

# Geomorphologie, Dünen, Böden



# Faktoren der physikalischen Kräfte in ariden Gebieten

**Ausgangsgestein:** extrem harte plutonische Tiefengesteine (Gneise, Granite) als Bauteile der Kontinentalschollen werden nur langsam erodiert, ebenso Vulkanite (Basalte, Porphyre)

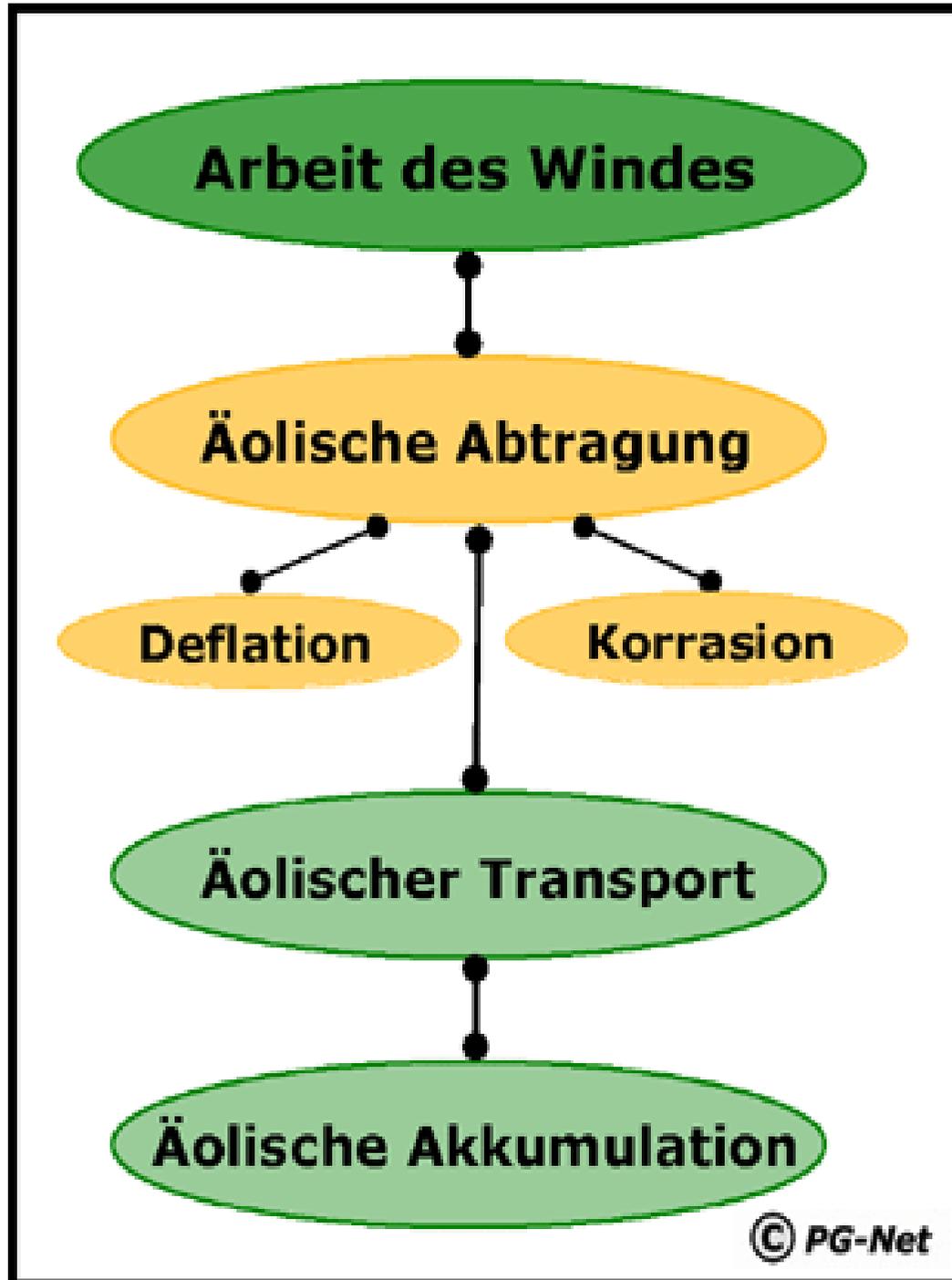
Sedimentgesteine alter Wüstenphasen und Tiefseebildungen (Quarzite, Sandsteine), marine und limnische Flachwasser-Ablagerungen (Kalke, Mergel, Kreide) erodieren sehr rasch.

**Hangneigung:** bestimmt die Erosionsdynamik

**Ablaufwasser:** Menge und zeitliche Verfügbarkeit

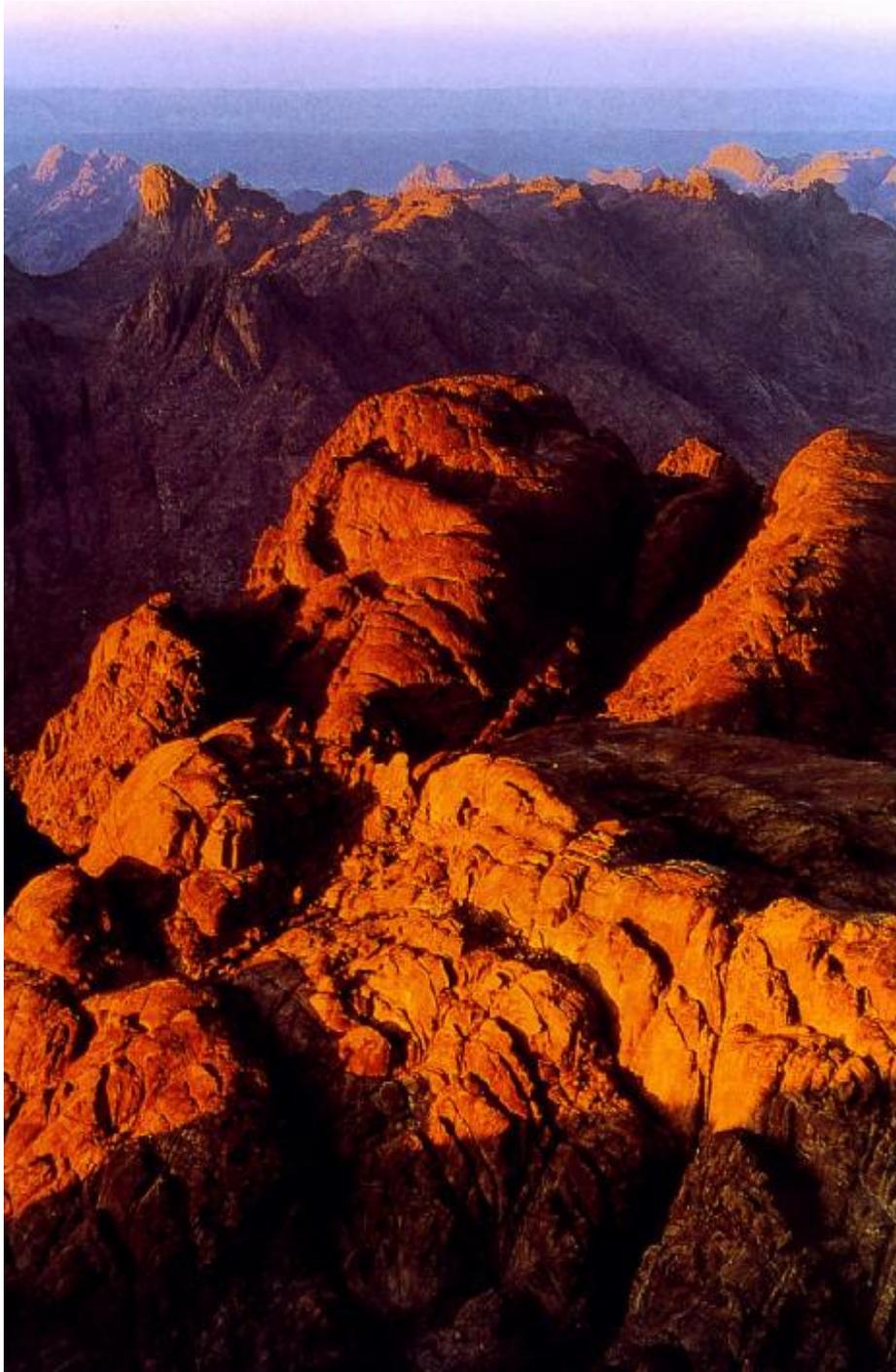
**Gelöste Salze:** Menge und Zusammensetzung

**Temperatur:** max und min im Tages- und Jahresverlauf



Einflüsse der Windtätigkeit in Wüstengebieten bei der physikalischen Abtragung und Umlagerung

Deflation: Verdriftung  
Korrasion: Abschleiß



Ausgangsort vieler geomorphologischer Phänomene in Heißwüsten sind Gebirge und Hochplateaus.

