

Wüste

(Klima, Definition, Landschaft, Anpassung von Flora u. Fauna, Wüste u. Religion, Wandel im europäischen Wüstenbild, Nutzung)

V/S 24310 WS 2001/2002

Diese Skripte ist kein Lehrbuch. Sie soll Ihnen das Anfertigen von Notizen in der Lehrveranstaltung weitgehend ersparen. Viele Tatbestände sind nur als Stichwort angeführt. In der LV kann zuweilen von der Reihenfolge der Skripte abgewichen werden. Aus finanziellen u. technischen Gründen enthält dieses Skript keine Diagramme und Abbildungen. Viele der in der LV gezeigten Overhead-Folien können als S/W-Kopie ausgeliehen werden, damit Sie sich entsprechende Kopien ziehen können

Definition

Trockenklima (arid climate) : Potentielle Verdunstung ist grösser als der Niederschlag. Dies ist durch direkte Messung der potentiellen Verdunstung schwierig zu bestimmen, da Verdunstungsmessungen aufwendig sind. Zudem geben verschiedene Methoden Abweichungen bis zu 40%! In Kaltwüsten ist auch die Niederschlagsmessung zuweilen fehlerhaft, da Schnee oft unvollkommen erfasst wird. (Potentielle Verdunstung in heissen Kernwüsten bei 2000 bis 3000 mm/a, Extremwerte höher)
mm Niederschlagshöhe = Liter pro Quadratmeter

Politisch-wirtschaftliche Bedeutung

Etwa 40% der Landoberfläche sind arid, semiarid (Steppen) oder semi-humid. Etwa eine Milliarde Menschen leben in solchen Gebieten! Vielen der semi-humiden Gebieten und Steppen droht eine Desertification durch Überweidung, Rodung und Erosion, bzw. längere Dürreperioden. - In echten Wüsten lebt ca. 13% der Menschheit.

Innerhalb der Trockengrenze keine dauernd fliessenden Flüsse, keine Süswasserseen.
Ausnahmen: Seen in der Taklamakan - Nil, Euphrat, Tigris (Flussoasen) - Colorado River.
Innerkontinentale Depressionen nur in ariden Gebieten ohne Wasserfüllung.

Warum regnet es in ariden Gebieten so wenig? = Klima

Astronomische Grundlage - Erdkugel - Schiefe der Ekliptik = $23,5^\circ$ Wendekreise (tropic of cancer/ tropic of capricorne)

Energiebilanz der Erde = Einstrahlung minus Ausstrahlung - Bis 30° Breite positiv / Ab ca. 60° Breite negativ / Wärmetransport durch:

- Strahlung (mit Lichtgeschwindigkeit)
- Konvektion (km/h)
- Leitfähigkeit (extrem gering)

Ausgleich daher durch Strömungen der Wasserhülle(1/3) und der Atmosphäre (2/3)

Corioliskraft: Umfangsgeschwindigkeit am Äquator = 1667 km/h, am Pol = 0

Erhaltung des Impulses - Ablenkung von zum Pol gerichteten Strömungen nach E, von zum Äquator gerichteten Strömungen nach W.

Ergebnis: Ablenkung auf Nordhalbkugel nach rechts(Uhrzeigersinn), auf der Südhalbkugel nach links (entgegen Uhrzeigersinn).

Aufbau der Atmosphäre: Bis ca. 10 km Troposphäre, enthält die Hauptmasse und vor allem fast alles Wasser. Luftdruck fällt bis etwa 1/5 bar. Höhe der Tropopause ist in verschiedenen Breiten verschieden: Atmosphäre + Frontalzone

Heisse Luft steigt auf - Adiabatischer Vorgang (Ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung)
Adiabatische Kompression erzeugt Wärme (Luftpumpe), bzw. Ausdehnung bewirkt Abkühlung.
(Trocken: 1°C pro 100 m / Feucht: ca. 0,6°C pro 100 m wegen Kondensationswärme) Trocken- u. Feuchtadiabate

Hadleyzelle (1735)

ITC = Innertropische Konvergenz = polwärts die Grenze der aufsteigenden Warmluft, deren Luftfeuchtigkeit kondensiert und abregnet.

Passat (trade wind) = Polwärts abströmende trockene Winde , oben = Urpassat, dann absteigend, dabei Erwärmung durch adiabatische Kompression. Dabei Ablenkung aus der Richtung zum Pol durch die Corioliskraft, in Bodennähe wieder Richtung zum Äquator, aber erneut Ablenkung durch Corioliskraft: NE-Passat auf der Nordhälfte, SE-Passat auf S-Kugel.

Passatinversion : Höhengrenze zwischen Passat und absteigendem Urpassat.(1,5-3 km)

Ergebnis: In einem Gürtel zwischen ITC und polwärtiger Grenze der Passatwinde regnet es wenig, da dort absteigende Luftströmungen vorherrschen (Adiabatische Erwärmung)

Ideale Strömungsverteilung in Bodennähe

Wird gestört durch:

- Ungleiche Verteilung von Land und Meer
- jahreszeitliche Schwankung der Einstrahlung (Winter-Sommer durch Schiefe der Ekliptik)
- hohe Gebirge.(Höhe relativ zur Höhe der Tropopause)

Erde mit Wüsten + Luftströmungen (ITC, Passat, Westwindzone, im Januar + Juli)

Wendekreiswüsten / Im Fall von Namib und Atacama zusätzlich Einfluss der kalten Meeresströmung und Abschottung von Regenwolken aus Osten durch langen Weg (Namib), bzw. hohe Gebirge

(Anden) **Meeresströmungen**

Innerkontinentale, kalte Wüsten in höheren Breiten (Takla Makan / Gobi) sind durch hohe Gebirge weitgehend gegen Regen abgeschottet. (Reliefwüsten)

Klimadefinition nach Wladimir Köppen (1923)

A-Klima ist tropisches Feuchtklima ohne kühle Jahreszeit, keine Monatsmitteltemperatur unter 18°C.

B-Klima sind alle Trockenklimata

C-Klima (Humides Klima) Feuchtklima mit kühler Jahreszeit, kältester Monat mit Monatsmitteltemperatur zwischen 18°C und -3°C..

D-Klima (Boreales Klima) Monatsmittel des wärmsten Monats über 10°C, des kältesten unter -3°C.

E-Klima Wärmster Monat unter +10°C.

Verschiedene Möglichkeiten der Bestimmung der Trockengrenze, bzw. Grenze Kernwüste/Steppe (Bedeutung in politischer Hinsicht!)

Köppen (1923): r = Jahresniederschlag in cm
 t = Jahresmitteltemperatur

Unterscheidung von drei Fällen je nach Regensaison (2/3 der Niederschlagsmenge):

$r = t + 0$ (bei Winterregen)

$r = t + 7$ (falls Niederschläge zu allen Jahreszeiten)

$r = t + 14$ (vorwiegend Regen im Sommer)

Trockengrenze $r = 2(t + x)$ Einteilung in zwei aride B-Klimate:

BS ist semiarides Steppenklimate (Lockerer Bewuchs mit Gräsern, Kräutern, Strauchwerk, teils Bäume.)

BW ist vollarides Wüstenklimate (Nur gelegentlich Pflanzen)

weitere Unterteilung in heisse und kalte Untertypen (Jahresmitteltemperatur grösser oder kleiner 18°C)

BSh = Dorn- und Trockensavanne

BSk = kalte Steppen

BWh = heisse Wüste

BWk = kalte Wüsten

Klimadiagramme (ombrothermic diagram) : X-Achse sind die 12 Monate, Y-Achse sind links die Monatsmitteltemperatur in °C und rechts der Monatsniederschlag in mm, dabei entsprechen im Massstab 1°C gleich 2 mm Niederschlag. Die Niederschläge werden als Balken aufgetragen, die Monatsmitteltemperaturen werden zu einer Linie verbunden.

Thornthwaite (1948) / Bagnould & Gausson(1953):

Trockenmonat: Monatlicher Niederschlag in mm ist kleiner als die halbe mittlere Monatstemperatur.

6-11 Monate Trockenzeit = Arid (Steppe)

Alle 12 Monate Trockenzeit = Wüste (desert zone)

Andere Definitionen:

Dubieff (1971) : D = Zahl der Regentage mit nutzbarer Niederschlagsmenge, d.h. mehr als 5 mm

D = 25 entspricht der Trockengrenze

D = 5 entspricht der Grenze diffuse/regelmässige Vegetation

D = 1 und kleiner entspricht der Kernwüste

Emberger (1938) : In Kernwüsten kommt es nicht jedes Jahr regelmässig zu Niederschlägen und die Niederschläge sind nicht an die Jahreszeit gebunden.

Capot-Rey (1953) schlug eine geobotanische Methode unter Benutzung von Zeigerpflanzen vor.

Grenze Sahara/Sahel = Cram-Cram-Gras (*Cenchrus biflorus*)

Nordgrenze Sahara = Ende des Had-Strauchs (*cornulaca monacantha*) als Typuspflanze der Sahara und Beginn des Halfagrases (*Stipa tenacissima*).

