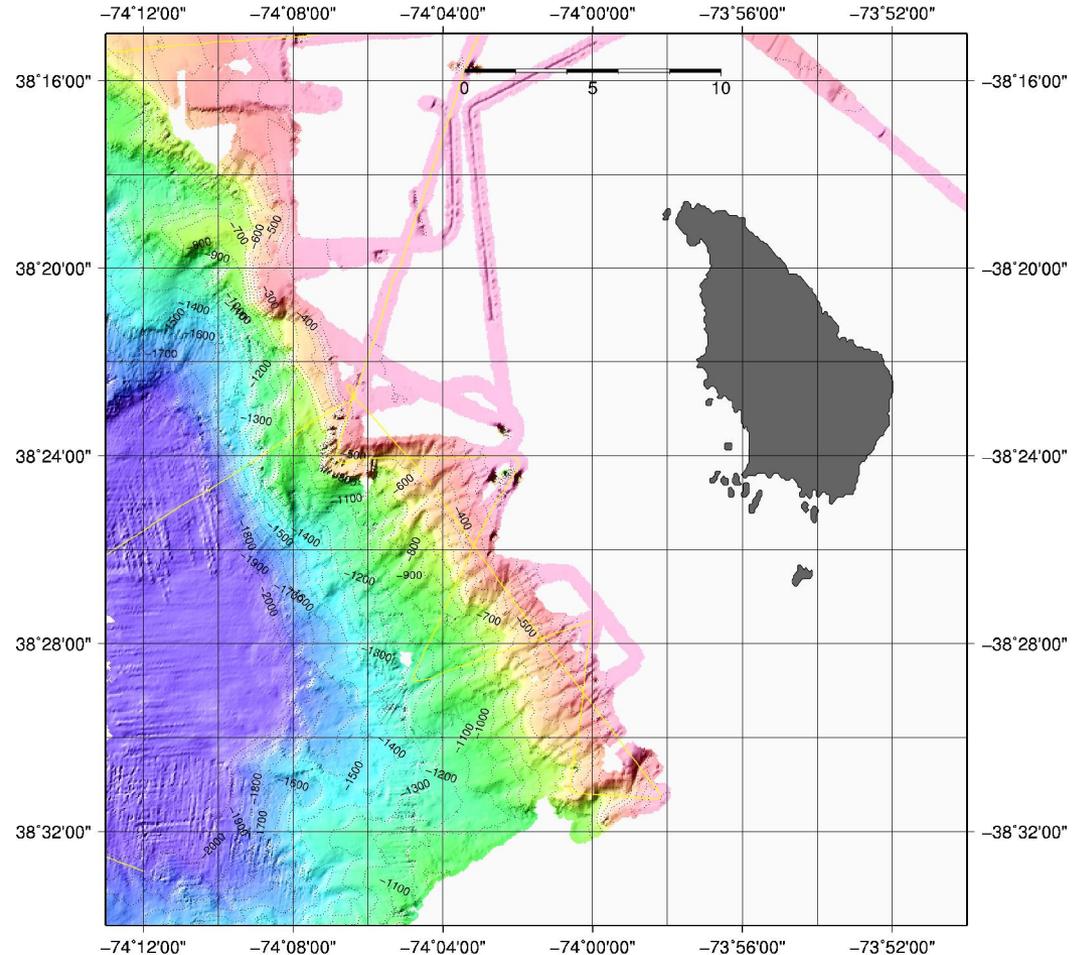


1. Fächersonare

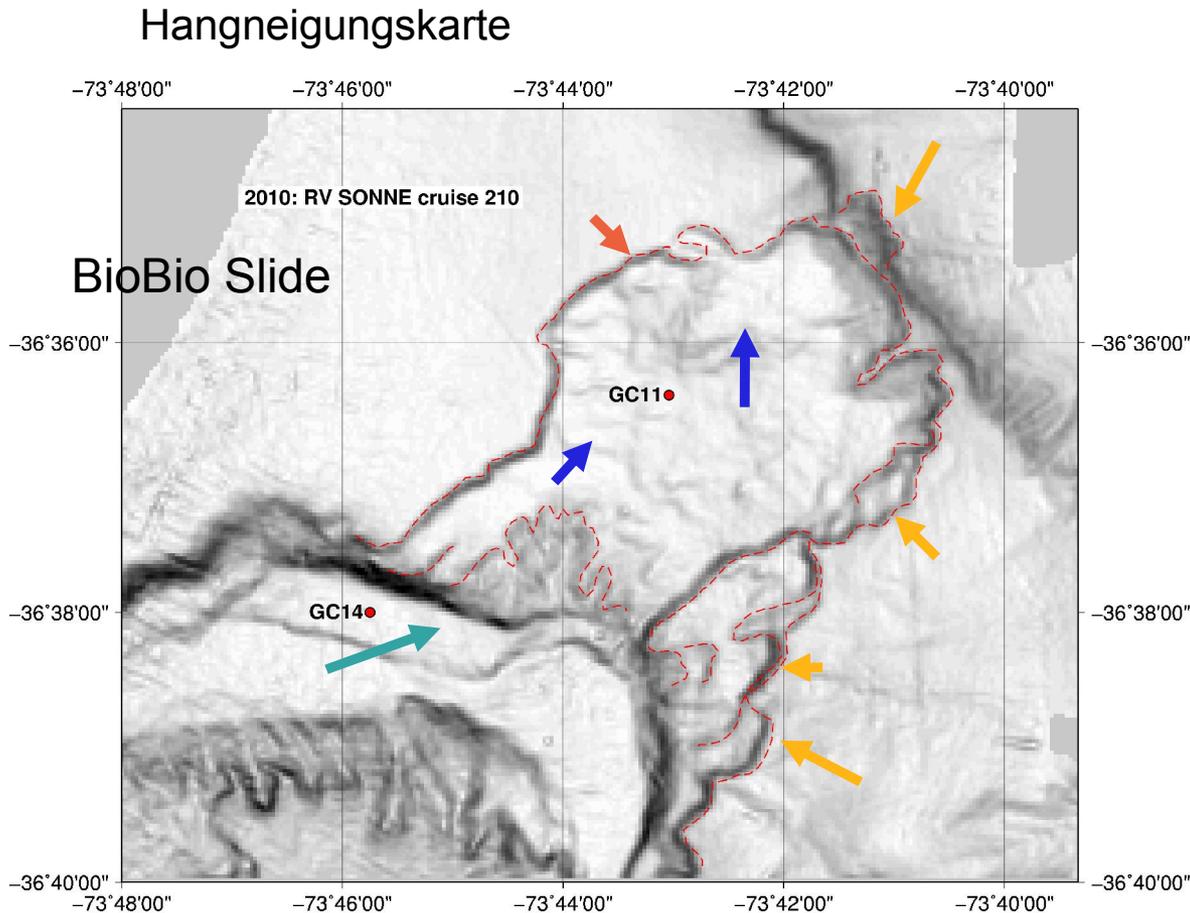
„Scanner-Echolote“

Laufzeit der Schallstrahlen
werden in Wassertiefe
umgerechnet

Daten von vielen Expeditionen
werden zu Karten und
Modellen zusammengefügt.



2. Digitale Höhenmodelle



BioBio Slide:

Primary headwall →

Secondary slide scars
(Retrogression) →

Deposition lobe →

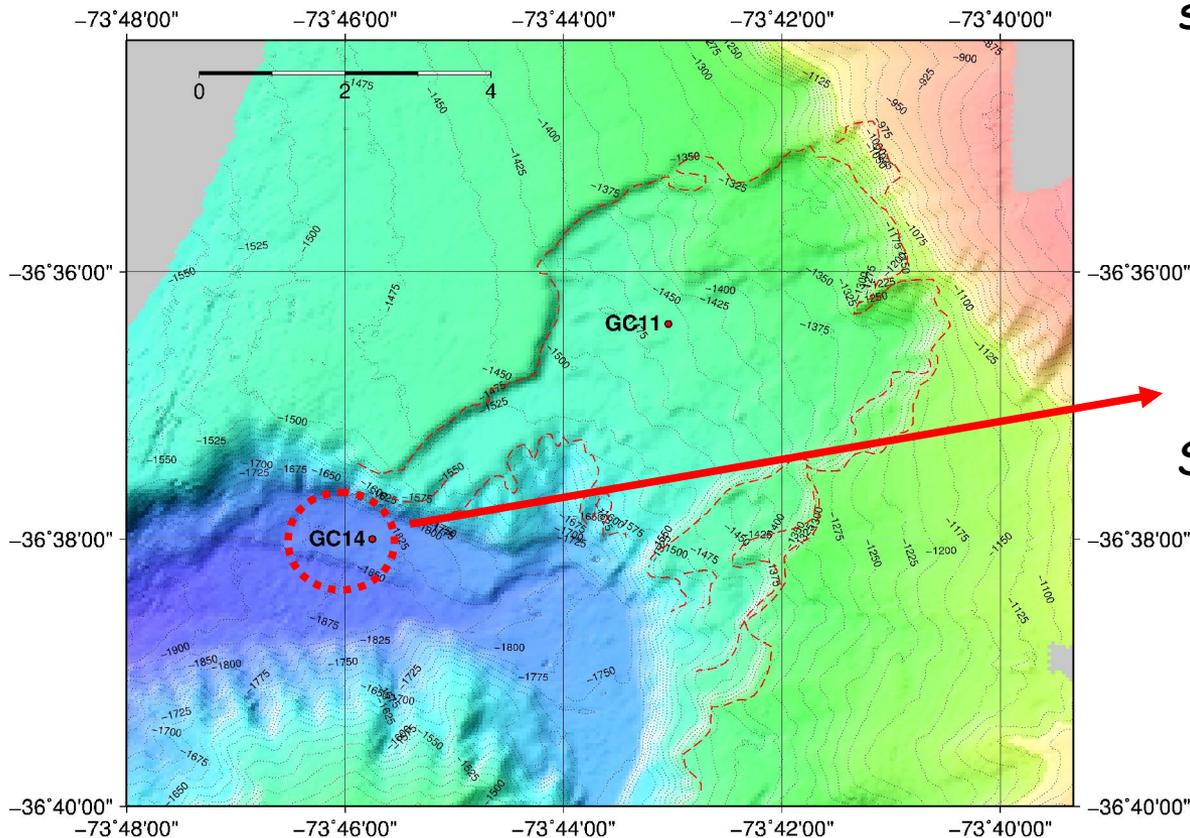
Slump debris →

- Ablauf der Ereignisse
- Art des Rutschungsprozess
- Volumen des gerutschten Materials