Ausgangsmasse sind alte Kontinentalschollen-Teile aus Graniten und Gneisen.

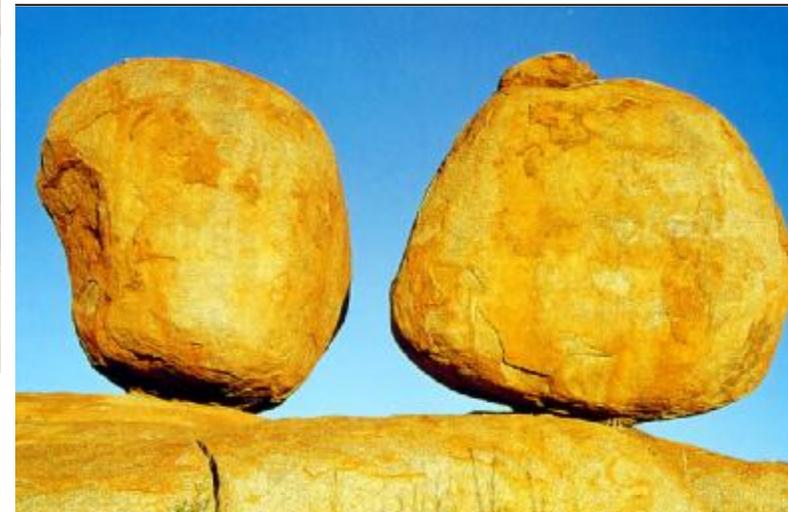
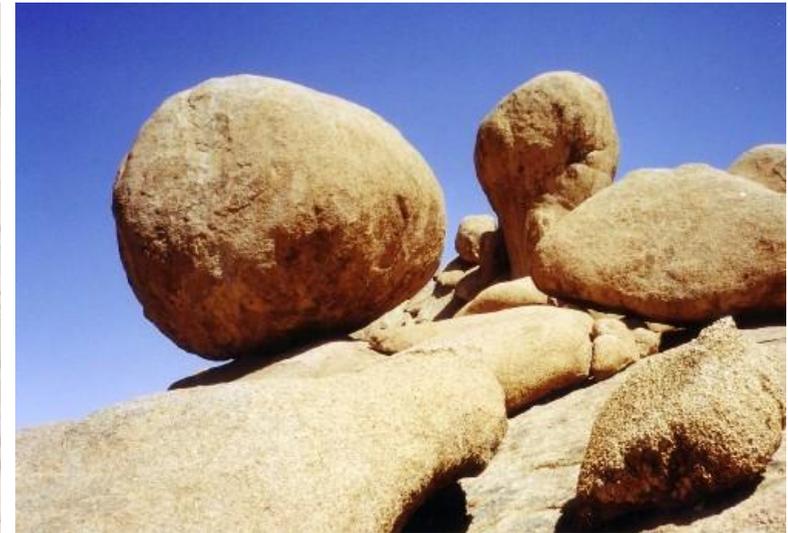
Der geologische Abbau erfolgt durch zahlreiche meteorologische, physikalische (und chemische) Einflüsse.

Sinai-Gebirge

Durch sg. „Wollsackverwitterung“ zerfallen granitische Gebirge allmählich in runde (Riesen)blöcke, die dann durch Hitze, Kälte, eindringende Lösungen an Störzonen weiter zerkleinert werden



Niger



Australien



Das extreme Strahlungsklima beschleunigt die Prozesse

## Granit-Verwitterung unter subtropischen Klimabedingungen



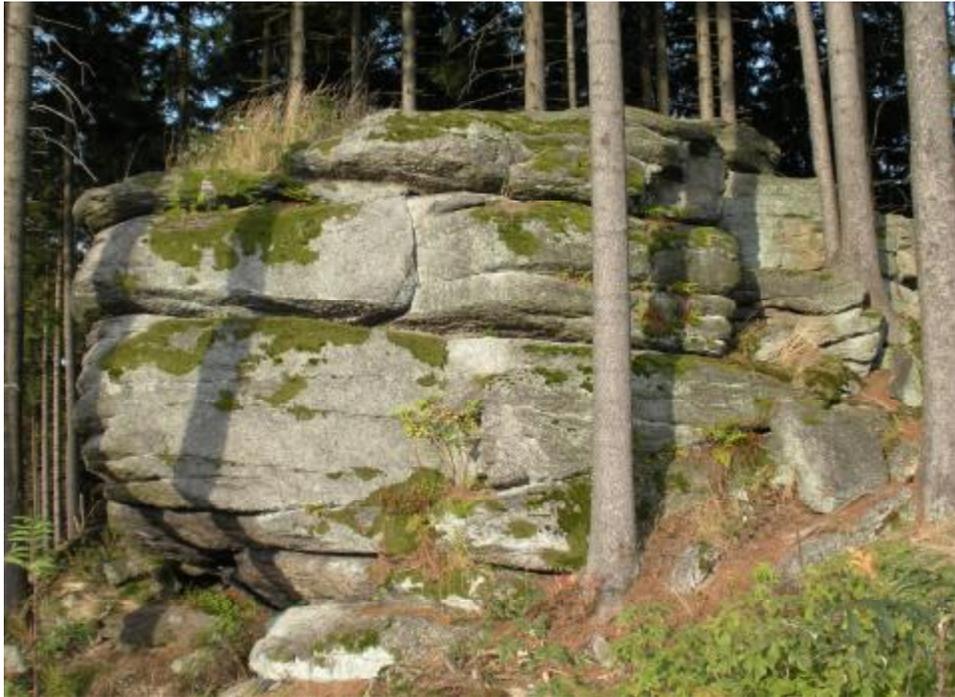
Auflösung setzt bereits unter der Oberfläche ein. Wollsackblöcke unter der Verwitterungsdecke



