



# Berg- und Talwind

Αυρη δ εκ ποταμου ψυχρη  
πνεει ηωθι προ

Homer (750 v Chr.)





# Inhaltsübersicht

- Das Phänomen „Berg- und Talwind“
- Detaillierte Betrachtung der einzelnen Vorgänge
- Rückschluss auf Gesamtphänomen
- Literaturangaben



# Das Phänomen „Berg- und Talwind“

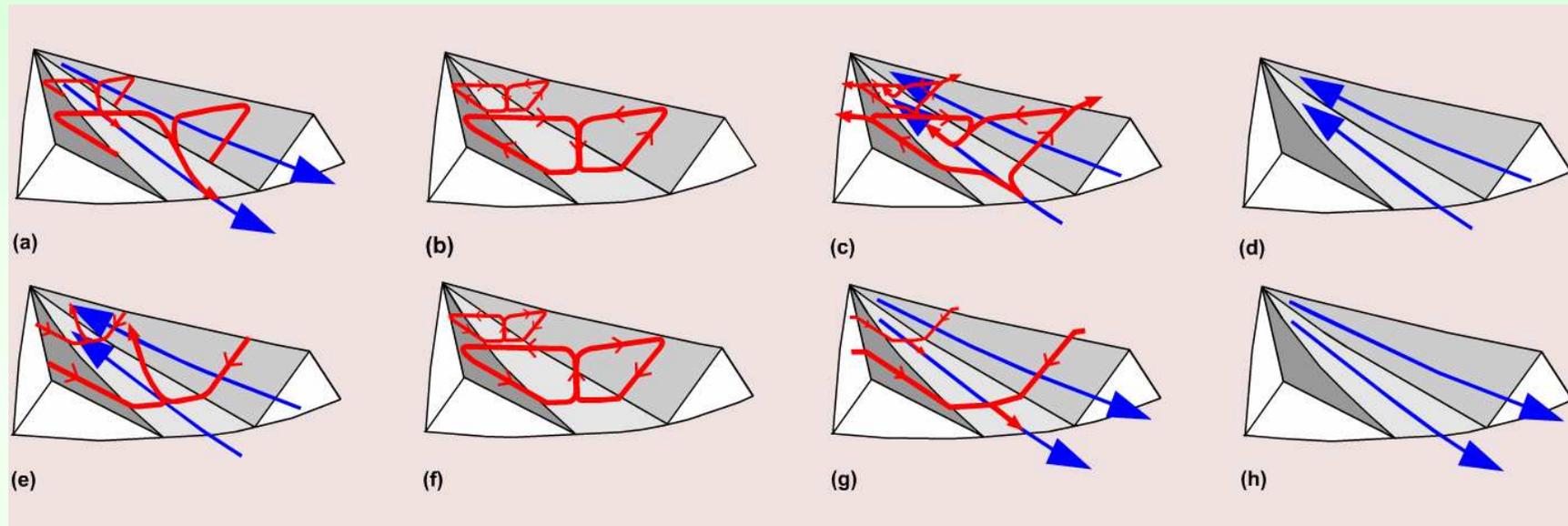


# Bedeutung der Gebirgswinde

- Durch Eigenleben großer Einfluss aufs Wetter
  - Orographische Bewölkung
  - Höhere/ niedrigere Inversionen über den Kämmen als über Vorland
  - Blockieren und Verzögern von Fronten
- Einfluss aufs Klima
  - Temperatur und Wind formen Vegetation
  - Beeinflussen Land- und Forstwirtschaft
- Einfluss auf Schadstoffausbreitung
  - Mitnahme der Schadstoffe in Tageszirkulation
  - Bei stabiler Luftschichtung kaum Luftaustausch



# Schematische Übersicht



Quelle: geographie.unimuenchen.de

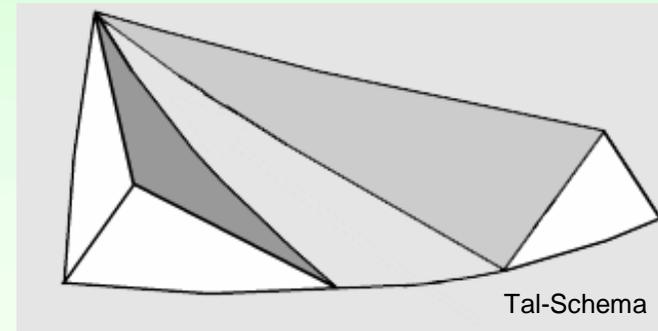
Berg-Tal-Windsystem in seinen unterschiedlichen Stadien über den Tag (aus LILJEQUIST, 1992)

- a) Hangaufwind und Bergwind bei Sonnenaufgang
- b) Hangaufwind allein am Vormittag
- c) Hangaufwind und Talwind um Mittag
- d) Talwind allein am Spätnachmittag
- e) Hangabwind und Talwind gegen Abend
- f) Hangabwind allein am Beginn der Nacht
- g) Hangabwind und Bergwind in der Mitte der Nacht
- h) Bergwind allein vor Sonnenaufgang