4. Wie untersuchen wir so etwas?

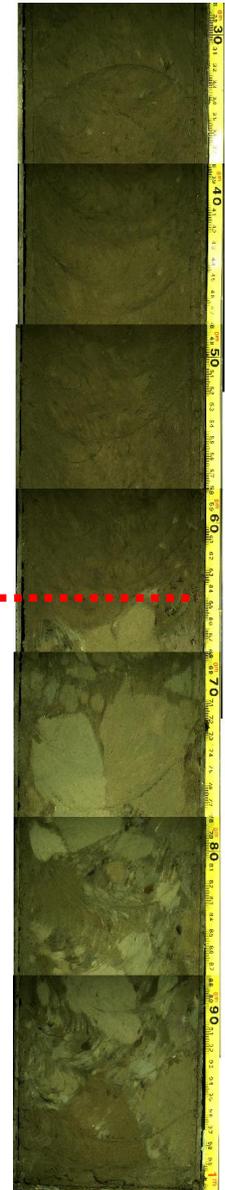
3. Materialproben aus Sedimentkernen

- Alter und Wiederholungsmuster
- Dynamik des Vorgangs

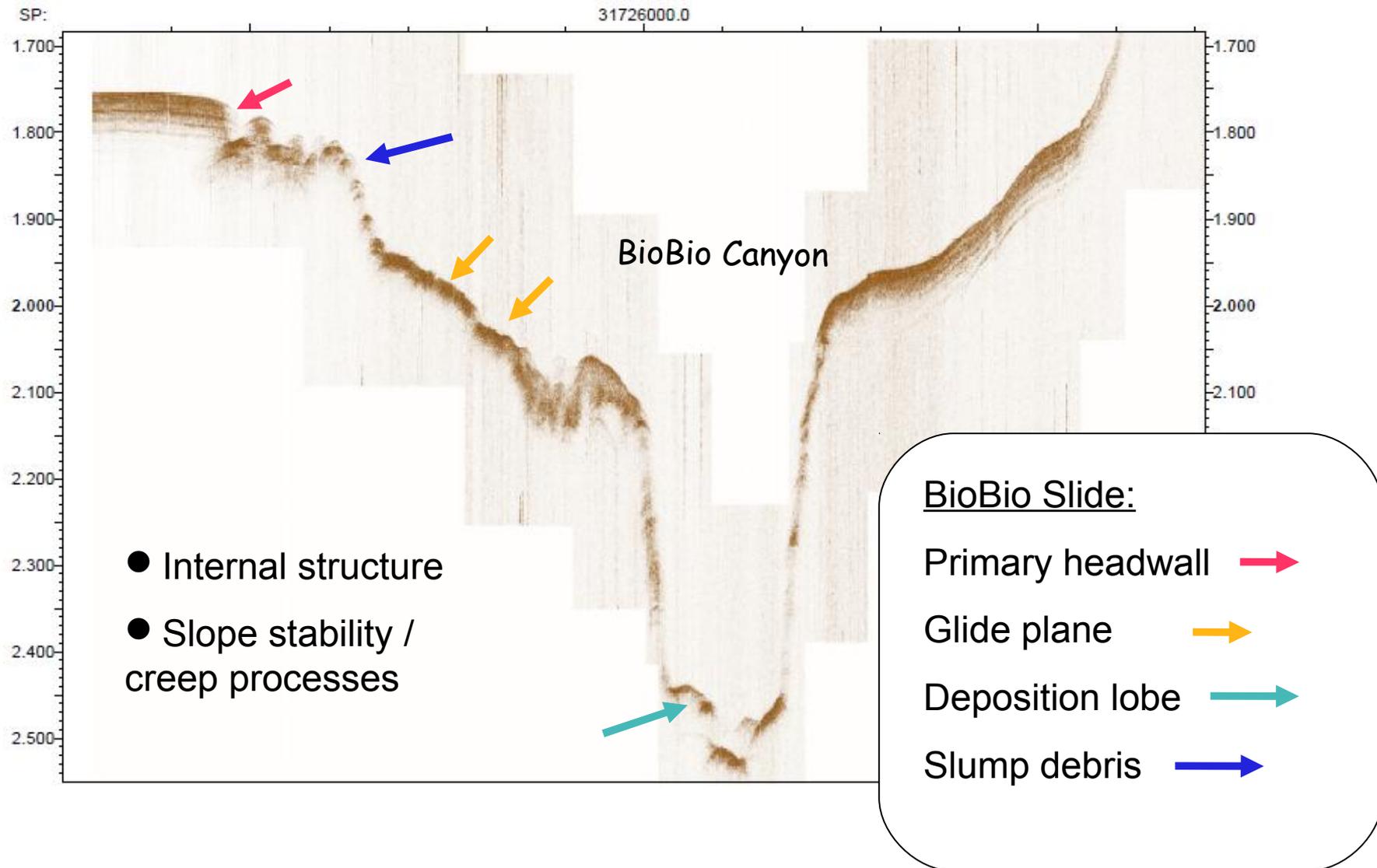


Post-slide
sedimentation:
homogeneous
silty clay

Slide deposits:
angular clay-
clasts of
different