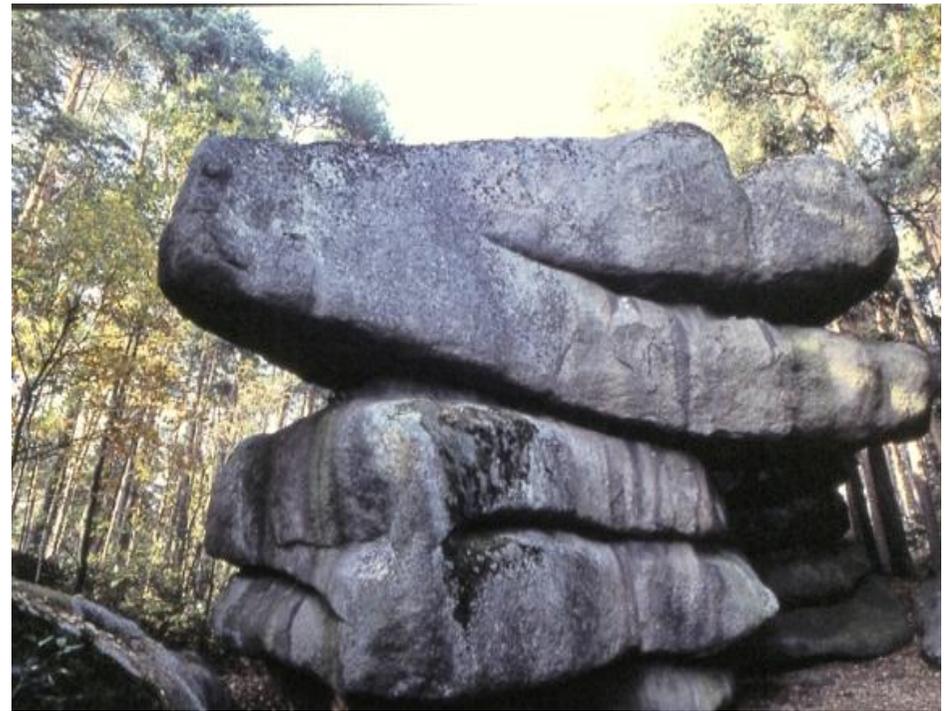
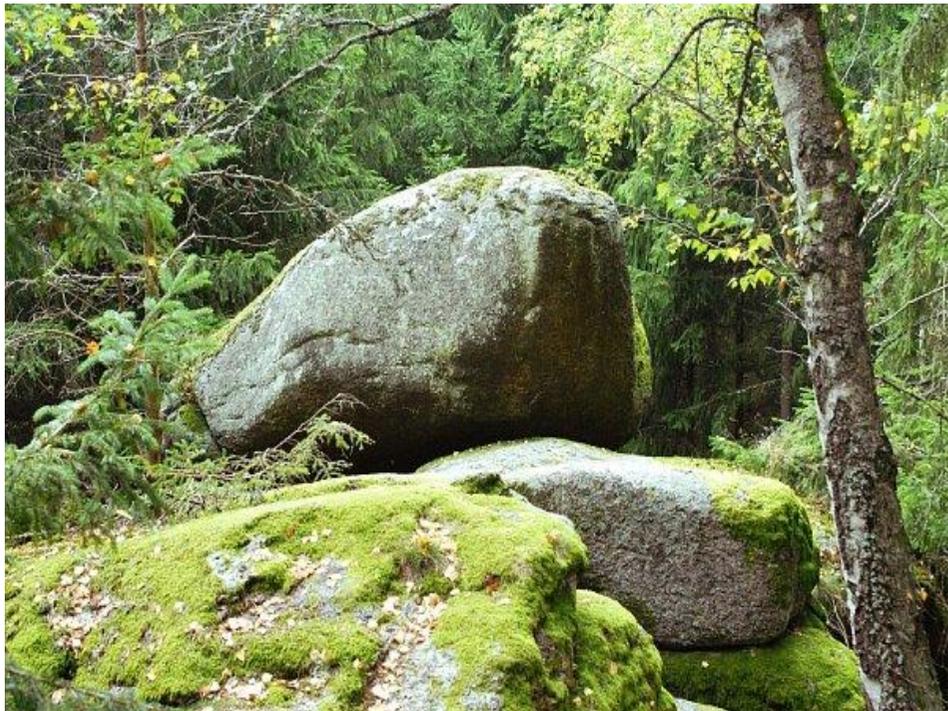
Abtragung der Verwitterungsdecke durch Erosion



Im Untergrund durch chemische Verwitterung gerundete Wollsackblöcke gelangen nun ohne Verband an die Oberfläche.



Die sg. „Wackelsteine“ der kristallinen Böhmisches Masse sind einst unter ähnlichen Klimabedingungen durch Wollsackverwitterung entstanden



Überformung alter Kontinentalmassen durch meist geologisch junges, klastisches Ergussmaterial



Hoggar, S. Algerien



Vulkane produzieren harte Basalte und weiche Lava. Durch Erosion entsteht ein Schuttmantel um den harten Kern der alten Schlotfüllung.

Hoggar, S.-Algerien, 3.000 m





Jungtertiäre Vulkane produzieren oft dünnflüssige und daher großflächige Lavadecken, die bei späterer Erosion zur Basalt-Hamada (*Harra*) zerbrechen.

Syrische Wüste



# Stadien der physikalischen Erosion von Sedimentdecken in der Wüste

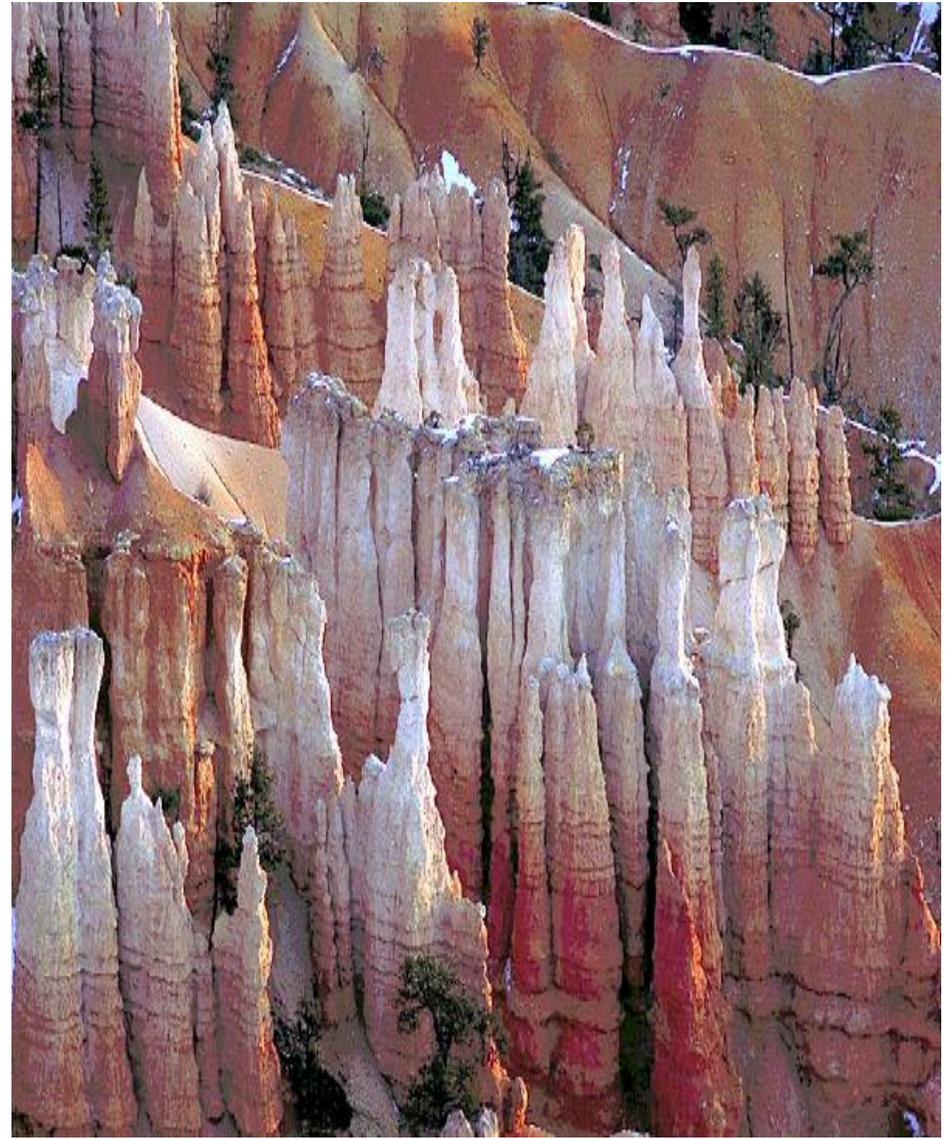


Hochebenen und Plateaus aus festen Sedimentgesteinen (Quarzit, Sandstein) erodieren je nach Härtegrad, Alter und Herkunft anfänglich in horizontale Schichtlagen



S. Jordanien

Das Gesamtgefüge löst sich allmählich auf, es entstehen  
Tafelberge, Türme, Säulen .....