Vorteil: Punktweise Erfassung genügt, Rest über die Isohyete

Nachteile: Nur regional möglich und Verschleppung von Samen (Cram-Cram in Oasen)

Edaphische Wüste: Ausserhalb der klimatischen Wüstendefinition, aber kaum Vegetation, da alles Wasser auf Grund der Bodenbeschaffenheit schnell versickert.(Kalahari)

Arides Klima auf kleinstem Raum: Überhänge, Regenschatten von Brücken u. ähnliches
„Edaphische Wüsten“: Bergbauhalden, Braunkohlentagebau.

Seminar: Einstoffsystem H₂O (Druck/Temperatur-Diagramm)

Erklärung der Begriffe: Partialdruck, relative Feuchte, Taupunkt, Psychrometer

Spezifische Wärme, Verdampfungswärme (ca.600 cal/g), Schmelzwärme (ca.28cal/g)

Relative Feuchte bei der Temperatur T =

100 mal (tatsächlicher Wasserdampfpartialdruck) / (Sättigungsdampfdruck bei T)

Absolute Feuchte = Masse Wasserdampf in g/m³ - Bei 0°C enthält an Wasserdampf gesättigte Luft 4,8g pro m³ , bei 11°C = 10g pro m³

Schwülegrenze: Taupunkt 17°C = 18,8 mbar (188 hPa), der Wasserdampfpartialdruck entspricht dann 16 g Wasser pro Kubikmeter Luft.

Waren Wüsten immer so trocken ?

Geologie - Plattenverschiebung mit ca. 2 cm/a - etwa 20 km in 1 Mio.a.

Homo sapiens max. 1 Mio a

In dieser Zeit mehrere Eiszeiten - Astronomisch bedingte Insolationsschwankungen wahrscheinlich

ca. 20 ka

Eiskerne: Arktische Kerne zeigen plötzliche Schwankungen, dagegen antarktische Kerne eher kontinuierliche Übergänge:

Nord- und Südhalbkugel nicht zeitidentisch? - (Umklappen von Meeresströmungen?) Küstennamib soweit verfolgbare stets trocken.

Aride Phase in Südafrika von 8200 bis 4000 BP

Paläoklima der Sahara

Palästina war humider zur Zeit der röm. Besetzung. (ca. 2000 BP)

Theologisch-historische Zwischenbemerkung zur Vorstellung von der Wüste in Europa

Die drei monotheistischen Religionen des Mittelmeerraumes erkennen die alte schriftliche Überlieferung als göttliche Offenbarung an. Dies betrifft etwa die Schriften, die im christlichen Bereich als „Altes Testament“ bezeichnet werden. -

Hier von Interesse wegen des Einflusses auf die historische Entwicklung sind die unterschiedlichen Haltungen zu folgenden Fragen: Mission, Apostasie (Glaubensabfall), religiöse Toleranz gegenüber eigenen Glaubensrichtungen und fremden Religionen, sowie Ausbildung einer Priesterkaste, bzw. von „Kirchen“. - Alle drei Religionen sind in oder am Rand der Wüste entstanden.

Judentum - ca. 3250 a - Familien-bzw. Stammesreligion: 5. Moses 7,7 :

„Nicht hat euch der Herr angenommen und erwählt, darum daß euer mehr wäre als alle Völker, denn du bist das kleinste unter allen Völkern, sondern darum, daß er euch geliebt hat“

Es gibt kein Missionsgebot! - Mitglied durch Geburt sind die Kinder einer jüdischen Mutter - Beitritt ist möglich, aber schwierig, heutzutage praktisch nur wenn Verwandte Juden sind und bei Einheirat. - Für streng Gläubige umfangreiche Verhaltensregeln (Mehr als 300!)

Hohe religiöse Toleranz, auch gegenüber eigenen Glaubensrichtungen, bei Glaubensabfall ist theoretisch Verbannung oder Tod, aber Vernichtung des persönlichen Besitzes vorgesehen, ist aber in historisch übersehbaren Zeiträumen praktisch nicht vorgekommen. - Seit Zerstörung des Tempels in Jerusalem vor ca. 2000 a gibt es keine Priester mehr.

Christentum - Zahlreiche Missionsgebote im Neuen Testament, Beitritt durch Taufe.- Intoleranz gegenüber allen anderen Religionen (speziell auch gegenüber anderen christl. Glaubensrichtungen) in allen religiös geprägten Epochen, Todesstrafe bei Glaubensabfall häufig vollzogen (Inquisition). Juden nur zeitweise und unter Auflagen geduldet. Judenverfolgungen seit dem 4. Jahrhundert. Viele religiös begründete Kriege (Kreuzzüge).

Islam - 622 AD Hedjra - Missionsgebot gegenüber "Ungläubigen", Beitritt durch Sprechen des Glaubensbekenntnisses, aber religiöse Toleranz gegenüber Juden und Christen in einer überwiegend moslemischen Gesellschaft. (Anerkennung von Issa als Prophet! - Buchreligionen = din el kitab - Höherer Steuersatz für Juden und Christen) - Todesstrafe bei Glaubensabfall. Frühe Spaltung: Sunniten - Schiiten.

Christentum wurde unter Kaiser Konstantin 313 AD Staatsreligion im römischen Reich. Schnelle

Ausbreitung im gesamten Mittelmeerrandgebiet, auch in fast ganz Nordafrika. Schnelle Ausbildung einer Priesterschaft - Konzil zu Chalcedon 451: Frühe und blutige Streitigkeiten wegen der Natur Jesu (Arianer/ Monophysiten-Trinität) insbesondere im nordafrikanischen Raum. Der heilige Augustinus, einer der sog. Kirchenväter war Bischof von Hippo (Heute Annaba in Nordalgerien). Islam verdrängte im 7ten Jahrhundert in weniger als 100 Jahren das Christentum als herrschende Religion aus N-Afrika und Nah-Ost.

Dadurch war Europa für ca. 1000 a von den benachbarten Wüstengebieten abgeschnitten. - Änderung erst im 19.ten Jahrhundert durch "Entdeckungsreisende" und Kolonialismus. - Die arabische Halbinsel (Rhub al Kali) wurde erstmals 1931/32 von Europäern durchquert : Philby-Thomas, danach erst 1946 von W. Thesiger!

Landschaften der Wüste

Vorbemerkung zur Bezeichnung von Korngrößen in Geowiss.

Kleiner 2 mm = clay (Ton) überwiegend Tonminerale (Schichtsilikate) (Ton+Kalkstaub =Löß / Ton+Sand+Schluff =Lehm)

70 bis 2 mm = silt (Schluff), überwiegend Quarz + Kalk, Glimmer, in Wüsten auch Gips

70 mm bis 2 mm = Sand, überwiegend Quarzkörner (+ Alkfspt.)

2 bis 64 mm = gravel (Kies) = überwiegend Reste des ehemals anstehenden Gesteins, (Schotter = ungerundet)

64-254 mm = cobble / grösser 254 mm boulder (alles gerundet)

Kieswüste:

reg , serir (seghir), mongolisch gobi / Fastebenen, meist wellig und sehr sanft geneigt, Tanezrouft: 150 m auf 450 km = 30 cm pro km!! Fort Flatters - In Ecker-Route: 1m/km.

Oberfläche durch Kies und Grobsand "gepanzert", da Feianteile ausgeblasen sind, darunter erst feineres Korn. (Auto! Vorsicht beim Anfahren - Beispiele)

Meist ist die obere Schicht (6 bis 10 cm) relativ weich, eine sehr dünne Schicht darunter (Schaumboden-vesicular layer) enthält Dreischichttonminerale wie Illit, Montmorillonit, bei Regen Quellung und Bildung einer wasserstauenden Sperrschicht.- PP Die aufquellende und dann wasserundurchlässige Tonschicht führt bei Starkregen zu Schichtfluten, dadurch Grundwasserbildung nur in Tälern.

Oft noch in 10 - 30 cm Tiefe harte, fast wasserundurchlässige Schicht (Sand/Silt/Ton/+Kalk +Gips oder +Kieselsäure) = (calcrete, gypcrete, silcrete,)

Nur in extrem trockenen Wüsten mit gelegentlicher Taubildung kommt es zur Ausbildung einer dünnen, zerbrechlichen Staubhaut, die eine weitere äolische Abtragung verhindert.(Atacama) Wahrscheinlich bedingt durch lösliche Bestandteile wie Gips, Salze oder Kalk.

Typische Kleinformen auf regs: Kalke mit Taurillen, Windkanter

Eintönige Landschaft, Reifenspuren bleiben über Jahrzehnte sichtbar!- Manchmal treten Zeugenberge auf. (Augen und Kompaßgräber aus vorislamischer Zeit in Algerien)

In vielen Wüsten der flächenmäßig vorherrschende Typ (bis 80%!) Gut zum Autofahren, aber Wasserstellen meist nur am Rande von Gebirgen oder Dünen. - Orientierung nur nach Himmelsrichtung + Reifenspuren, bzw.GPS.