# Probleme des Schemas

- Bezug auf unendliche langes, homogenes Tal
- Keine Seitentäler oder Veränderungen des Querschnitts
- Bezug auf symmetrische Verhältnisse (keine ungleichmäßige Besonnung der Hänge)
- Keine Betrachtung der Verhältnisse oberhalb der Kämme (keine Überströmung, großräumige Kompensationsströmungen bzw. Antiwinde)
- Analoge Darstellung von Tag und Nacht, nur in umgedrehte Pfeilrichtung





# Detaillierte Betrachtung der einzelnen Vorgänge



# Entstehung des Gebirgswindsystem

- Einleitung:
  - Einstrahlung der Sonne auf Berghänge
  - Schnelle Reaktion auf Temperaturänderungen
  - Ausgleich von Temperatur- und damit Druckdifferenz durch **Hangwind**

→ Primärzirkulation

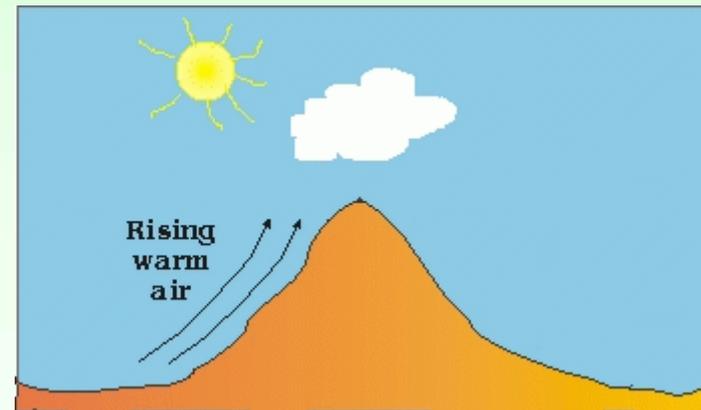
- Fortsetzung:
  - Nach einigen Stunden Verzögerung: Ausgleichsströmung zwischen Tal und Vorland durch **Berg- und Talwind**

→ Sekundärzirkulation

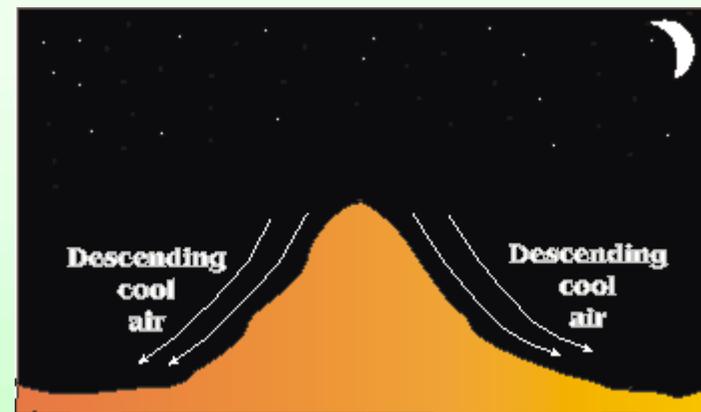


# Hangwinde

- **Anabatischer Hangaufwind**
  - Schnellere Erwärmung der Berghänge
  - Weniger dichtere Luft
  - **Thermisch induzierter Aufstieg der Luftmassen**
  
- **Katabatischer Hangabwind**
  - Schnellere Auskühlung der Berghänge
  - Dichtere Luft
  - **Durch Auskühlung verursachter Kaltluftabfluss**