origin



4. Seismische Profile



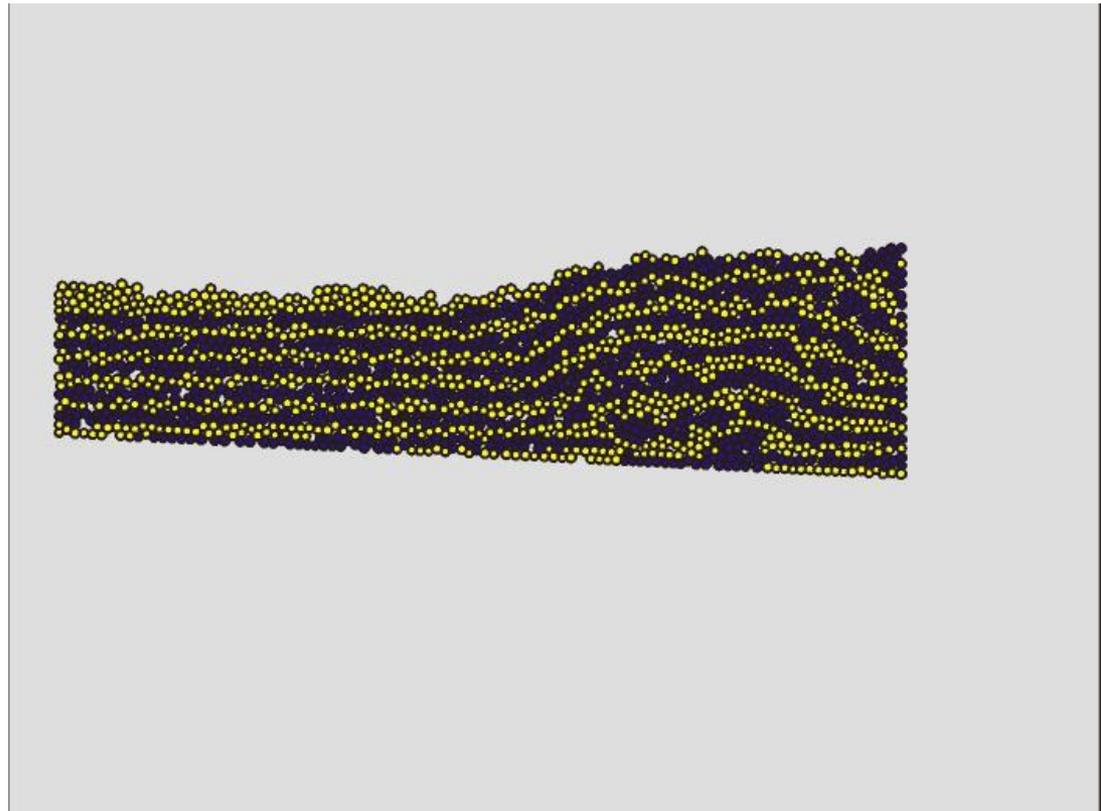
5. Digitale Modellierung (Particle flow Code)

Modellierung eines Sandkeils mit Rücküberschiebung

„Digitaler
Sandkasten“

Simulation: Wie
verformt sich ein
komplexer Körper
(z.B. geschichtete
Sedimente) unter
bestimmter Last