Oft 80 bis 400 km Strecke ohne natürliche Landmarken. (Tanezrouft = Land der Furcht, ca. 500 km lang, 80 - 150 km breit!)

Ähnlich sind Ebenen aus Löß (Takyr) (Lut, Karakum, Kyselkum, Negev)

Hammada = Felswüste

ist gekennzeichnet durch Gesteinsbrocken größer 10 cm, meist flache Stücke, scherbenartig , selten größer als 40 cm.

Farbe meist sehr dunkel, bis schwarz, anstehendes Gestein (Basalt, Sandstein oder tonige Kalke, nie Granit!)

Wellige Ebenen. Pfade für Kamele, bzw. für Fahrzeuge müssen angelegt werden.

Wegen dunkler Färbung werden hohe Bodentemperaturen erreicht.

Meist am Rand von Gebirgen oder auf Hochplateaus.

Dünengebiete

Sand hat ein Porenvolumen von etwa 28 bis 45%.

Wärmeleitfähigkeit nur 20% des Werts für dichte Gesteine! (Obwohl Qz. höhere Wärmeleitfähigkeit hat als andere Minerale!)

Hohes Reflexionsvermögen - heizt sich trotzdem stark auf!

Bewegung des Sands durch Wind:

Reptation = (kriechen) Körner kullern

Saltation = (springen) Körner werden in die Luft geschleudert, beim Aufprall wird ein Teil der Bewegungsenergie durch elastische Verformung wieder in mechanische Energie verwandelt, Rückprall!

(Wurde erst 1941 von Bagnould richtig beschrieben, saltation bewirkt 75-80% der Transportrate.)

Diagramme:

Windgeschw. versus Korngröße für Beginn des äolischen Transports

Masse pro Zeit und Fläche versus Windgeschw.

Bei ca. 5m/sec (18 km/h) setzt Sandbewegung ein - Rippelmarkenbildung - Ab etwa 13 - 14 m/sec. werden Rippelmarken eingeebnet.

"Sandsturm" setzt bei ca. 15 m/sec.(ca. 54 km/h) Windgeschw. ein, optischer Eindruck ist eher

ähnlich Bodennebel = gelblich wogende Fläche in 0,30 bis etwa 1,20 m Höhe, darüber oft blauer Himmel, aber Bodensicht Null! - Stärkste Abrasion in ca. 40 cm Höhe,

Staubsturm eher in Wüstenrandgebieten, Sichtweite unter 1 km

Dünentypen - Barchan und Parabeldüne / Leehang 31° Steigung

Kompliziertere Dünenformen vorherrschend (Längs- u. Sterndüne), reine Barchane eher selten. - Sandfarbe ist auch abhängig von Sonnenstand.

Rippeln bei Deposition und Deflation

Windrichtungen - Sahara

Tragfähigkeit von Dünensand variiert stark ca. 0,3 bis 1 kg/cm² - Fahrzeuge

Erg = Dünengebiet, meist auf reg, Dünenzüge oft in bestimmten Richtungen,
(dazwischen freie reg-Flächen, arab. gassi)
gebräuchlich auch der Name edeien (vorwiegend bei völliger Sandbedeckung)

Etwa 20% der Sahara, Erg Chech, Tenere je ca. 280.000 km², Erg oriental 110.000 km²!
Dünen sind Wasserspeicher wegen des hohen Porenvolumens, ab etwa 20 mm/a Regen dünner
Grasbewuchs, sonst nur acheb-Flora.

Wandern der Dünen: Je höher, je langsamer (Bei 3m Höhe ca. 30-40 m/a)

Die Oberflächenform ist abhängig von Korngrößenverteilung, Korngröße, Kornform, Feuchtigkeitsgehalt, Windgeschwindigkeit, Windrichtungswechsel!
Entsprechend vielfältig ist das Erscheinungsbild, Sand heißt auf arab. ramel. Wüstennomaden unterscheiden mehr als ein Dutzend verschiedene "Sande". (Die deutsche Bezeichnung „Beduinen“ ist eine sprachliche Verballhornung: bedu (Plural) bedeutet Nomaden.)

Dünen sind bei Starkregen Wasserspeicher - Keine Schichtfluten in warmen Wüsten.
In asiatischen Kaltwüsten herrschen im Winter Temperaturen bis -35°C, Frost je nach Dauer bis in 0,7 bis 3 m Tiefe. Bei Regen im zeitigen Frühjahr bildet sich Eisschicht und der restliche Niederschlag fließt als Schichtflut ab! Deshalb in Kaltwüsten andere Grundwasser-Verhältnisse.

feh-feh = Gemisch von Feinsand, silt und Ton, oft am Rand von Dünenketten, füllt auch Löcher in regs

(Unangenehm für Kfz. sind häufig flache Sandfelder und Sand in Wadis, die regelmäßig Wasser führen = geringe Tragfähigkeit)

Unterschied zwischen Schütt- und Rütteldichte ist bei trockenem Sand relativ gering, groß bei hohem Feinanteil, bzw. bei wenig gerundetem Korn $dV = 1$ bis 10%

Tragfähigkeit von Sand steigt mit Feuchtigkeitsgehalt, um bei völliger Wassersättigung plötzlich stark abzufallen. (Kuchenbacken im Buddelkasten)

Roaring sands - brummende Dünen: Ton unter 25 Hz.
Rippeln durch Auswehung: grobe Korngröße, hart!

Seminar: Was ist Treibsand?

Verdunstungspfannen

abflußlose Becken arab. Sebkhah , amerikanisch/spanisch Playa, persisch Kawir
Alle Größen kommen vor, große Gebiete = Schott, span. Salar (Summe der Schotts der Sahara ca. 100.000 km²)

Weil Verdunstung größer als Niederschlag = Anreicherung der gelösten und transportierten Stoffe im Wasser. Das Endprodukt ist ein schwarzer, feinkörniger, Salz- und meist Gips-haltiger Schlamm. Beim Eintrocknen bildet sich zuerst Gips, dann Salz. - Primär weisse ebene Fläche. Durch Wechsel von Austrocknung, Niederschlag und Kristallisation können sich Salzsollen bilden, die aufgekipppt werden.. Zuweilen mit Staub oder Sand überweht. - Extrem schwieriges Terrain. (Death Valley/USA , - Wüste Lut in Iran/Pakistan)

Sebkhas die laufend das Abwasser einer größeren Oase aufnehmen sind salzige Seen mit schwankendem Wasserspiegel.

Recente und fossile Salzvorkommen spielten bis in die Gegenwart eine große wirtschaftliche Rolle für Wüstenbewohner (Taodenni/Mali , Fachi+Bilma/Niger, Tissent/Algerien)

Salzsümpfe sind extrem gefährlich: Um al Samin in SO-Arabien mit Sand bedeckt, als "Treibsand" bezeichnet. Häufig dünne, weiße Kruste, darunter Schlamm + Salzsole.

Wo kommt das Salz her?

Magmatische und metamorphe Gesteine enthalten praktisch keine Minerale die Cl enthalten. (Seltene Ausnahmen sind Sodalith und Skapolith, Apatit enthält nur wenig Cl/ selten bis 4%) In Flüssigkeitseinschlüssen bis 2 molar NaCl.

Marine Sedimente enthalten Meerwasser im Porenvolumen! - Gesteinsporosität liegt etwa bei 0,4 - 2%. - Verwitterung allein kann NaCl-Menge nicht erklären!

Hauptmenge wahrscheinlich durch Regen: 1 - 1,7 ppm NaCl

1mm/a = 1-1,7 mg NaCl/qm und a, also ca. 1,5 g in 1000a pro qm = 1,5 t pro km²

Bei 20 mm/a also in 1000a = 30 t pro Quadratkilometer(2 Lkw-Ladungen!)

Gipseintrag ebenso, aber 3 - 5 mal so groß! Gips zusätzlich durch Sulfidoxidation und Reaktion mit Kalk. (Gipsverlust durch Auswehungen aber groß!)

In manchen Gegenden kommt Natriumhydrogencarbonat oder Soda vor, stammt aus der Verwitterung Na-reicher Gesteine. Bei genügender Reinheit wirtschaftliche Bedeutung, historisch und recent (Tschad). (Natronseen-Ägypten-Glaserstellung!). Kann nur Auftreten, wenn kein Gips da ist! Sonst Umsetzung zu Kalk + Glaubersalz. Daher enthält Wasser in der Wüste oft Glaubersalz (wirkt abführend). Bitterer Geschmack zuweilen durch $MgSO_4$. (Herkunft aus Verwitterung)

In seltenen Fällen enthalten Salzseen auch Borate (Utah), großer Salinar in Bolivien enthält wirtschaftlich interessante Mengen an Li. Beide Elemente nur durch Verwitterung, bzw. Gesteinszersetzung durch Thermalwässer und/oder Hydrothermalwasserzufluß zu erklären.