Quelle: atmosphere.mpg.de

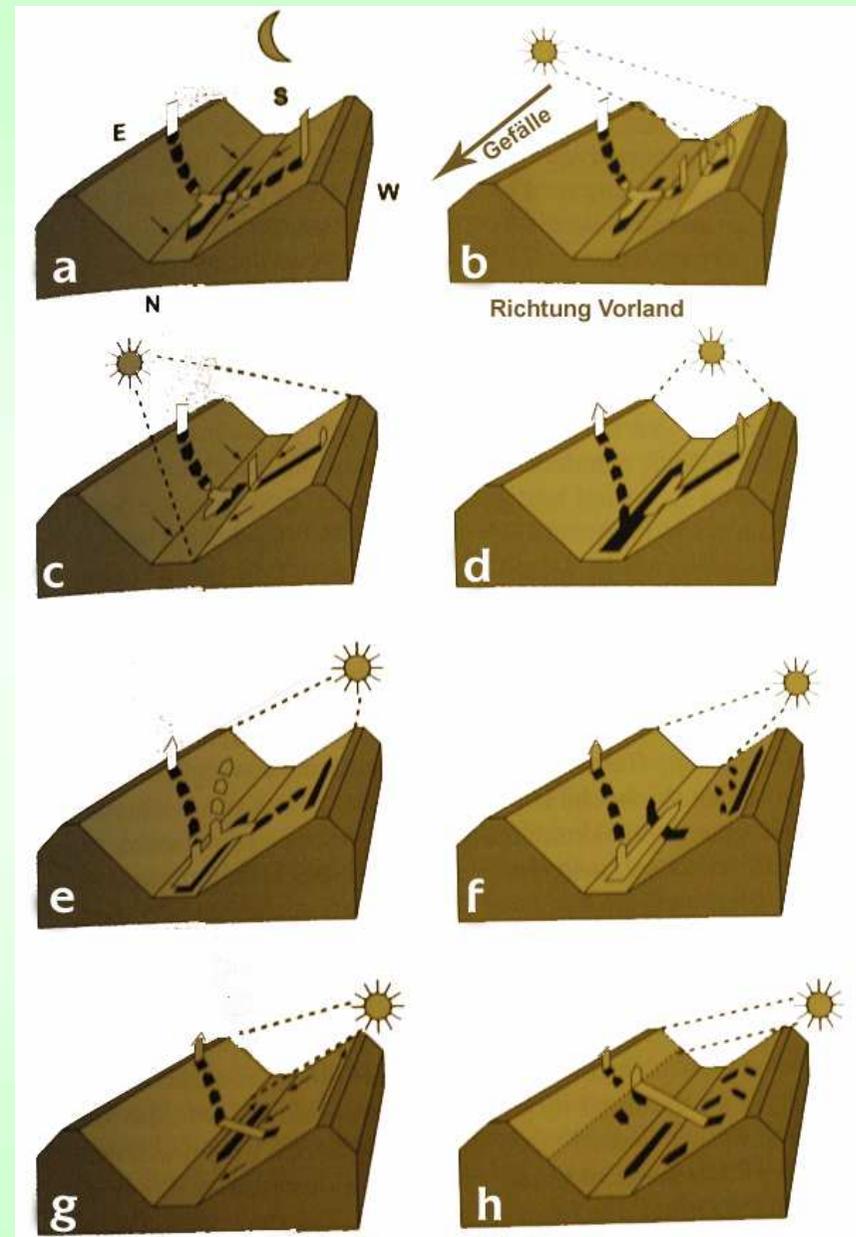


Quelle: atmosphere.mpg.de



# Asymmetrische Hangerwärmung

- a) Nächtliche Hangabwinde
- b) Sonnenaufgang beleuchtet exponierten östl. Oberhang, Westseite Kaltluftabflüsse
- c) Hangaufwindzelle am östl. Oberhang
- d) Gleichmäßige Sonne an beiden Hängen, Hangaufwindzirkulation, Talwind beginnt
- e) Thermische Begünstigung der westl. Hänge
- f) Westl. Hangaufwind nimmt Luft vom östl. Hang mit
- g) Kaltluftabflüsse am östl. Hang, Bergwind beginnt
- h) Sonnenaufgang beleuchtet westl. Oberhang mit schwachem Hangaufwind, Kompensationsströmung vom Schattenhang quer zur Talachse



Quelle: Bendix



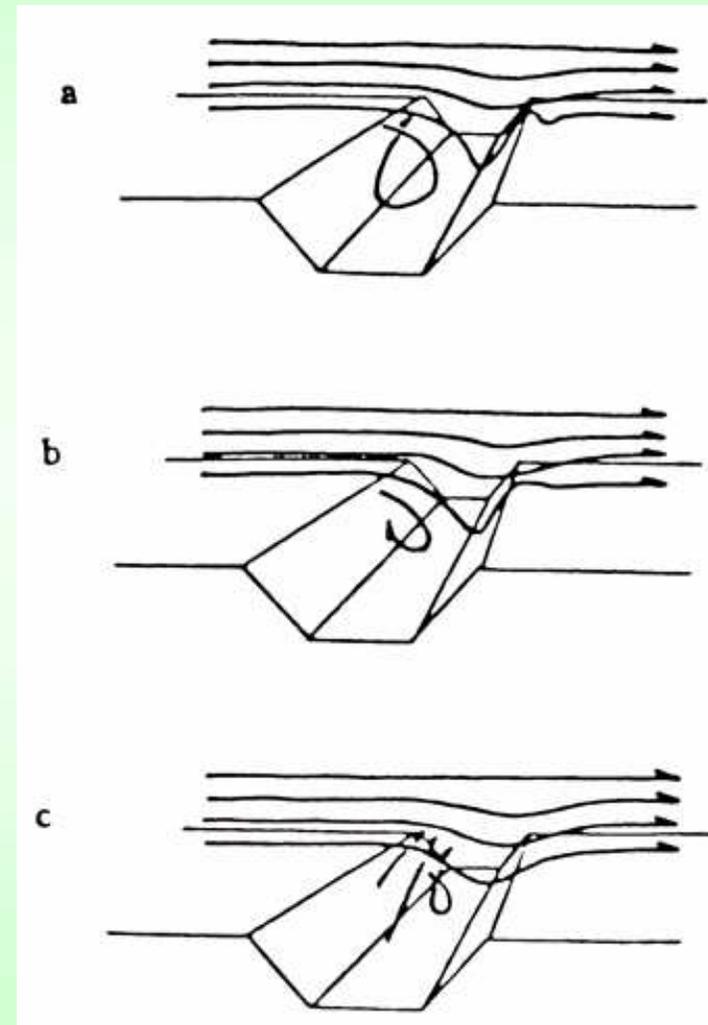
# Video: Hangaufwind → Quercirkulation





# Gebirgsüberströmung

- Wirkung eines Tals auf die Überströmung; Bildung und Auflösung von Wirbeln → Verformung des Berg- und Talwindsystems
  - Wirbelbildung am Leehang
  - Bei weitem Durchgreifen der Überströmung auch am Luvhang