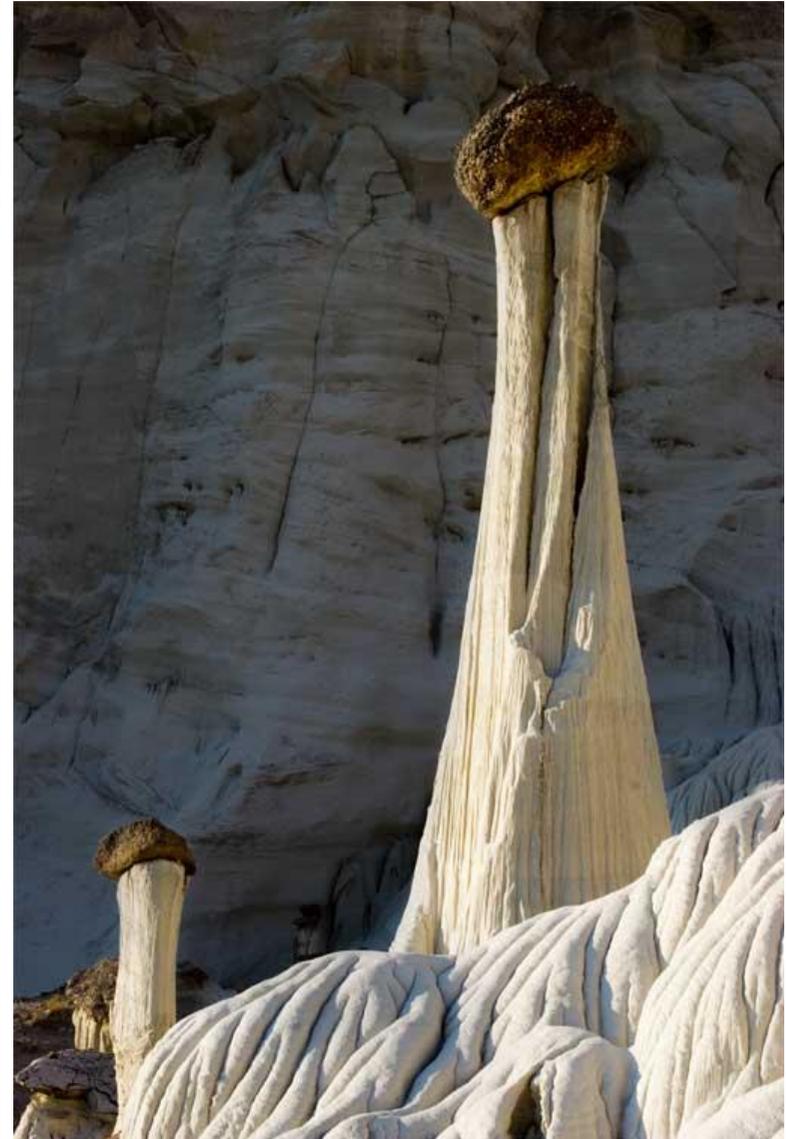
.....Felsnadeln



.....Zeugenberge



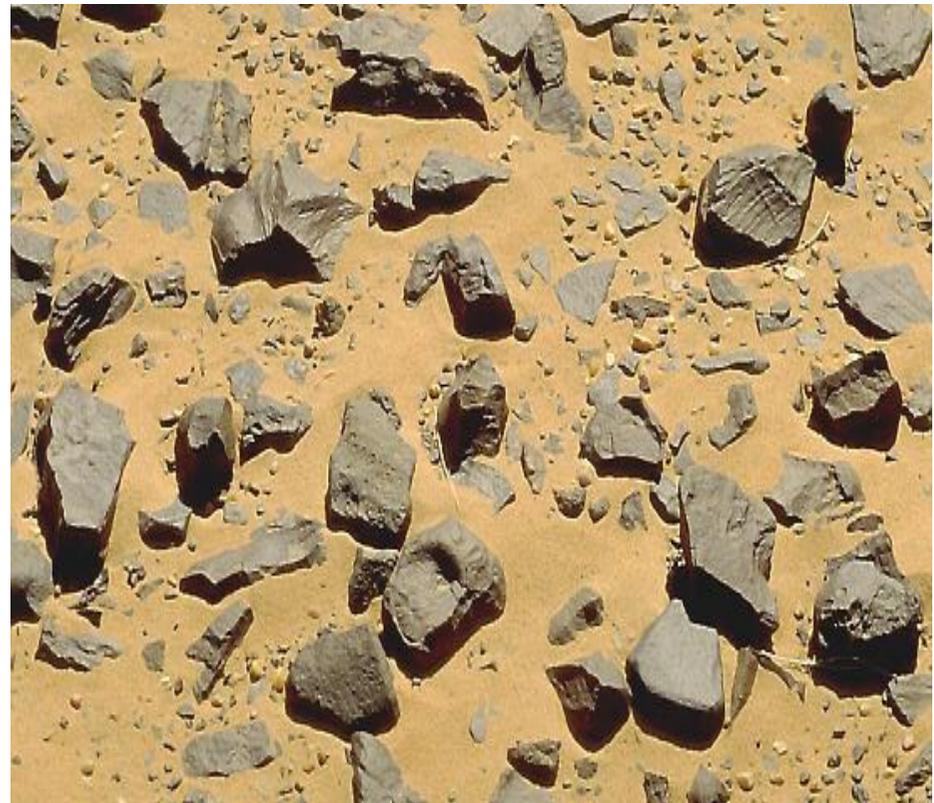
Durch weitere Auflösung  
entstehen sg. **Hoddos**



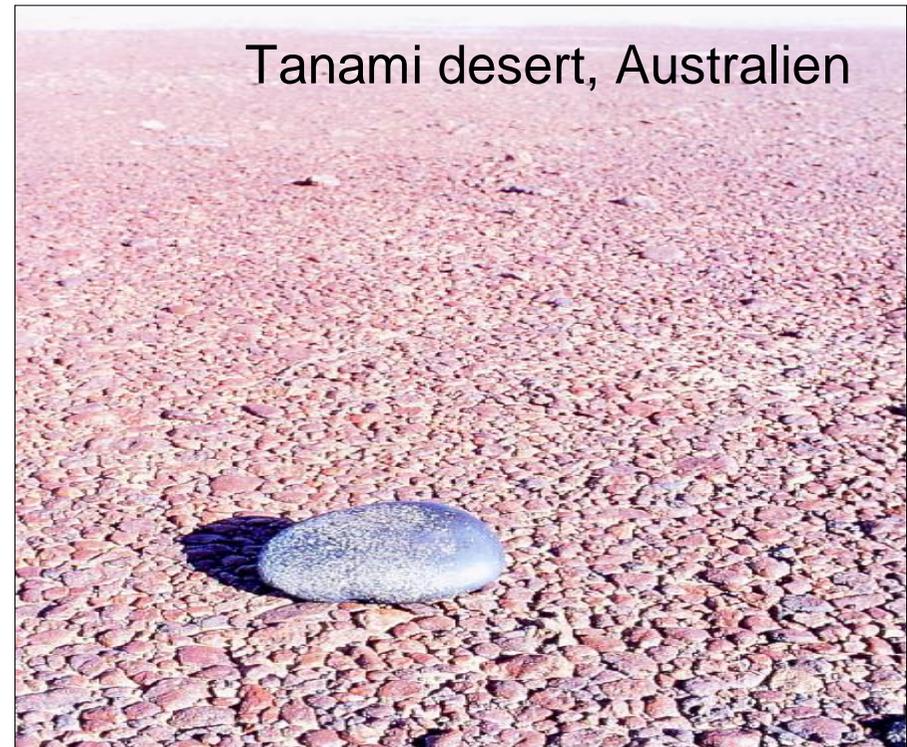
# Brückenbildung durch Erosion entlang von Störungszonen



Von Grobsedimenten dominierte Wüstengebiete bezeichnet man als **Fels-/Steinwüste (*Hamada*)**. Sie verändern sich nur mehr wenig und nehmen 70% der Wüsten ein. Verschiedene Typen werden unterschieden: Blockschutt-Hamada, Basalt-Hamada (*Harra*), Flintstone-Hamada (Feuerstein) u.a.