Gebirge

Unterschiedlich je nach Gesteinsart:

Vulkanische Gesteine: **Basalte** bis intermediäre Vulkanite meist dunkel, wasserundurchlässig. Typus Hoggar "Flußtäler", Gueltas, Verwitterungsform eher kantig.

Basaltsäulen entstehen durch Schrumpfungsrisse, die parallel zum Temperaturgradienten bei der Abkühlung liegen. (Dia Hoggar)

Bei totaler Verwitterung = Kalk + Tonminerale + Eisenoxide (viel ausgeweht!)

Intermediäre Bildungen sind dunkle Chlorite (Klinochlor)

Granite: Wollsackverwitterung, klüftig, teils wasserführend, Quellen im Gebirge = (Twivelfontein/Namibia), selten Gueltas - Bei Verwitterung Grusbildung - Endstadium ist Sand - Typusbeispiel Tefedest/ Algerische Sahara - Erongo/Namibia - Verwitterungsform: rundliche Kuppen, Tafoni-Verwitterung häufig.

Sandsteine meist mit Kalk als Bindemittel, oft seigere Lagerung & größere Komplexe daher oft Hochebenen, Abflußrinnen neigen dann zur Bildung von Steiltälern. (Beispiel Tassili N Ádjer - Wadi Imirhou)

Turrets: Türme und Spitzen, es gibt auch rundliche Endformen. Häufig Winderosionformen. Endstadium der Verwitterung = Sand

Krustenbildung (SiO_2 +Hämatit) ist keine recente Bildung, stammt aus feuchteren Zeiten, auch auf Graniten, Schiefen und Kalken, die Sand + Feldspat führen, nicht auf Basalten.

Kalke: Bilden häufig wegen einigermaßen gleichartiger Abtragung Hochebenen, Wasserführend in Klüften : Wasser tritt am Gebirgsrand aus. manchmal Winderosion, Yardangs.

Talformen

arab. Wadi , meist Flußtäler, Wasser fließt aber nur nach Starkregen, also bestenfalls zweimal pro Jahr für einige Stunden, oft nur im Abstand von Jahrzehnten!

Im Untergrund oft feuchter = spärlicher Baumbestand, in der Sahara meist Tamarisken oder Akazien (Wurzel bis 8mal tiefer als Höhe)

Tamarisken sind hoch salzresistent und schnellwüchsig, Samen bilden innerhalb von wenigen Tagen 20 cm hohe Pflanzen, Salzausscheidung über Blätter, nebkha-Bildung, 2 bis 6 m hoch!

Steiltäler (Canyons) typisch für aride Gebiete, Wasser kommt von höher gelegenen Gebieten her, die nicht arid sein müssen (Colorado / Fish river in Namibia).

Abbruchkanten (falaise) auch aus relativ weichen Sedimenten im ariden Klima lange beständig.

Herkunft des fließenden Wassers

Infiltrationsmenge meist in der Größenordnung 2-5 mm/h

Bei Starkregen fließt der Überschuß ab, run-off nimmt nach Untersuchungen in der Negev (1964 Evenari) mit sinkender Neigung zu!!

Typische Abflußraten sind 10 - 25 % des Niederschlags, allein 1 mm = 1 Liter pro qm ergibt für den Quadratkilometer 1 Mio Liter! - Wassererosion spielt enorme Rolle für Ingenieurbauten (Straßen + Brücken) = Grösstes Problem für den Strassenbau in Wüsten ist die Drainage von Schichtfluten! - Mittlere Niederschlagsmenge pro a über der gesamten algerischen Sahara liegt bei 44 mm/a! Nach Starkregen immer wieder Todesfälle durch Ertrinken, berühmtestes Beispiel Isabelle Eberhardt (1877-1904) in Ain Sefra am Nordrand der Sahara.("Sandmeere")

Nur historisch interessant ist der Streit ob Winderosion oder Wassererosion in Wüsten wichtiger oder vorherrschend ist.

Der Verlust an Ton+Silt+Feinsand durch Stürme wurde geschätzt auf 0,1 mm/a , er ist stärker an Wüstenrändern + in Steppen. Dies entspricht = 100 m pro Mio a = 100 Buhnen-Einheiten!

Brunnen und Quellen arab. hassi, ain(Auge),

mit Steinen befestigter Schacht - Seil + Schöpfgefäß + Trichter muß der Reisende mit sich führen! Abschluß früher meist ebenerdig, zuweilen mit Abdeckung gegen Sandflug. Erst in Kolonialzeit 1 bis 1,4 m hohe Brunnenmauerung.

Selten offene Wasserlöcher - Es gibt Stellen an denen zu bestimmten Jahreszeiten von den Nomaden Wasserlöcher zur Viehtränke gegraben werden.

Zugbahnen = Brunnentiefe, teils schräg um Kraft zu sparen.

Artesische Brunnen (älteste Beschreibung aus dem 14ten Jahrhundert von Ibn Khaldun)

In der alger. Sahara taucht von der Südflanke des Saharaatlas eine Schicht von porösen Sandsteinen und Sanden aus der Unterkreide (Alb) gegen Süden ab.(intercalaire continental) Ist mit tonhaltigen Sedimenten aus der Oberkreide nach oben abgedichtet. Flächenmäßig mit 600.000

Quadratkilometern etwa doppelt so groß wie die Bundesrepublik. (Justin Savornin 1927.)

Ähnliche und größere artesischen Becken in Australien. Erbohrtes Wasser ist zuweilen heiß (Bis 40° C). Sog. fossiles Wasser, Alter etwa 2 - 4000 a.!!

Foggara: Unterirdische Kanäle mit sehr schwacher Neigung, die Quellen am Rand von Höhenzügen unterirdisch anzapfen und zu Oasen leiten. Im Abstand von einigen 10er Metern Schächte bis zur Oberfläche für Lüftung und Wartung. Technik wahrscheinlich aus dem Iran eingeführt, viele Oasen früher nur so bewässert. - Verfallen langsam, bis zu 40 m tief, Gefälle meist bei 1: 1000, Gesamtlänge in der Zentralsahara soll bei tausend Kilometern liegen. Wurden früher von Sklaven von Hand angelegt.

Oasen sind gebunden an Wasservorkommen unabhängig von der Jahreszeit. In Afrika und Nahost historisch stets Anbau von Dattelpalmen. Je nach Salzgehalt Durchflußbewässerung (ca. 20% Abfluß) und zwischen den Palmen Anbau von Gemüse, Minze und Futtergetreide. - Historisch stets Gegensätze zwischen Oasenbewohnern und Nomaden.-

Ausnahmesituation : Souf-Region in NE-Algerien , hier stark gipshaltiges Grundwasser in 2 - 4 m Tiefe.

Palmen in künstlich angelegten Sandtrichtern.

1887 21.000 Menschen, 160.000 Palmen

1930 70.000 " , 350.000 "

1955 100.000 " , 450.000 "

Seit Beginn der 80er Jahre starke Ansiedlungsbestrebungen der Regierung, Gewächshäuser, Pumpen; seit 1930 wird Sinken des Wasserspiegels registriert.

Hauptort El Oued (al wadi), Stadt der Kuppeln, Gipsrosen als Baustoff.

Architekturstil der Oasen örtlich je nach Baustoff (Lehm, Ziegel) unterschiedlich, meist sehr ortstypisch.

Temperaturen in der Wüste

Meteorologisch werden Temperaturen in 2 m Höhe im Schatten gemessen. In der Sahara liegen die Hitzepole im Norden der Sahara: Ghadames ca. 55°C, In Salah und Biskra ca. 50°C. Die höchste je gemessene Temperatur wurde in Aziziah in Libyen mit 58°C am 3.9.1922 gemessen. Alle drei Stationen verzeichnen in den Wintermonaten regelmässig Temperaturen unter 0°C!

Extremwerte der Bodentemperaturen im Jahresgang:

Nordrand der Sahara von -5°C bis +75°C / Südrand der Sahara von +5°C bis 85°C

Entsprechende Werte in der Gobi -35°C bis + 65°C.

Temperaturschwankungen innerhalb von 24 h in Bardai (Tibesti) im Frühjahr:

8°C bis 52°C auf Sand / 17°C bis 40°C auf Sandstein

(Tiefste Temperatur kurz nach Sonnenaufgang, höchste etwa 12:00 Uhr Ortszeit)

Die nächtliche Abkühlung beeinflusst auch den Wind in Bodennähe: Der fast ständige Wind scheint in der zweiten Nachthälfte abzuflauen, Morgens Windstille, Wind setzt etwa 1 - 2 h nach Sonnenaufgang wieder ein. Erklärung: Es bildet sich im Lauf der Nacht eine Kaltluftschicht am Boden von bis zu einigen 100 m Höhe, oberhalb dieser Schicht wehen die Passatwinde weiter! Morgens wird die kühle Luftschicht durch Bodenerwärmung und Rückstrahlung schnell wieder zerstört.