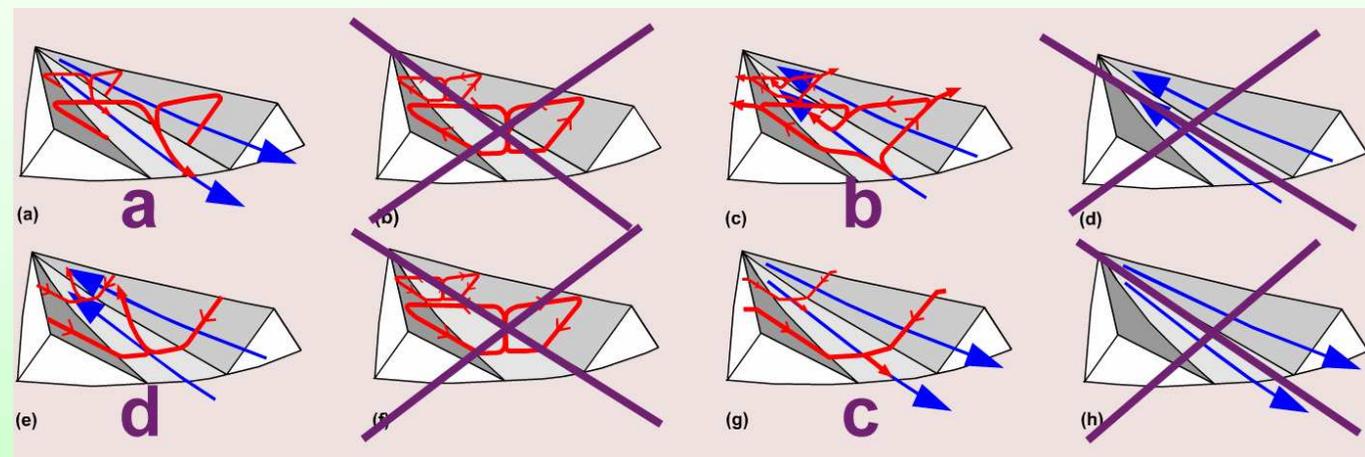


Quelle: Freytag



# Massenhaushalt

- Einteilung des Tageszyklus‘:
  - Phase a: Bergwind und Erwärmung
  - Phase b: Talwind und Erwärmung
  - Phase c: Talwind und Abkühlung
  - Phase d: Bergwind und Abkühlung
- Betrachtung des Einflusses der Seitentäler