**Kieswüsten (*Reg, Sserir*)** entstehen entweder entlang von Wadis, die aus dem Gebirge Wasser in tiefere Lagen transportieren bzw. als ufernahe Formationen ehemaliger Meeres- oder Süßwasserbecken. Sie nehmen zwar nur 5% der gesamten Wüstenflächen ein, können lokal aber riesig sein (Muzurk-Becken im südl. Libyen)



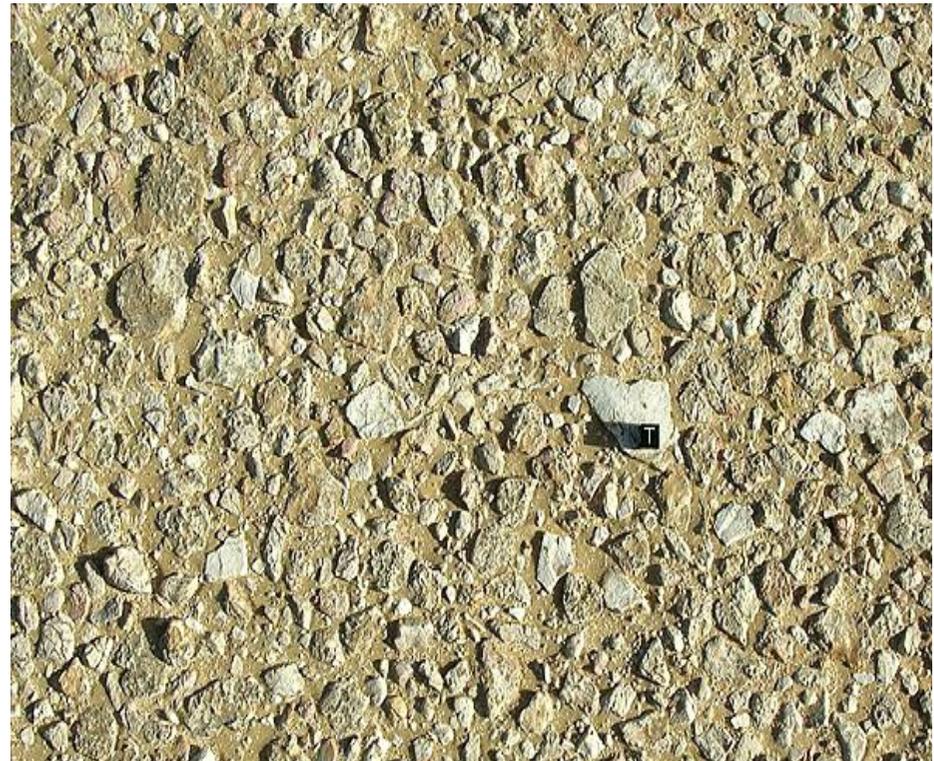
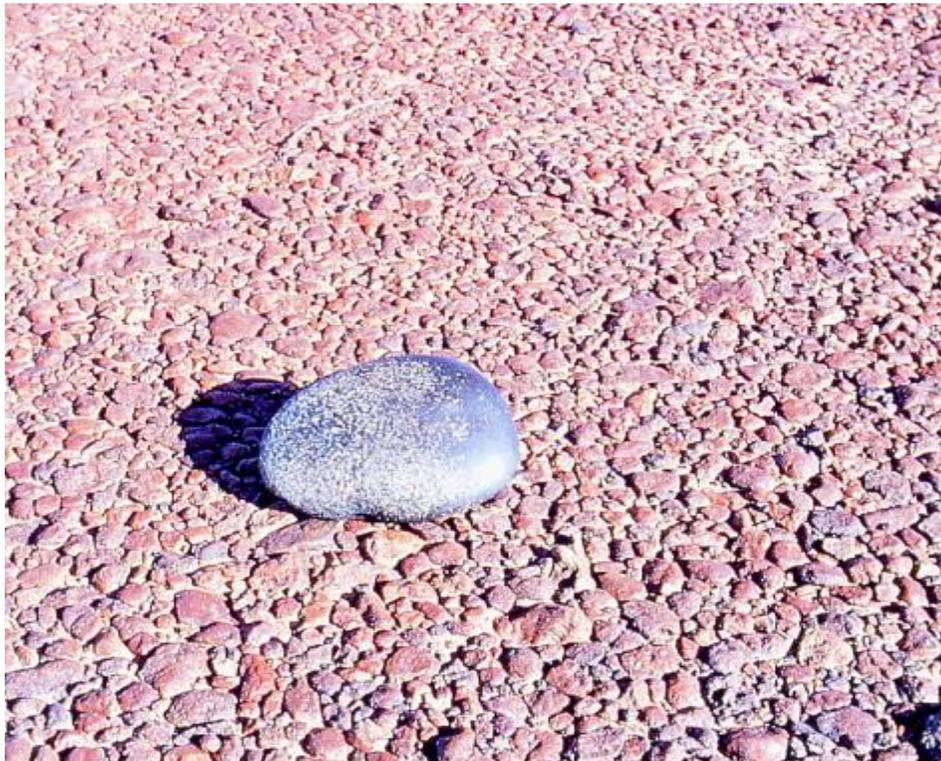
mit Wüstenlack-Überzug



**Windkanter** entstehen auf ebenen Flächen mit auffälligen Schliffkanten durch ständige Windeinwirkung aus einer gleich bleibenden Richtung (Passate). Allmählich werden sie durch Abschleiß immer kleiner.



**Äolische Steinpflaster** entstehen durch Deflation über lange Zeiträume. Feinsedimente werden völlig ausgeblasen, die schwereren Steine sinken dadurch immer mehr in die Tiefe und zu einander, bis sie letztlich gemeinsam eine geschlossene Bodendecke bilden und sich auch durch Kalkkrusten eng und undurchdringlich verbinden können. Für Pflanzen sind Steinpflaster extrem lebendfeindlich





Wüstengesteine sind oft sehr alt und reich an Mineralien, insbesondere an Cu,- Fe,- Mn- Verbindungen





Mangan- und Mangan-Eisenknollen sind während mariner Phasen heutiger Wüsten hpts. durch bakterielle Tätigkeit in der Tiefsee entstanden. Bei der Erosion von Sedimentgesteinen werden sie frei gelegt



rezente Mn-Knollen am Meersboden in -2000m

**Hartrindenbildungen** sind oberflächliche, dünne, sehr feste Gesteinskrusten aus Metalloxiden (meist Fe- und Mn-Oxide). Sie werden chemisch aus dem Gestein gelöst, vermutlich unter bakterieller Beteiligung, mit nachfolgender Verdunstung von Lösungswasser. So entsteht der „**Wüstenlack**“.  
In ca. 10.000 Jahren bildet er eine Schichtdicke von <1 mm.



neolithische Petroglyphen auf Wüstenlack in der arabischen Wüste

Plateaus aus mergeligen, weichen Kalken sind extrem erosionsanfällig und werden an Hängen durch das Niederschlagswasser stark zertalt. Meist sind sie völlig vegetationsfrei