„Luftspiegelungen“

Physikalische Grundlagen: In transparenten Medien ist die Lichtgeschwindigkeit kleiner als im Vakuum. Im Medium * ist die Lichtgeschwindigkeit $c^* = c/n^*$, n^* ist der Brechungsindex. (Brechungsindices sind stets grösser als 1) Der Brechungsindex von Luft ist abhängig von der Temperatur und vom Luftdruck, bei 0°C und 1 bar = 1,0003, bei Erwärmung um 30°C Erniedrigung um etwa 10%. - Beim Übergang eines Lichtstrahls von einem optisch dünneren Medium ins optisch dichtere Medium wird der Strahl zum Einfallslot hin gebrochen (Refraktion) -Snellius'sches Brechungsgesetz

Fällt ein Lichtstrahl unter sehr kleinem Einfallswinkel aus einem optisch dichteren Medium auf die Grenzschicht zu einem optisch dünneren Medium (z.B. Heissluftschicht am Boden) so tritt Totalreflexion ein, die Grenzschicht wirkt als Spiegel. Abgebildet wird vor allem der Himmel, da die Luftschichten meist leichte Turbulenzen zeigen, entsteht der Eindruck einer Wasserfläche. - Nur dies ist eine echte Luftspiegelung. - Voraussetzung: Geringe Augenhöhe und weite Ebene. - Kann auch oft in Europa über heißen Asphaltstrassen beobachtet werden.

Praktisch liegt jedoch meist keine „Heissluftschicht“ vor, sondern ein sehr starker Temperaturgradient; dann wird der Strahl kontinuierlich in dieser Schicht nach oben hin gebrochen, der Effekt ist der gleiche. Falls Gegenstände abgebildet werden, so stehen sie meist auf dem Kopf

Am frühen Morgen ist der Boden in der Wüste wegen der Ausstrahlung wesentlich kälter als die Luft. Die Dichte der Luft nimmt daher nach oben hin stark ab, Strahlen werden zum Boden hin gekrümmt. Das Objekt erscheint angehoben. Zuweilen können Objekte beobachtet werden, die jenseits des Horizonts liegen.

Bei starken Unterschieden im vertikalen Temperaturgradienten können Vergrößerungseffekte auftreten. (Dichteabnahme in Bodennähe nicht so stark wie weiter oben.)

(Der umgekehrte Effekt, eine Verkleinerung, tritt in Wüsten selten ein und wurde vorwiegend auf Meeren beobachtet.)

Es treten auch gelegentlich Mehrfachspiegelungen auf, Voraussetzung sind wechselnde Temperaturgradienten und Schichtgrenzen, die schräg zur Erdoberfläche liegen.

„Luftspiegelungen“ können insbesondere um die Mittagszeit die Orientierung im Gelände erheblich beeinträchtigen.

Wüstenflora

Fast alle Pflanzen sind stark angepaßt = Dornen, giftig, bitter, extrem lange Wurzeln, salzresistent oder kurze Zeit zwischen Wachstum, Blüte und Samenreifung (Achebflora).

Bäume: Tamariske, Akazien (Sahara : *acacia raddiana*/ Namib: *acacia erioloba* = Kameldorn) + sechs andere Mimosaceae). *Balanites ägyptiaca* mit 10 cm langen, dicken Dornen und oval eiförmigen Blättern.

In Oasen und Randgebieten vielfach eingeführte Bäume: *Eucalyptus spec.* aus Australien, typisch Rinde blättert ab. Vorteile: schnellwüchsig, gutes Bauholz, Holzkohle, unempfindlich gegen lange Trockenperioden / Nachteile: Verbraucht große Mengen Grundwasser, wenn die Wurzeln erst bis dort reichen, unter dem Baum wächst nichts, Laub gibt ätherische Öle ab.

Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*) ist eine zweihäusige Kulturpflanze - Wurzeln brauchen ständig Wasser! Verträgt aber relativ hohen Salzgehalt des Wassers. Sehr selten sind wildwachsende Palmen an Quellen, erkennbar an der Buschform. Datteln sind die Kartoffeln der Wüste = Hoher Gehalt an Kohlehydraten, Vitaminen + Mineralstoffen, einfache Sorten sind kaum süß. Kulturen gefährdet durch Pilzerkrankung.

Sträucher: *Retama raetam* (Rutenginster) bis 2m hoch, ohne Dornen und Blätter, Zweige herabhängend, nur in Dünen.

Ziziphus lotus (Sahara) / *Ziziphus mucronata* (Wart-ein-bißchen in Namib) sind Kreuzdorngewächse (Christusdorn), zuweilen nekka-Bildung.

Calligonum comosum grün, ohne Blätter, Früchte hellbraune "Pelzkugeln", typisches Kamelfutter, arab. abal

Büsche: *Calotropis procera* (Sodomsapfel) Große Blätter, Blüte violett, Frucht sehr leicht und groß wie Mango, sehr giftig!! 1- 3 m hoch, aus dem getrocknetem Stämmchen werden Stangen für Kamelbeladung angefertigt.

Zilla spinosa kugelförmiger Busch mit dornenförmigen Blättern und spitzen sproßenden, violette Blüten, trocknet zu gelbbraunem Busch aus, der oft durch den Wind abgerissen durch die Gegend rollt- Der klassische Dornbusch der Bibel!

Astragalus armata dicht mit 4-5 cm langen Dornen besetzte Stengel, dazwischen Blättchen und blasige Blütenkelche, es ist nicht möglich die Pflanze mit bloßen Händen zu pflücken!

Cornulaca monacantha (Had), harte Blätter umkrallen Stengel, mit scharfer Spitze, dunkelgrün, stark verzweigt.

Deverra scoparia, gelbgrüner besenartiger Busch ohne Blätter, weißliche Blütendolde, riecht beim Zerreiben nach Dill.

Gräser aus Familie der Poaceae (Süßgräser):

Stipagrostis pungens (Drin-Gras) lange Blätter mit nadelscharfer Spitze

Qassis = *Cyperus conglomeratus* typ. Kamelfutter

Cynodon dactylon (Hundszahngras/bermuda gras) blaugrün, extrem ausdauernd, hieraus Zuchtformen für Golfgras entwickelt. Kommt in allen warmen Klimazonen der Erde vor.

Cistanche tinctoria / *violacea* gelb, bzw. violett, Schmarotzerpflanze, Wurzel ist eßbar, in der

Taklamakan als Heilpflanze angesehen.

Colocynthus vulgaris (Koloquinte, "Bittermelone"), soll sehr tiefe Wurzeln haben?

Keine vollständige Aufzählung:

In der Sahara insgesamt ca. 2000 Species, bei Aufteilung nach Klima und Boden zeigt sich, daß in den trockneren Gebieten weniger Species vorkommen, selten aber weniger als 20, meist einige hundert.

Welwitschia mirabilis (Namib) - abhängig von Nebeltau

Succulenten: Kakteen in Amerika / Euphorbien in Afrika

Opuntien in Afrika u. Südeuropa eingeführt, in Oasen als „Zaun“, Schaf-Futter + Früchte.

Typisch für Steppen: *Artemisia*-Arten (Beifuss)

Tiere

Häufigste Tiere sind **Schwarzkäfer** (Tenebrionidae) allein in der Sahara ca. 350 Species.

Allesfresser, typisch Spuren im Sand. 4 - 40 mm Länge, oft verbreiterte Tarsen(Sandschuhe) und lange Beine. Leben oft von angewehem org. Material.

In der Namib "Tau-tanker". Einige Arten verschießen Sekret.

Viele andere Käferarten (Ägypten , Skarabäus) In Randgebieten der Namib bis 10 cm große Käfer.

Spinnen häufig, oft behaart, aber alle ungefährlich. Typisch und häufig ist die **Walzenspinne**: Sieht ähnlich wie Skorpion aus, aber mit Taille ohne Schwanz, lange Beine, kann schnell laufen, große Beißwerkzeugen, bis 12 cm, extrem aggressiv und gefräßig! Nicht giftig!

Skorpione:

Sahara 17 Arten, häufig da wo Pflanzen vorkommen. Nachtaktiv, Vorsicht beim Steine sammeln. (Schuhe + Gepäck im Freien!)

Stich stets schmerzhaft, aber nur bei einigen, meist eher kleinen und unscheinbaren Arten

lebensgefährlich. (*Androctonus australis*: hell-grünlich mit schwarzen Kiefer- und Schwanzspitzen)

Heuschrecken:

Wanderheuschrecken mit kurzen Fühlern, Körper etwa fingerlang, nach dem Schlüpfen nach wenigen Tagen flugfähig, dann kaum noch Bekämpfung möglich. **Heuschreckenzüge**

Heuschreckenplage in Bibel erwähnt, Berechnungen gehen für Riesenschwärme bis zu 40 Mio. t !!

Verbürgt sind Fraßmengen bis 120 000 t/d. Große Wirkungen auch nach Tod: Verwitterung, Düngung.