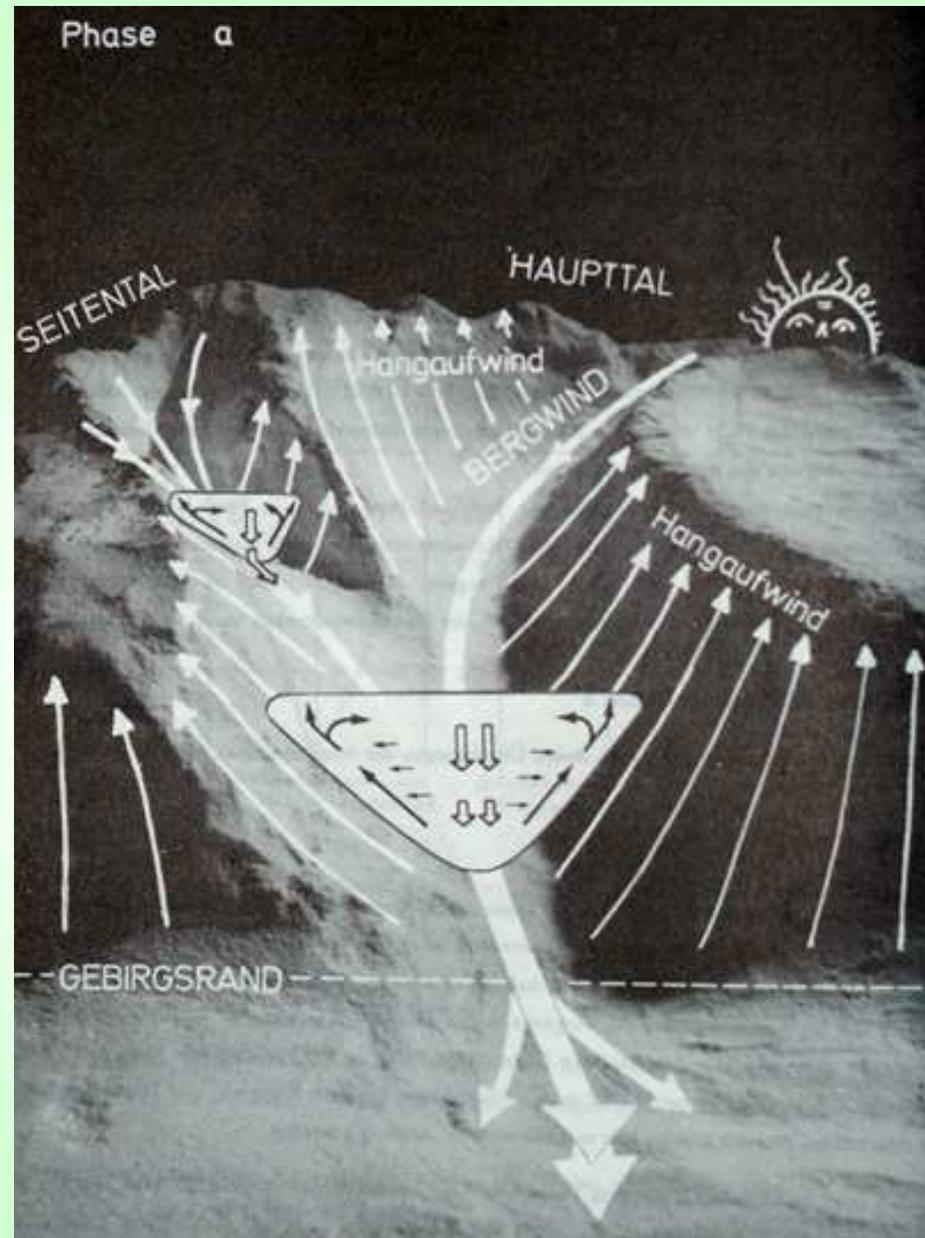


## Phase a) Bergwind und Erwärmung

### Bergwind

#### Nimmt zum Vorland hin zu!

- Tal kälter als Vorland
- Zirkulation im Tal → Kompensation
- Zufluss aus Seitentälern → Quelle
- Schließung des Systems durch den **Antibergwind**