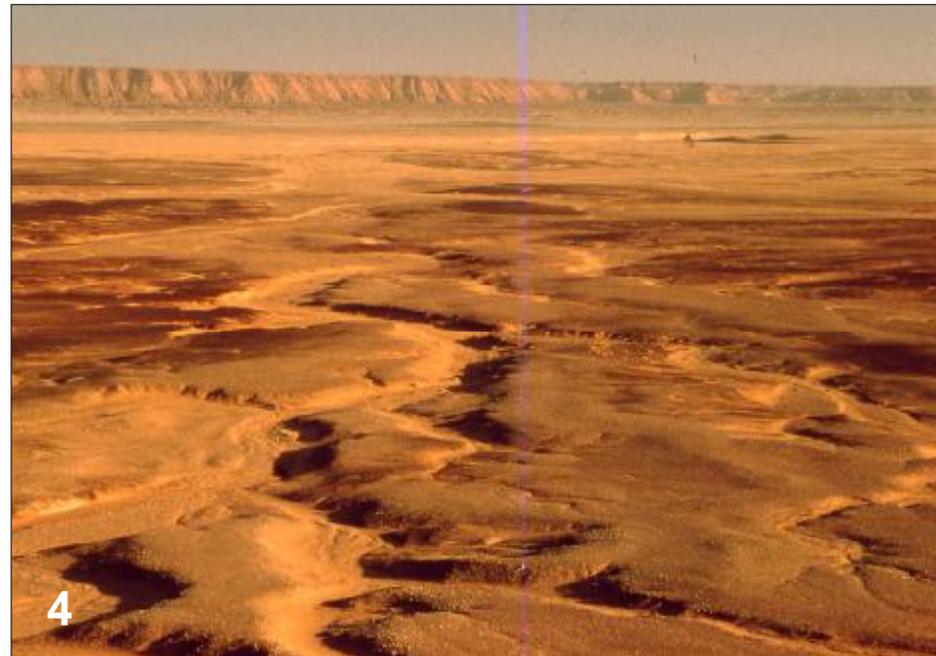
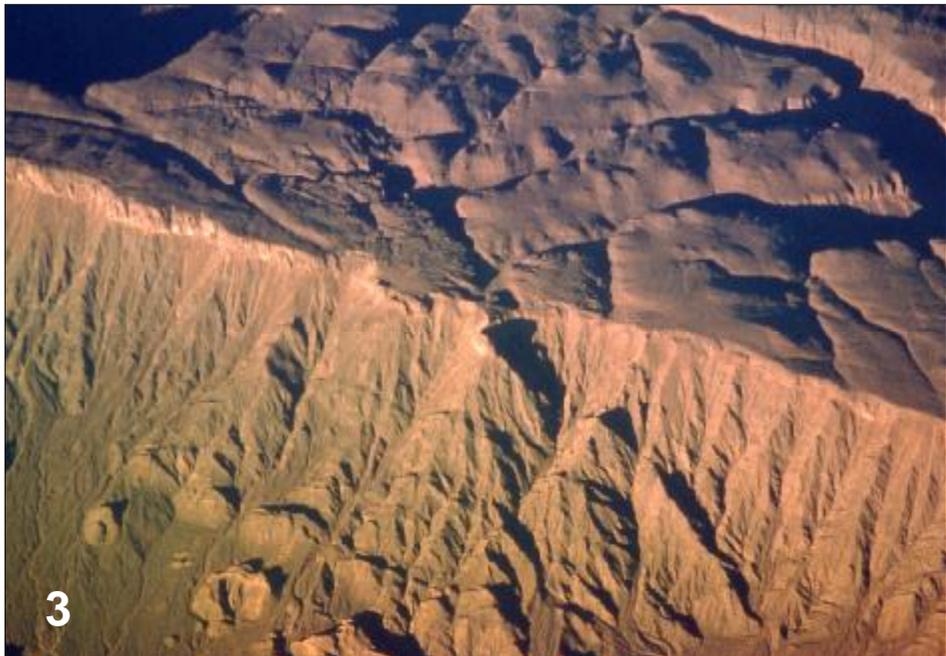


Die Erosionswirkung ist bei weichen Kreide-Sedimenten bes. auffällig, Entstehung typischer Pilzformen

ehem. pleistozänes Seebecken der White Desert / W-Ägypten



vom Hochplateau (*Tassili*) zur Akkumulationswanne (*Sebka*)





von der Akkumulationswanne  
zur **Salzpfanne (Sebka)** und  
zum **Salzsee (Schott)**

Wasserführung periodisch  
(Winterregen) oder ständig,  
Salzkonzentrationen können  
>32% ! erreichen



**Schott Djerid/Tunesien**



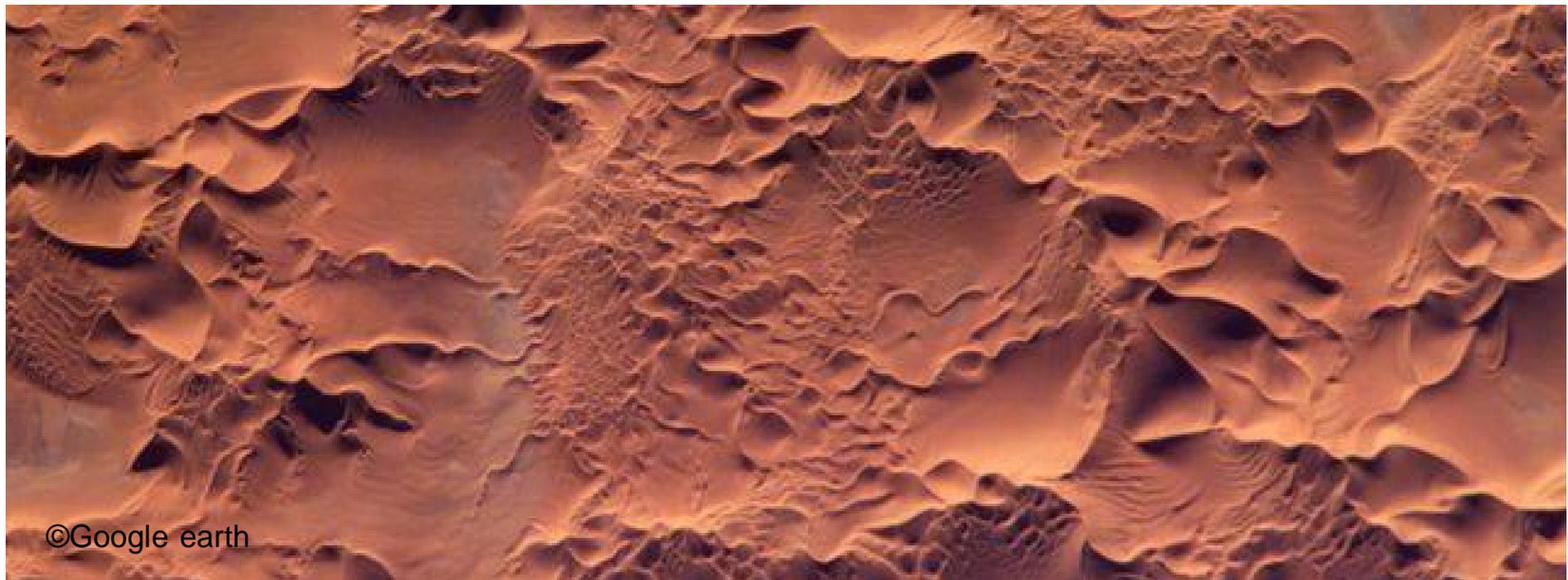
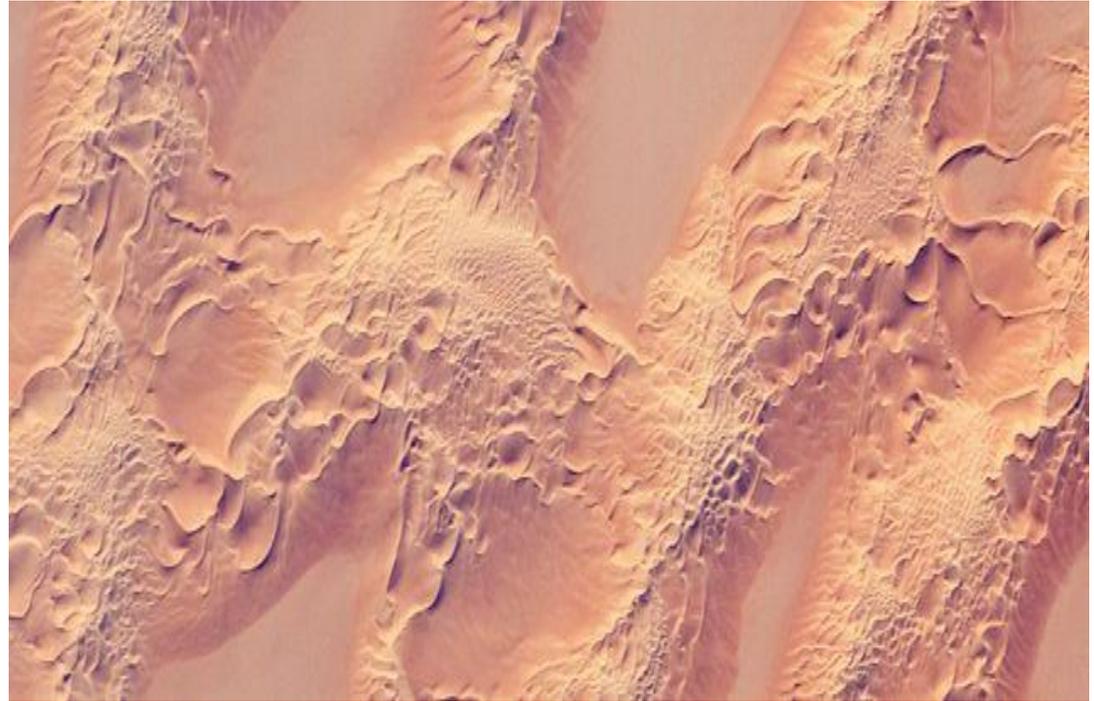
**Salar de Uyuni/Bolivien**