Werden ohne Flügel geröstet gegessen. Eine species locust (*Zonocerus*) ist giftig, da sie sich vorzugsweise von einer giftigen Pflanze (Schwalbenwurzgewächs) ernährt. Trägt schwarz-gelb-rote Warnfarbe.

Ameisen *Messor barbaricus* Grüne Flecken um Ameisenbaue, mehrfach höhere Pflanzendichte dort.

Reptilien

Etwa 20 Echsenarten in der Sahara, darunter mehrere Gecko-Arten (nachtaktiv), unter den tagaktiven sind typisch die glatten Skinke (Sandfische) + Dornschwanzagamen.

Schlangen : Allgemein: taub, aber guter Geruchssinn, gutes Sehvermögen im Nahbereich, reagieren meist nur auf Bewegung, einige Giftschlangen haben Infrarot-Detektoren (Grubenottern). Aggressiv nur bei Unterschreitung einer Distanz, die meist bei 50 bis 100% der Körperlänge liegt. (Unangenehme Ausnahmen bei einigen wenigen Arten z.B. schwarze Mamba!)

In Zentralsahara nur cerastes cerastes Hornviper (senkrecht stehende Pupillen) bis 60 cm und cerastes vipera Avicennaviper (schräge Pupillen) bis 30 cm als Giftschlangen.

Beide "graben" sich im Sand ein, hellbeige mit dunklen Flecken.- Aktiv am Abend. In Ägypten und Marokko auch naja haje (Uräus-Schlange- Kleopatra- Kobra-Art)

Gleichmäßig dicke Schlangen, also Kopf und Schwanz nicht abgesetzt, sind fast immer Nattern, also ungiftig.

Säugetiere

Viele Arten von Nagetieren (Mäuse), meist nachtaktiv, viele kommen ohne Wasser aus. Springmäuse kann man zuweilen am Lagerplatz spät abends beobachten, nähern sich auch wenn Licht brennt und niemand sich bewegt!

Wüstenhasen (waren beliebte Speise der Nomaden der Arab.Halbinsel)

Schakal (Canis aureus) meist nur in Siedlungsnähe, nachtaktiv. (Streifenhyäne in der Namib) - Fennecus zerda (Fennek) mit Riesenohr ist eine Fuchsart, wurde von Kindern als Jungtier gefangen und an Touristen verkauft. - Stachelschwein (Eßbar, in Sahara fast ausgerottet)

Huftiere: Reste von Dünen- und Dorkasgazellen in Sahara (Ausrottung in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg!) Früher bereits Mendesantilope , Oryx und andere Arten ausgerottet.

Kommen über Monate ohne Wasser aus, sofern genügend Nahrung vorhanden ist.

Dromedar (camelus dromedarius) vor ca. 2000 a in die Sahara eingeführt: Körpertemperatur kann angepaßt werden, 35 bis 41° C. (Mendes-A. bis 40°C) Wasserspeicherung in Nebenmagen, Fett in Höcker konzentriert, (Wärmeabgabe)

Der Atemluft wird durch Schleimhäute Wasser entzogen und damit die eingeatmete Luft befeuchtet, feines Unterfell + langhaariges Oberfell.

Tränke im Abstand von ca. 5 bis zu max.10 Tagen. Aufnahme dann bis über 100 Liter. -

Wasserbedarf je nach körperlicher Verfassung, Leistung (Traglast+Distanz), Futter und Temperatur sehr unterschiedlich, von fast 0 bis zu 20 Liter pro Tag.

Große Weidedistanz bis zu 150 km! - Liefert Fleisch, Milch und Wolle.

Läuft 3 - 6 km/h, trägt Lasten bis etwa 130 kg.

Karawanen: Durchschnittsgeschwindigkeit 20 - 30 km/d. In schwierigem Gelände sehr viel weniger!

- Vorteil ist Geländegängigkeit in Dünengebieten. Tiere müssen täglich gefüttert werden, auf

vegetationslosen Strecken muß Futter mitgeführt werden.

Zweihöckriges Kamel oder Trampeltier in asiatischen Trockengebieten, ist auch sehr kälteresistent.

Weidedistanzen von Zuchttieren: Rind 10-18 km (Zebu 25 km, ähnlich Schaf und Ziege, Esel größer)

Strauß war um die Jahrhundertwende in der Sahara noch häufig, Eierschalenreste können noch heute häufig gefunden werden, inzwischen völlig ausgerottet. - Löwen im Atlas, Geparden und Leoparden erst im 19ten Jahrhundert ausgerottet.

Vögel

Wüstenrabe *Corvus ruficollis*

Weißbürzelsteinschmätzer (*Oenanthe leucopyga*) in felsigem Terrain, neugierig, nicht scheu!

Viele Zugvögel kreuzen die Sahara!

Einige Flughuhnarten brüten in der Wüste, Männchen transportieren Wasser im Gefieder zu den Jungen. - In der Atacama brüten fischfressende Seevögel in der Wüste.

Klimageschichte der Sahara u. Rolle des Menschen bei der Desertifikation

Vor etwa 7000 a größter Teil der Sahara Savanne, mehr Regen, dann wahrscheinlich abnehmende Niederschläge, seit etwa 2500 a Niederschlagshäufigkeit etwa wie jetzt. (Ausnahme Ägypten/ Western desert)

2500 B.P. war Sahara bis etwa 100 mm Isohyete mit Bäumen bestanden! (Normal bis 500 mm). - Einwanderung der Phönizier um 2800 BP, um 2200 BP führte ein Numidischer König (Westtunesien + Ostalgerien) in 30 a 20.000 t Weizen nach Italien und Griechenland aus. Noch größere Exporte von Karthago aus. Die karthagischen Kriegselefanten waren nicht aus Zentralafrika importiert! Der Elefant soll noch im Mittelalter südl. des marokkanischen Atlas vorgekommen sein.

Die Römer eroberten u.a. Ghadames und Ghat.- 86 AD marschierte Julius Maternus mit einem römischen Heer und mit Unterstützung eines Garamanthenkönigs in 4 Monaten bis in ein Bergland, das sich durch das Vorkommen zahlreicher Nashörner auszeichnete. Es ist lediglich strittig ob es sich um das Air oder den Adrar des Iforas handelte !

Vor 2000 a war Nordafrika die römische Kornkammer mit einer staatl. kontrollierten Getreidehandelsorganisation. Große Teile lagen zwischen 100 und 400 mm Isohyete. In Gebieten bis 50 mm Ackerbau in Wadi-Kulturen. - Zwischen 300 und 700 AD Bevölkerungsdichte etwa so hoch wie in den 70er Jahren unseres Jahrhunderts.

Über den Verfall der Landwirtschaft und Bevölkerungsrückgang gibt es unterschiedliche Theorien:

- Folge der arabischen Eroberung im 7ten Jhdrt.(Kahene)
- Malariaepidemien nach Aufgabe von Drainage und Landwirtschaft
- Überbevölkerung und Überweidung

Reste der hochentwickelten Landwirtschaft durch Berber in den Bergregionen (Aures) Im ariden Teil südl. davon vorwiegend Zucht von Schafen, Kamelen und Ziegen.

Echte Nomaden in der Zentralsahara (Tuareg): Viehzucht, Karawanen"schutz" Nomaden südlich des marokkanischen Atlas: Regibat / Tibesti: Tubu

"Oasenschutz" Raubzüge (rezzu = razzia) bei Nachbarn. Ähnlich Arab. Halbinsel bis in die 50er Jahre. - Bedingt durch Kämpfe und Hungersnöte ergab sich über mehr als 12 Jahrhunderte ein Bevölkerungsgleichgewicht. - Ähnliches galt für Gebiete bis zu den Atlasketten im Norden und für die Sahel-Zone.

Beginn der französischen Eroberung Nordafrikas um 1830. -

Radikale Kolonisierung ganz Afrikas nach der Berliner Kongo-Konferenz 1884/85.

1890 Abkommen England/Frankreich: Westsahara an Frankreich, gegen Engl. Ansprüche in Zentralafrika (Engl. Premier: Sand zum scharren für den gallischen Hahn!)

Nach der gewaltsamen Eroberung: Unterdrückung von Stammesfehden, später Hygiene, Medizin, Verkehr, Industrie(Erdöl) - Ergebnis ist eine Bevölkerungsexplosion die auch nach erkämpfter Unabhängigkeit weiter anhält.- Frankreich hatte fast 70 Jahre für die Eroberung seiner Nordafrikanischen Kolonien gebraucht! Erste Konfrontation mit den Tuareg 1887, Scheitern von Flatters. Der letzte Aufstand der Tuareg gegen die französische Kolonialmacht wurde 1914 am Westrand des Hoggar niedergeschlagen.

1989 bis Anfang der 90er Jahre Aufstand der Tuareg im Nord-Niger und Mali mit Auswirkungen auch auf die algerische Sahara.