Quelle: Freytag

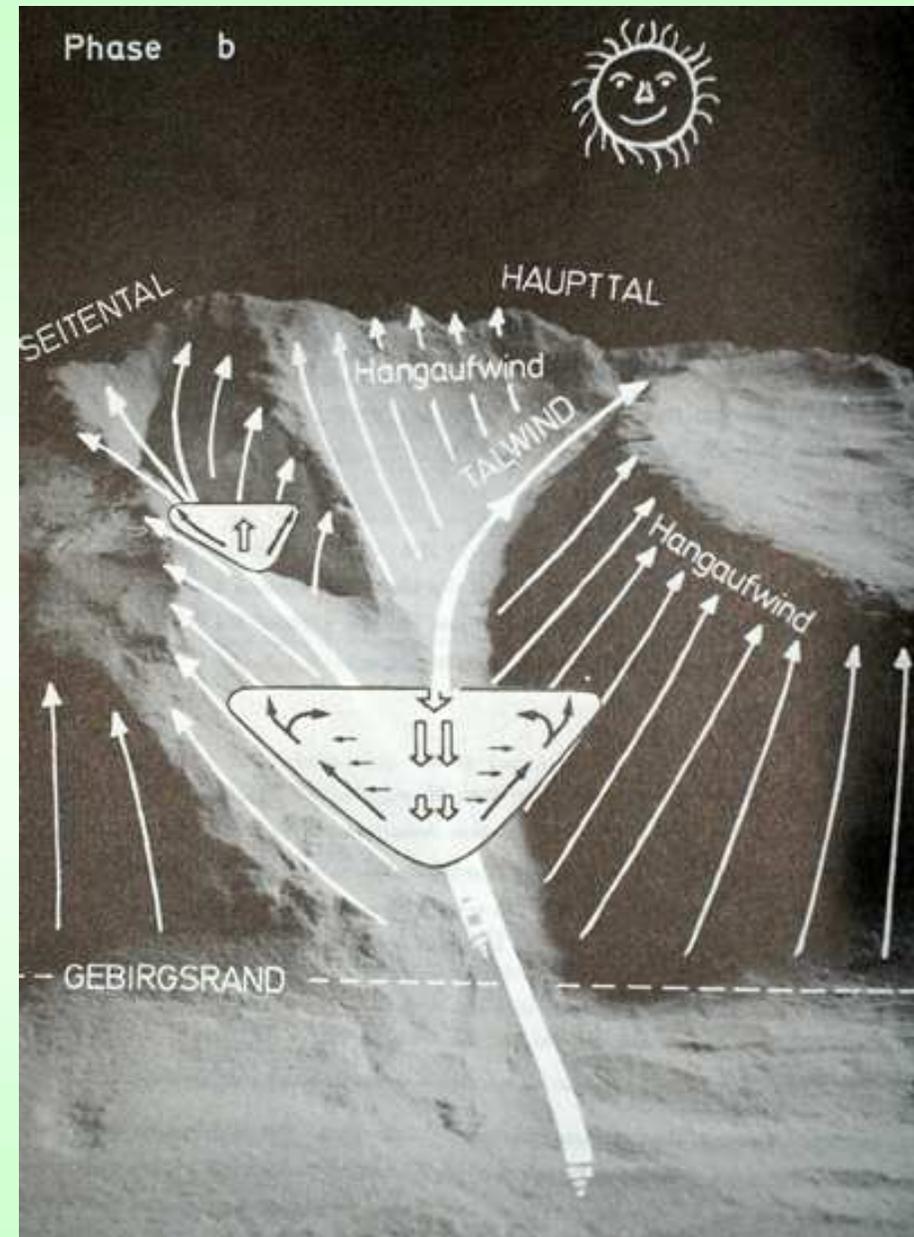


## Phase b) Talwind und Erwärmung

### Talwind

#### Nimmt zum Haupttal hin zu!

- Tal wärmer als Vorland
- Zirkulation im Tal → Kompensation
- Zufluss in Seitentälern → Senke
- Absinkende Luft im Vorland → Quelle
- Schließung des Systems durch den **Antitalwind**



Quelle: Freytag

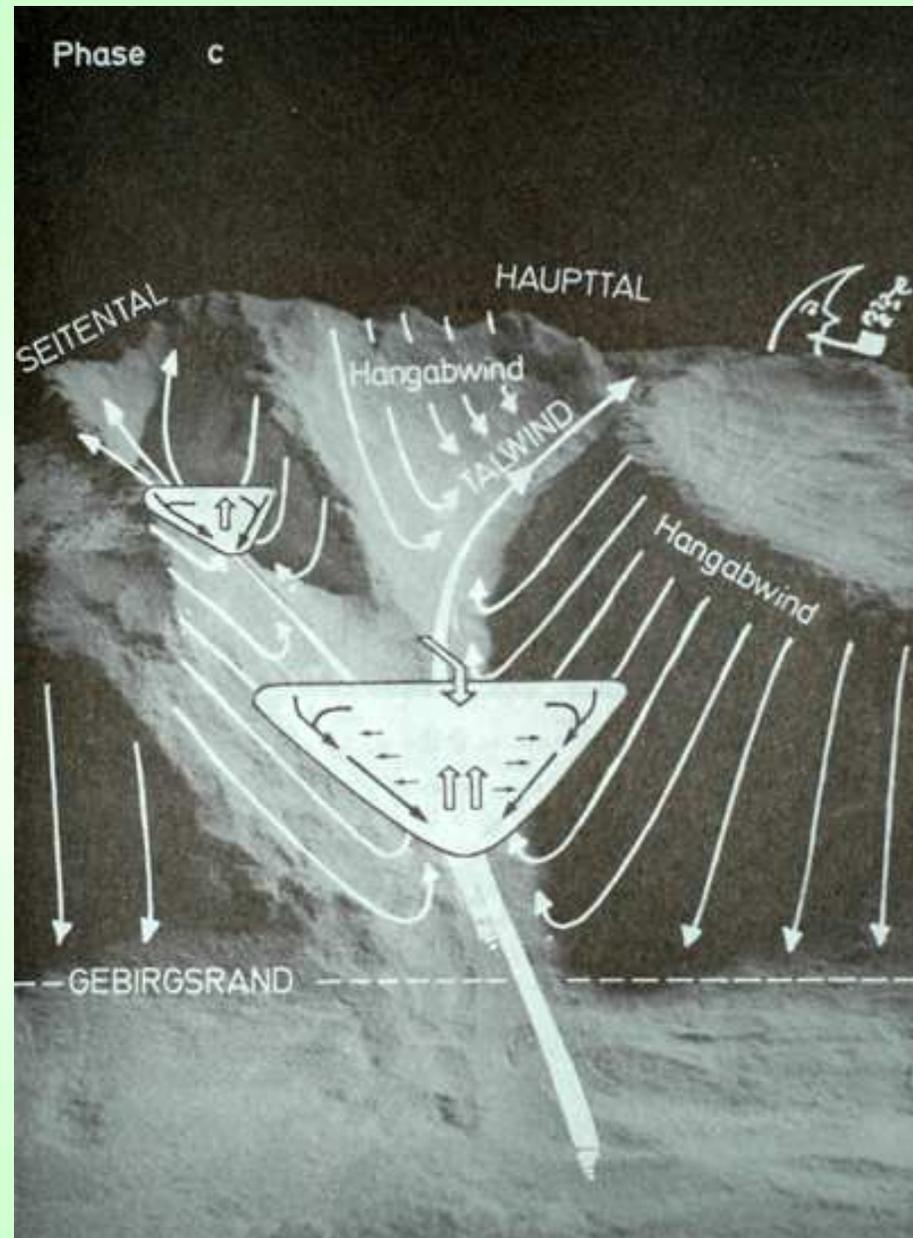


## Phase c) Talwind und Abkühlung

### Talwind

#### Nimmt zum Haupttal hin zu!

- In Bodennähe: Tal kälter als Vorland,  
In Atmosphäre: Tal wärmer als Vorland
- Zirkulation im Tal →  
Kompensation
- Zirkulation aus Seitentälern →  
Quelle