Wird geeicht mit
Labor-
untersuchungen



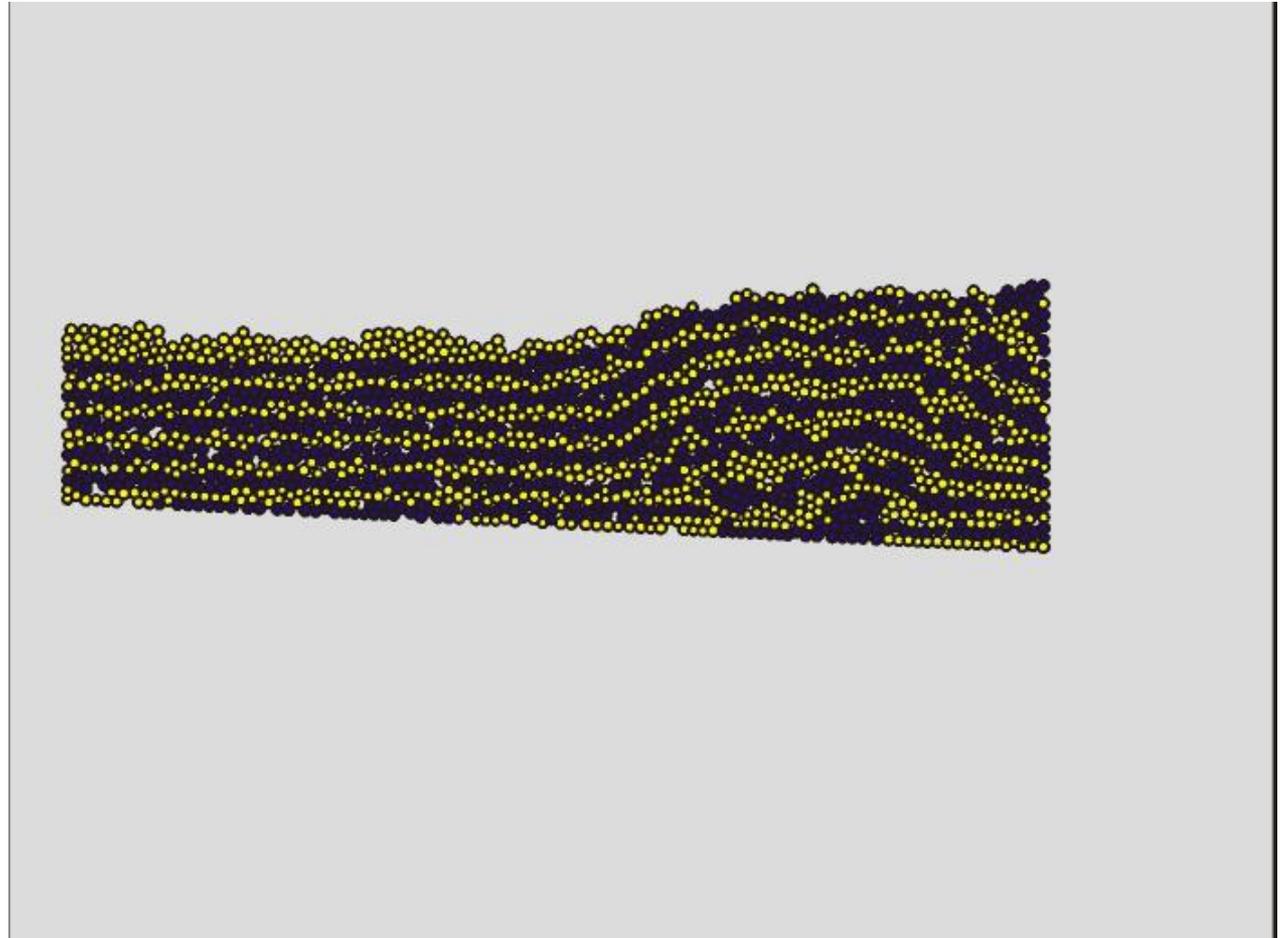
5. Digitale Modellierung (Particle flow Code)

Modellierung eines Sandkeils mit Rücküberschiebung

„Digitaler
Sandkasten“

Simulation: Wie
verformt sich ein
komplexer Körper
(z.B. geschichtete
Sedimente) unter
bestimmter Last

Wird geeicht mit
Labor-
untersuchungen



Warum Chile?

- Most powerful megathrust earthquakes of the world
- Seismic segmentation of the forearc
- Earthquake recurrence of 100-200 yrs / segment
- Coseismic horizontal and vertical motion of some m
→ Ideal trigger?

-  21./22.05.1960 Mw=9.5 Valdivia earthquake
-  27.02.2010 Mw=8.8 Maule earthquake + aftershocks (until 20.04.2010)