Der Bestand an Weidetieren in N-Afrika war bereits in den 70er Jahren doppelt so hoch wie vertretbar angesichts der damaligen Vegetation.

Folgen von Überweidung:

- perennial grass verschwindet und wird ersetzt durch einjährige Gräser, Disteln und Sträucher mit geringerem Nährwert. Futter-Kräuter nehmen ab und verschwinden schließlich. Kühe, Schafe und Ziegen verdichten durch Huftritt den Boden: Infiltrationrate sinkt, Abfluß steigt, = **Erosion durch Wasser und Wind**

Allein in Algerien in den 70ern jährlich 80.000 ha Landverlust durch Erosion.

(Erosion durch Wasser bis 1mm/a - Winderosion auf sandigen Böden bis zu 10 mm/a)

Die Produktion an nutzbarer Biomasse sinkt auf 35 bis 20%!

Katastrophal sind vor allem Ziegen (black locust) - da mit abnehmender Güte der Vegetation aber der Anteil an Ziegen und Kamelen wächst = Verstärkung des Effekts.

- Überweidung (vielfach erst möglich durch Anlage von Brunnen / Sahel)

- Abholzung von Bäumen: Feuerholz.

- Im Norden Versuche neues Ackerland in Steppenregionen zu gewinnen.

Reisen in der Wüste

Bis ins 20te Jhdrt. = laufen oder reiten. / 1908 erster Versuch mit Motorrad (Major Pein kam bis El Golea)

1922/23 erste Sahara-Durchfahrt mit Kfz. (Touggourt-Timbuktu) - 1930 Erste Sahara-Ralley.

Flugzeug: 1920 Laperine bei Tamanrasset abgestürzt - 1925 Flugverbindung über Casablanca-Dakar (St. Exupery, Schriften: „Der kleine Prinz“ , „Terre des hommes /Wind, Sand und Sterne.“ / Erste Meteoritenfunde in der Wüste)

Straßenbau intensiviert seit den frühen 30er Jahren - aber: Es gibt bis heute keine durchgehend ausgebaute und gebrauchsfähige Straße für eine N-S-Durchquerung der Sahara!! (In Salah - Tamanrasset - In Guezzam - Arlit)

Viele Kolonialstraßen praktisch nur noch in Rudimenten vorhanden. - Straßen in Dünengebieten werden oft überweht. - Größte Gefahr ist Wasser! - Wadis nur mit Betondurchfahrt versehen. Makadamstraßen (Namib) - Befestigung mit Salz (Swakopmund) - Entwicklung einer sogenannten „Wellblech“-Struktur durch Fahrzeuge.

Alte Markierungen aus Karawanenzeiten = Kleine Steinpyramiden auf Bergen - Pisten: Markierungen (piste balise) spärlich, Reifenspuren oft trügerisch

Von Interesse für Tourist in Reisegruppe oder Wiss. im Rahmen der Arbeit:

Kfz.: Bodenfreiheit - Raddurchmesser u. -Breite = Bodendruck
Verbesserung durch Luft ablassen oder Sandbleche
300 x 41 cm, 3 mm Fe, 30 kg - Alu 3 mm =10 kg/ 4,5 mm =15 kg
Almassy 30er Jahre: Strickleitern
Fahrweise (TU-Profis) (Räder nicht durchdrehen lassen! -R-Gang)
M&S unzuweckmäßig, spezielle Sandreifen von Michelin

(Luftfilter / Federung - Stoßdämpfer / Verzurren des Gepäcks / "Wellblech" / Rad- + Schlauchwechsel / Luftpumpe + Brett /Wagenheber dto. / Schaufel o. Spaten)
Fahren im Gelände: Hoher Rollwiderstand, in weichem Gelände niedriger Gang, (hohes Drehmoment)
- Nicht scharf bremsen- Abstand halten!! -
Vorsicht vor hochgeworfenen Steinen beim Passieren entgegenkommender Fahrzeuge auch auf „Strassen“!

Orientierung: Kilometerzähler (Vorher eichen!), Kompaß, Sonnenstand, Landmarken, GPS.

Praktisch ein Koppelkurs mit punktueller Überprüfung durch GPS, hängt auch von Gelände und verfügbarem Kartenmaterial ab.

Reifenspur des eigenen Teams einprägen, beim Spaziergehen Orientierungsmarken beachten. - Gefahr „im Kreis“ zu gehen.

Extrem gefährlich: Fahren im Gelände bei Nacht oder bei Sandsturm!

Wasserbedarf: Je nach Temperatur + Wind (Jahreszeit): 2 - 12 Liter zum Trinken pro Kopf und Tag. - Wasserbedarf steigt sehr stark an, wenn die Lufttemperatur über 33°C steigt! Wasserflasche - Abhängig auch von körperl. Arbeit!! - Mehr als ca. 15 Liter pro Tag kann zu Nierenschädigung führen. - Zu Zeiten der Tag und Nachtgleiche im Frühjahr in Wendekreiswüsten (Günstigste

Reisezeit) reichen meist 5 Liter pro Kopf und Tag für Trink + Kochwasser.

Aufbewahrung: Römerzeit = Tonkrüge - Guerba ab etwa 100 AD? - Plastikkanister(Bidon)

Micropur = Ag-salz zur Verhinderung von Algenwachstum.

Erhöhter Trinkwasserverbrauch bedingt auch höheren Salzbedarf. - Bei akuten Beschwerden sollte eine Glukose/Kochsalz-Lösung getrunken werden. (Auf 0,4 L Wasser: 10g Traubenzucker + 1,4 g NaCl + 1 g Natriumhydrogenkarbonat + 0,5 KCl)

Wäschewaschen + Duschen nur am Brunnen - Methoden der Minimierung bei Körperpflege + Zähne putzen - Problem Kochen - Auswaschen von Töpfen + Essnapf notwendig - Waschen mit Sand:

Füße, Besteck - Feuchttücher. - Kernwüste ist relativ steril.

Umgang mit Abfall - Org. Abfall ist Nahrung für Fauna.

Ausrüstung

Statt Haftschaalen besser Brille !!!

Kälte: Schlafsack + Bettbezug, winddichte Jacke, Pullover, Rettungsfolie, Matte, (Zelt).

Sonne: Kopfbedeckung, Sonnencreme mit hohem Schutzfaktor, (Halstuch).

Kleidung: Nicht enganliegend, möglichst Baumwolle, körperbedeckend.

Taschenlampe(Ersatzbatterien oder Akku + Solarladegerät, Drehschalter, + Karabinerhaken)

Mülltüten gegen Staub, (Fotoapparat, Videokamera), Klebeband.

Tasche mit Reißverschluss statt Koffer, im Freien stets geschlossen halten(Skorpis!)

Messer an Kette oder in Gürteltasche.

Trinkflasche ca. 1 L, möglichst eloxiertes Aluminium. Tagsüber nur Wasser oder Kräutertee. Keine sauren Getränke.

Essen: Meist aus Zeitgründen nur früh + abends, dazwischen nur leichter Imbiss.

Auf hinreichende Salzaufnahme achten! - Bei fremdorganisierter Verpflegung eventuell mitnehmen: Hartwurst (Salami), Trockenobst, Knäckebrot, kleine Konserven (Ölsardinen, Thunfisch, Cornedbeef o. ä.), Vitamintabletten, Kaugummi. - Praktisch überall zu kaufen: Salz, Zucker, Mehl, Zwiebeln, Knoblauch, Gemüse je nach Jahreszeit + Gegend.

Aride Verwitterung

Physikalische Verwitterung - Vergrößerung der Oberfläche

Thermische Ausdehnung $\text{pro}^\circ\text{C} \cdot \text{m} = \beta = \text{ca. } 10^{-5}$ für Gesteine

(bei 1 m Länge, 50°C Temperaturdifferenz, also Längendifferenz 0,5 mm)

T-Differenz am größten an der Oberfläche, nimmt nach unten exponentiell ab.

Dadurch Lockerung des Gesteinsverbands, Abplatzen, Schaffung neuer Angriffspunkte für Wasser. - Alleinige Wirkung gering, Beispiel Mond, Mars mit 18 km hohen Bergen.

Frostsprengung:

- alle Poren gefüllt mit Wasser, friert von außen, kryostatischer Druck. Spielt in Wüsten kaum eine Rolle.

- Poren nur zum geringen Teil mit Wasser gefüllt - Wasserdampf kondensiert zu Eis an der kältesten

Stelle - Eislinsenbildung - Frostaufbrüche. In heißen Wüsten selten von Bedeutung, Ausnahme in großen Höhen: Atacama + nördl. asiatischen Wüsten!

Salzspaltung

Kristallisationsdruck von Salzen - Besonders Glaubersalz, schmilzt bei 32° im eigenen Kristallwasser, die Umwandlungstemperatur wird bei Gegenwart anderer Salze pro Mol um 3,25°C erniedrigt. Dadurch in Wüsten häufige Wechsel wahrscheinlich - Wichtigste Art der physik. Verwitterung in ariden Gebieten!! Auch andere Salze: NaCl, Gips, Mg-Sulfate (mehrere Hydrate).