**Sandwüsten (*Ergs*)** bilden 20-23% aller Wüstenflächen.  
Die größten sind die Rub al Chali (Arab. Halbinsel) mit 840.000 km<sup>2</sup> und die Takla Makan in China (270.000 km<sup>2</sup>).



Erg Chebbi, S. Algerien

Ergs enthalten immer  
vielfältige Dünenformen  
in einem engen, meist  
vernetzten Mosaik

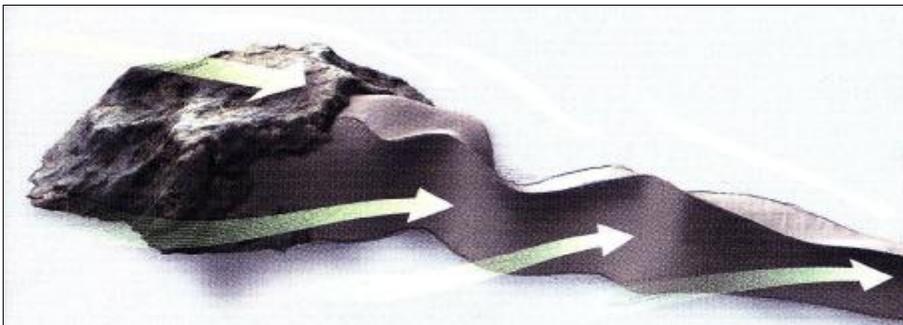




**Rourds (Draas)** sind tausende Jahre alte pleistozäne u. stationäre Megadünen im Inneren der Ergs, die Gebirge bis >200 m (Namib, Tacla Makan) Höhe bilden. Der höchste Dünengipfel beträgt 520 m (Sandberg Biluthu, Alashan-Wüste, westl. Gobi)

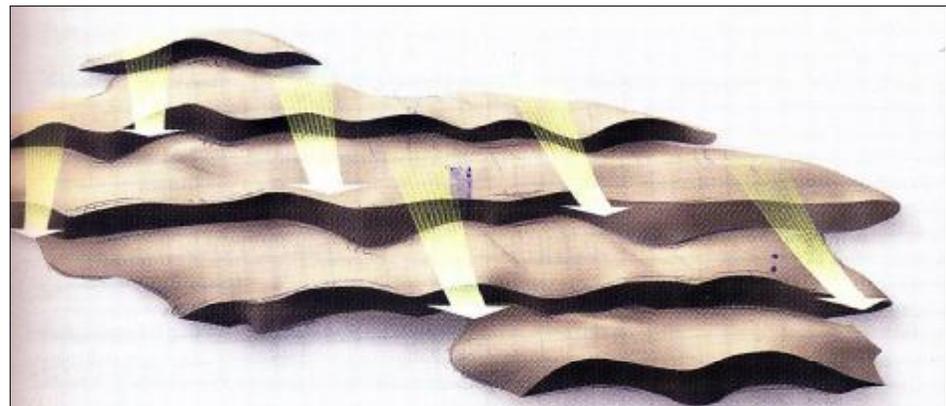


**Längs-Draa** sind parallel verlaufende, sehr alte Mega-  
dünen: Sie häuften sich während der letzten Kaltzeit vor 10 000 bis  
20 000 Jahren auf – vermutlich durch gegenläufige, spiralförmige  
Luftströmungen, die aus einer Kombination von starken horizonta-  
len Winden und gleichzeitig aufsteigender Heißluft entstanden



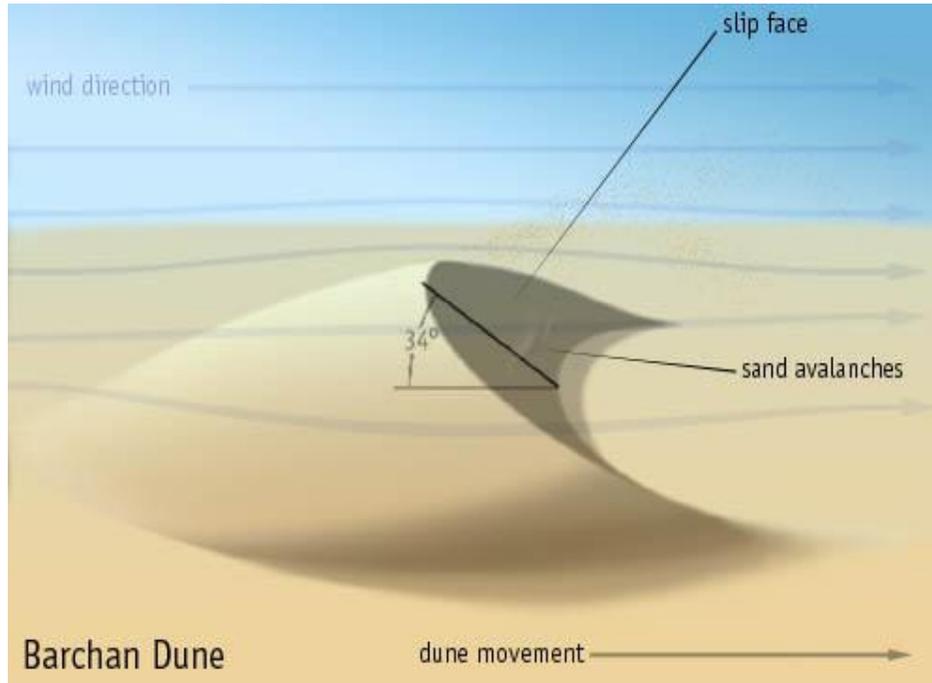
**Leedünen** wachsen im Windschatten etwa eines  
Felsens. Die um diesen herumströmende Luft formt eine Sand-  
wehe mit einem in der Mitte aufragenden Kamm. Je nach  
Windstärke, Sandmenge und Größe eines solchen Hindernisses  
können Leedünen bis zu mehrere Kilometer lang werden





**Querdünen** entstehen, wenn der Wind überwiegend aus einer Richtung etwa über eine große Sandfläche bläst: Er türmt dann den Sand zu Wällen auf, aus denen sich senkrecht zur Windrichtung verlaufende Dünen bilden. Querdünen können auch durch starken auflandigen Wind an Stränden geformt werden