Quelle: Freytag

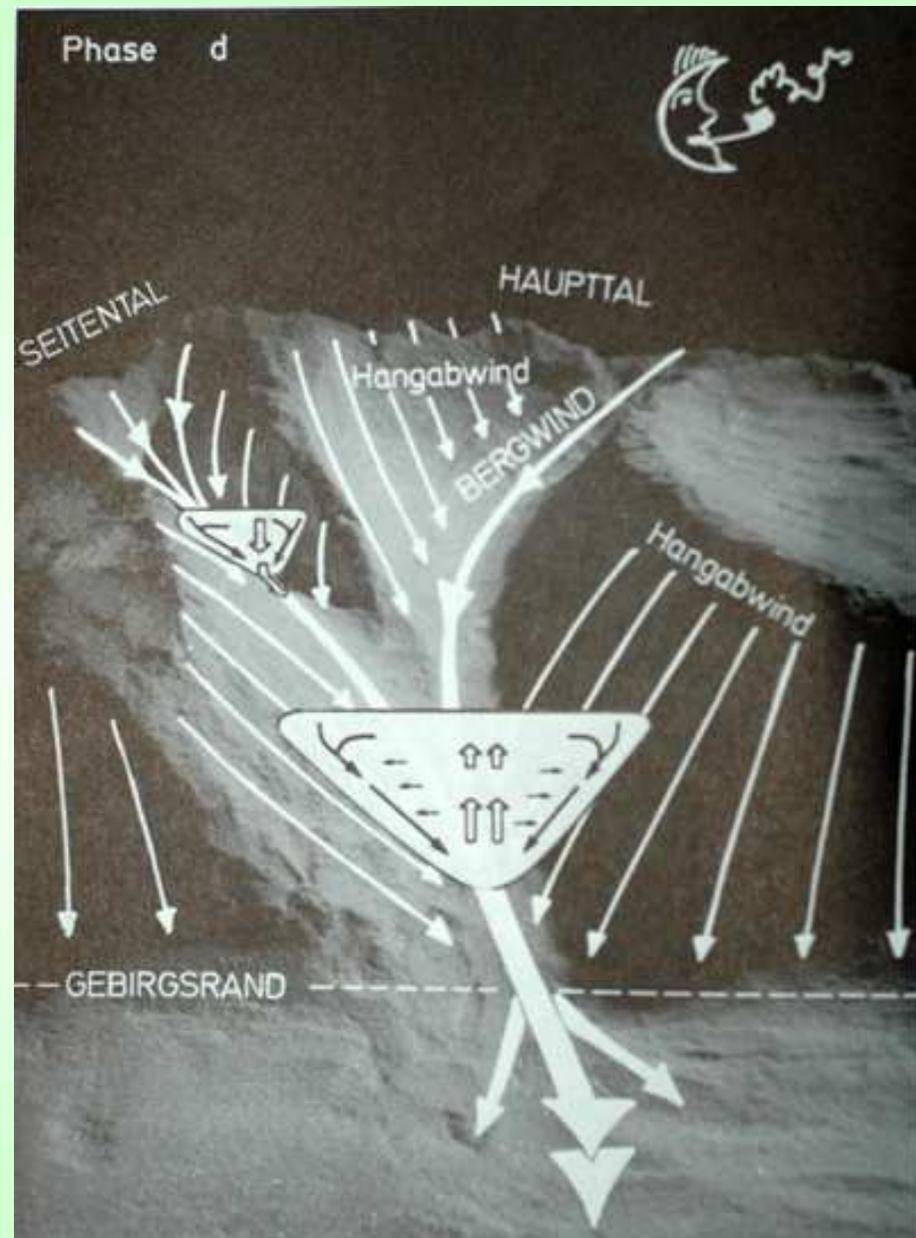


## Phase d) Bergwind und Abkühlung

### Bergwind

#### Nimmt zum Haupttal hin zu!

- In Bodennähe: Tal wärmer als Vorland,  
In Atmosphäre: Tal kälter als Vorland
- Zirkulation im Tal →  
Kompensation
- Zufluss aus Seitentälern +  
Hangabwinde → Quelle



Quelle: Freytag



# Video: Hangabwind → Bergwind





# Massenhaushalt

- Unterschiedliche Temperaturentwicklung in Tal und Vorland → Entwicklung von Berg- und Talwind auch bei geringer Neigung
- Advektive Prozesse → differenzielle Erwärmung und Abkühlung, nehmen jeweils talaufwärts zu
- Prägung durch gesamtes Einzugsgebiet
- Grundlegende Unterschiede tagsüber und nachts
- Charakteristische Zeitverschiebungen durch Wechselwirkung zwischen den Vorgängen





# Energiehaushalt

- Zwei unterschiedliche Ansätze:

- Tagsüber (Phase a und b):
  - Vertikale Advektion
- Nachts (Phase c und d):
  - Abkühlung im Tal, Kaltluftabfluss ins Vorland

*Aber wieso erwärmt sich die absinkenden Kaltluft nicht adiabatisch?*

- Drei verschiedene Einflussfaktoren:

- + adiabatische Temperaturzunahme durch Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe
- Energieverlust durch turbulenten fühlbaren Wärmestrom
- Negative Strahlungsbilanz

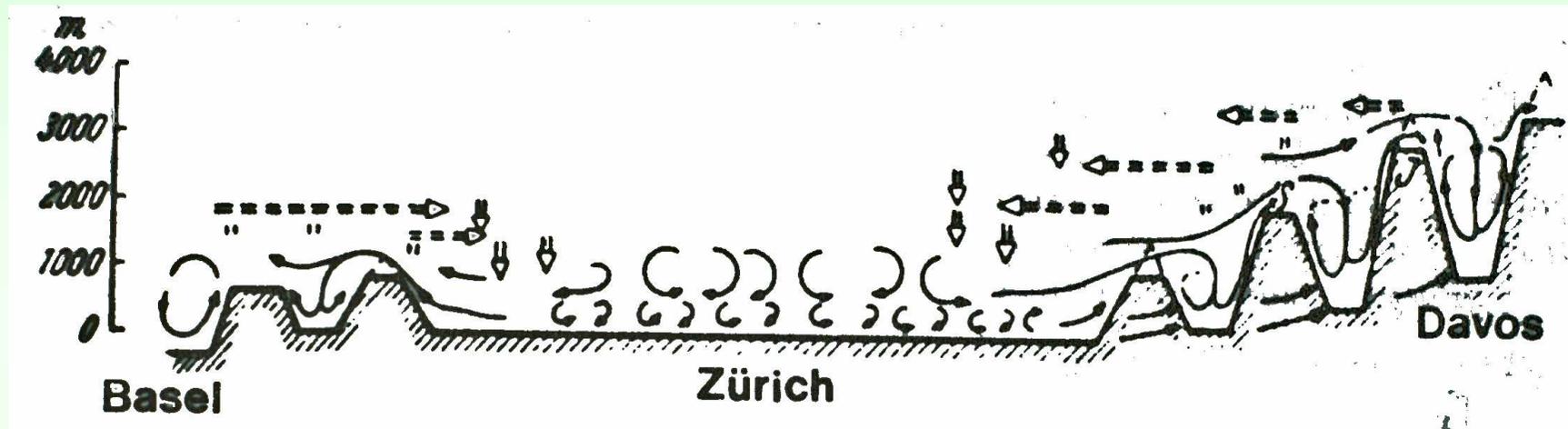
Hohe Emissivität des Bodens → thermischer Verlust der Luft  
+ Entrainment → Netto-Wärmeverlust



# Rückschluss auf Gesamtphänomen



# Gesamtschema Vorland <-> Gebirge



Systematischer Querschnitt durch Jura und Alpen

Quelle: Atm. Grenzschicht in einem Gebirgstal

Antizyklonale Wetterlage im Sommer am frühen Nachmittag:

- Generelle Gebirgsanströmung speist Hangaufwinde und Talwind
- Kompensationsströmung weit über den Kämmen vom Gebirge herab  
- Antitalwind



# Ergebnis

- Berg-Talwind-Phänomen kann nur großräumig erklärt werden
- „Schön-Wetter-Phänomen“
- Ursache: Thermische und Druckunterschiede
- Berg- und Talwind wachsen in Ihrer Richtung an

Entscheidend für die Entwicklung der Zirkulation → Reaktion auf die Vorgänge im **Tal**, so wie energetisch am günstigsten:

Divergenz tagsüber <-> Konvergenz nachts



Absinken im Tal <-> Abfluss längs des Tals



# Hoher Kasten





# Video: Hoher Kasten





# Literaturangaben



# Literaturangaben

- Jörg Bendix, Geländeklimatologie, 2004 Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung
- Carl Freytag, Atmosphärische Grenzschicht in einem Gebirgstal bei Berg- und Talwind, Universität München – Meteorologisches Institut, Juni 1988, Wissenschaftliche Mitteilung Nr. 60
- Graphiken und Filme:
  - Videos zur Talwindzirkulation und am Hohen Kasten überlassen von Prof. Steinacker, Universität Wien, Institut für Meteorologie und Geophysik
  - [http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2\\_Kreislaeufe\\_Windsysteme/\\_Lokale\\_Stroemungen\\_115.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2_Kreislaeufe_Windsysteme/_Lokale_Stroemungen_115.html) (27.01.2007)
  - <http://www.geographie.uni-muenchen.de/iggf/multimedia/Klimatologie/Graphik/KG4-1.swf> (23.01.2007)
  - [http://www.geographie.uni-muenchen.de/iggf/multimedia/Klimatologie/kleinezirkulation\\_bergtalwind.htm](http://www.geographie.uni-muenchen.de/iggf/multimedia/Klimatologie/kleinezirkulation_bergtalwind.htm) (23.01.2007)
  - <http://ulrichprinz.de/air/de/by06/pic/ralf-inntal-ulli.jpg> (23.01.2007)
  - <http://www.adventure-sports.de/images/karten/thermik.gif> (27.01.2007)
  - <http://www.hoherkasten.ch/presse/> (30.01.2007)