**Quer- oder Transversaldünen**  
entlang der der Küste Namibias

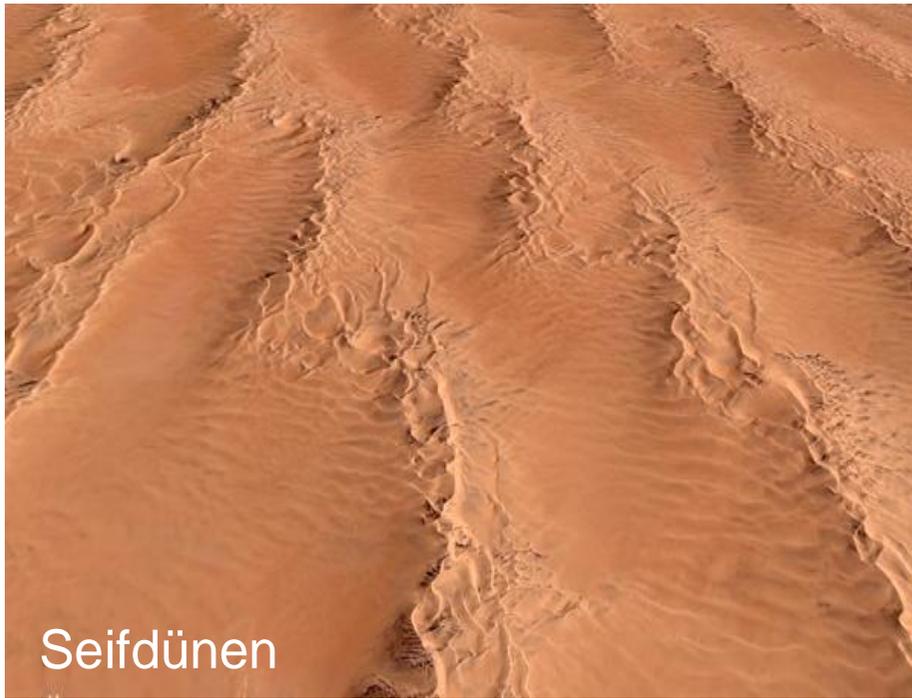


**Sicheldünen (Barchane):**  
häufigsten Dünenformen auf  
vegetationsleeren Hartböden im Erg  
bei gleichbleibender Windrichtung.

Entstehung durch Wirbelbildungen  
an den Dünenkämmen. Im Luf ist die  
Düne flach ( $15-20^\circ$ ), im Lee steiler  
( $34^\circ$ ). Beidseitig fällt der Kamm flach  
zu den Sichelenden ab.

Die geringeren Sandmengen der  
Sicheln bewegen sich rascher voran  
als das Dünenzentrum, welches  
nachgezogen wird. Die Düne  
wandert vorwärts und kann als "freie  
Düne" jährlich hunderte Meter  
zurücklegen.

Gefährlichste Wanderdünen!



**Parabeldünen** bewegen im Mittelteil sich wegen der lockeren Vegetationsdecke nur sehr langsam voran und bleiben stationär, wenn sie älter werden.



**Parabeldünen** entstehen auf bewachsenem Untergrund. Der Wind formt dort sichelförmige Dünen, deren seitliche Enden von der Vegetation festgehalten werden. Der hohe Mittelteil hingegen wölbt sich mit dem Wind nach vorn, da auf der Anhöhe selbst keine Pflanzen den Dünensand abbremsen



Sandstauende Dünenfestiger stammen aus verschiedenen Familien, sie müssen nur im Wachstum mit der Bewegung des Sandes mithalten können.



**Sandstaudünen (Nebkas)** entstehen durch eine stetige Windsituation, Flugsand und sandstauende Vegetation. Sie können hunderte Jahre alt und sehr umfangreich werden, entwickeln ein eigenes Mikroklima, speichern Feuchtigkeit und liefern in hohem Alter durch dichten Bewuchs und reichlichen Kot von Nagetieren wichtigen Rohhumus. Vegetationsabtragung zur Substratnutzung fördert neue Wanderdünen!

# BÖDEN



# Intrazonale Prozesse der Bodenbildung in Trockengebieten

**Bodenbildungen** erfolgen nicht nur unter dem Einfluß des Klimas sondern auch durch diverse Umwelteinflüsse (Grund-, Fremdwasser, Reliefausformungen, Gesteinsarten), welche die Bodenbildung wesentlich mitbestimmen.

**Zuschußwasser:** örtlich und zeitlich begrenzter Mangelfaktor auf Hängen, länger wirksam in Mulden mit gehemmtem Abfluß als Oberflächenwasser, führt beim Verdunsten zur Bildung von Kalk- und Salzkrusten.

Grundwasser mit kapillarem Aufstieg bis zum Oberboden und Anreicherung unter Quellung des Bodens, Bildung von Salzböden.

Gelöste Salze:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  u.a.

Bei zunehmender Trockenheit: Verlagerung bodenbildender Prozesse aus Hanglagen in abflußlose Depressionen mit feuchtem Bodenklima (**Sebkas**)

**Reliefenergie:** wichtig für Verteilung von Bodenmaterial längs eines Hanges vom Erosionsscheitel bis zur Erosionssohle

## Böden subtropisch-wechselfeuchter und –wechselrockener Gebiete

**Tirse, tirsifizierte Böden (Grumosole, Vertisole):** Bildung bei 500 mm NS, typ. in Savannengebieten auf Unterhängen und in Senken, dunkelgrau, im feuchten Zustand schwarz (Schwarzfärbung durch seifig- schmierige Na-Humate)

Vorbildung des Bodens in höher gelegener Umgebung, Verfrachtung in Senken, dort innige Durchmischung mit dem Senkenmaterial.

Typisch ist hoher Anteil von Tonmineralien dadurch starke Quellung und Verdichtung im feuchten Zustand, hingegen tiefe Trockenrisse und Aushärtung im trockenen Zustand; sehr lebensfeindlich durch Porenmangel.



## typische intrazonale Bodentypen semiarider und arider Zonen der Halb- und Randwüsten

**Seroseme:** 170-400 mm NS in wärmeren Gebieten, dominierend in SW- und Zentralasien, südl. USA, New Mexico, Randgebiete der Sahara, S-Afrika, Australien, Humusgehalt 2-6%, neigen zur Bodenversalzung

**graue und braune (zimtfarbene) Böden:** 125-250 mm NS in winterkalten Zonen dominierend in SW- und Zentralasien und auch SW-Afrika, Trockenvegetation (*Artemisia, Haloxylon*) in geringer Dichte, Humusgehalt 1-2% (→ Bodenfarbe)

**Solontschake:** starker Gehalt an freien Na-Salzen, vorrangig Na Cl. Entstehung in Senken durch Verdunstung periodischer Oberflächenwässer oder ständig aufsteigendem Grundwasser (oft gefördert durch Salzlager alter Meeresböden) unter Salzkrustenbildung (**Kawir**) pH bis >13!

Entweder vegetationsfrei oder mit halophiler Vegetation bedeckt (Chenopodiaceen, Frankeniaceen, Tamaricaceen, Zygophyllaceen u.a.)  
Sonderformen: Soda-Solontschake in vegetationsfreien Sodapfannen

Brauner Halbwüstenboden,  
Libyen



**Solontschak-Boden**  
in einer Senke im Süden  
Tunesiens mit typischer  
Halophytenflur aus  
Chenopodiaceen  
(*Arthrocnemum glaucum*)



## azonale „Bodenartige Formen“ und fehlende Bodenbildung in Rand/Vollwüsten

Durch verstärkte Aridität, Abnahme oder Fehlen biogener Bodenprozesse, weitgehende Vegetationslosigkeit, geringster Humusgehalt, Bodenfeuchte in die Tiefe verlagert, Vegetation mit tief- oder weitreichendem Wurzelsystem.

**Takyre, takyrtartige „Böden“** vegetationsfreie ausgetrocknete Ebenen mit vorhergegangener Wasserbedeckung, helle Kruste und polyedrische tiefe Risse, Bildung in Salz- und Sodapfannen, oft Übergang zu Solontschaken (bes. in Zentralasien - Pakistan)

**Bodenartige Formen, Wüstenstaubböden, Yerma** in vollariden Gebieten statt echter Böden ohne bodentypische Horizontstruktur, Poren-Verdichtung, oft Kalk-Krustenbildung durch nahe Grundwasserhorizonte und Bildung von (oft mächtigen) Steindecken oder lokalen Salzausblühungen.

**Völlige sterile Bodenfreiheit** in extremen, hyperariden Wüstenbereichen, in Ebenen und auf Hängen, (zentrale Sahara, Lut, Namib, Binnenatacama) mit unterschiedlichen Oberflächen durch Sand, Steinrümmer, Kiesdecken, Salzkrusten mit rein physikalischer Verwitterung über sehr lange Zeiträume, meist reich an Granit oder Basalt

Takyr, Uzbekistan