Erosion durch Wind (yardang) und Wasser

Chemische Verwitterung nur wenn Wasser vorhanden

Karbonate: Bildung von Hydrogencarbonaten, Karst, Stalaktiten, Taurillen.

Silikate + Oxide: Auflösung in Wasser, meist sofort Bildung neuer thermodynamisch beständiger Minerale. - Hängt ab von pH und Konzentrationen der gelösten Stoffe, also von Wassermenge und ev. vorhandenen Säuren (CO₂ + org. Materie)

Typische Neubildungen sind Schichtsilikate (Tonminerale), FeOOH, Hämatit, Gibbsit.

- bei höherem pH und hoher Konzentration von Alk.+ Erdalk.-Ionen (Humid bis Arid) = Dreischichtminerale: Illit wenn K da, mit Mg Smectite, manchmal auch Chlorit, nur Palygorskit ist wüstentypisch.
- bei niedrigem pH und allgemein niedrigen Konzentrationen = Zweischichtminerale (Humid)
- bei extrem niedrigen Kieselsäurekonz. (kleiner 1 ppm) = Gibbsit (Tropisch)

Verwitterungsgeschwindigkeit kann statt in Masse pro Fläche und Zeit auch durch Division durch Dichte (Dimension: Volumen pro Masse) und Kürzen ausgedrückt werden als

Länge pro Zeit (Größenordnung 1*m/a = 1m in 1 Mio a.)

Chemische Verwitterung ist einer der am langsamsten ablaufenden Vorgänge in der Natur!!

Fe 3+: FeOOH, (ebenso 3,bzw. 4 wertiges Mn)

Al³⁺: Tonminerale , wenn viel Wasser da ist Al(OH)₃

Si: teils Tonminerale , Überschuß kolloidal abtransportiert,

Mg (Fe²⁺) zusammen mit Al: Tonminerale

Ca, Na, K: teils Tonminerale (austauschbare Ionen) , Überschuß als Hydroxid: + CO₂: Calcit, bzw. Hydrogencarbonat abgeführt

Wüstentypisch: Palygorskit (hoher pH, viel Mg-Ionen)

Evaporitminerale: Salze, Gips

Kieselsäurepanzer - Krusten - verkieseltes Holz :

Wahrscheinlich Relikte niederschlagsreicherer Zeiten bei gleicher geograph. Lage (Würzburger Schule-Hagedorn)

Wüstenlack - Polituren durch Staub+Sandschliff

Nutzung in Vergangenheit und Gegenwart

Bis zum 20. Jhdrt:

- Oasenwirtschaft: Setzt ganzjährige Wasserversorgung voraus! Entweder Grundwasser oder gefasste Quelle (Kanate, Foggara) oder Terrassenwirtschaft bei hinreichendem Niederschlag am Berghang (Jemen). Um Versalzung zu vermeiden, muss ein Wasserabfluss gewährleistet sein (Ca. 20%).

- Viehzucht (Nomaden), war abhängig von fluktuierender Niederschlagsmenge und hinreichender Wasserversorgung durch Brunnen und Wasserlöcher, vorwiegend in Steppengebieten und Wadis der Kernwüste.

- Handelsstädte nur vereinzelt (Timbuktu, Ghat, Stützpunkte an der Seidenstrasse in Takla Makan)

- Bergbau : Trona, Soda (Ägypten, Tschad) / Steinbrüche (Ägypten) / Cu (King Salomon mines) / Salz (Niger, Mali, Algerien) / Stibnit (Algerien)

- "Zisternenwirtschaft" ist prähistorisch belegt im Negev. Verhältnis Sammelfl./Sickerfl. von 20/1 bis 100/1. Typischer Verstärkungsfaktor 4 bis 10 x Isohyetenwert. Es musste eine Dürrekatastrophe eintreten, wenn Niederschläge alle unter 5 mm (Infiltrationsmenge 2-5 mm/h) liegen oder Regen ganz ausbleibt. (Nicht in Kernwüsten möglich!)

Im 20ten Jhdrt.:

Radikaler Wandel im Transportwesen seit 1920:

Statt Kamel = Lkw , später Flugzeug und Hubschrauber.

Intensivierung des Strassenbaus seit den 30er Jahren, aber bis heute noch keine durchgehende ausgebaute Strasse in N/S-Richtung durch Sahara. / Strassenbau in asiatischen Wüsten erst viel später aus politisch-strategischen Gründen. - Alle Versuche eine Eisenbahnlinie durch die Sahara zu bauen sind schon zu Kolonialzeiten aufgegeben worden.

Bergbau:

Vorteile bei Prospektion: Ohne Vegetation, meist wolkenlos = Satelliten- und Luftbildfotos, extrem dünn besiedelt = weniger Umweltbedenken beim Bergbau.

Nachteil: Lange Transportwege, keine Straßen, Wasser für Aufbereitung fehlt.

Ein grosser Teil der bedeutendsten Vorkommen liegt in Wüsten:

Erdöl, Uran (Arlit/Niger, Rössing/Namibia) - Phosphat (Marokko, Tunesien, Jordanien) - Diamanten (Namibia, Botswana) - Cu (Chuquicamata/Chile) - Fe, Bauxit (Mauretanien) - Gold, Opal (Australien)

Landwirtschaft:

Terrassierung zur Verbesserung der Regenausbeute: Marokko, Lybien, Tunesien, u.a. Künstliche

Bewässerung mit fossilem Wasser in Lybien = Versalzungsgefahr

ähnlich: Kalifornien (Gilawüste), - Ägypten 1997 Vorschlag Mubaraks!

Vorräte fossilen Wassers begrenzt (Jordanien: Wasser für Akaba pro a 5 - 10 m tiefer bohren!) -

Lybien Gaddafi-Projekt: Fossiles Wasser für die Küstenbevölkerung!

Verbesserung der Bewässerung durch Tropfbewässerung statt Beregnung hat sich inzwischen weitgehend durchgesetzt. Aber: Streit um Wasser ist inzwischen wesentlicher Bestandteil und Hintergrund von politischen Konflikten insbesondere in Nahost. Staudämme in der Türkei beeinflussen die Wasserversorgung von Syrien + Irak. - Golanhöhen wichtig wegen Kontrolle der Wasserversorgung - Israel verbraucht den grössten Teil des Wassers des Sees Genezareth für sich, akuter Wassermangel in der Westbank!

Entwicklung in Namibia: Naturschutzgebiete + Tourismus / Rinderfarmen in Jagdfarmen + Tourismus umgewandelt.

Solarzellen (Photovoltaik)

Solarstrahlung in Wendekreiswüsten ca. 2000 kWh/qm - (etwa doppelt so hoch wie in Mitteleuropa, außerdem weniger Wolken) - Bei Solarzellen wird der Wirkungsgrad angegeben für Standardbedingungen (SCT= Standard Test Conditions). Diese Bedingungen sind selbst für mitteleuropäische Verhältnisse ziemlich wirklichkeitsfremd: Strahlung entspr. mitteleuropäischem Sommertag, die Temperatur entspricht mitteleuropäischem Wintertag, die spektrale Verteilung einem klarem Frühlingstag

Temperaturkoeffizient für krist. Si - 0,5%/°C, für Si amorph nur etwa 1/4 dieses Werts. - Ausweg: Kühlung der Zellen durch Wärmepumpe.

Derzeit kosten Si-krist-Zellen ca. 10.000 DM/kW(!): 1,80 bis 1,20 DM/KWh Bei Serienfertigung würde der Preis etwa um 60% sinken.

Zur dezentralen Versorgung von Siedlung und "Landwirtschaft" in Wendekreiswüsten ist derzeit wahrscheinlich eine Si amorph-Zelle mit hoher Lebensdauer und einem Wirkungsgrad von etwa 10% am geeignetsten. In vielen Ländern seit den 80er Jahren Solarzellen in Wüsten bereits benutzt für Wasserpumpen, Polizei- u. Militärstationen, Farmen.

Thermische Solarkraftwerke sind über Prototypen hinaus nicht eingesetzt worden.

Windkraft: Anfang des 20ten Jhdts. zum Wasserpumpen in Namibia. - Windkraftanlagen in den USA. Anlagekosten zwischen 2000 - 4500 DM/KW P 0,30 - 0,15 DM/KWh

Ausblick auf mögliche künftige Nutzung

Landwirtschaft = Produktion von Biomasse ist wegen der potentiellen Verdunstung (Versalzung) im offenen Anbau nicht möglich !!

Viehzucht ist kein klimatisches Problem: Schaf, Ziege, Kamel, Esel, Strauß sind auch im hochariden Bereich perfekt angepasst, auch bestimmte Rinderrassen sind geeignet. In der Gobi gibt es noch wilde Kamele, in Australien haben sich Dromedare die vor 70 Jahren freigelassen wurden im Grenzbereich zwischen Busch und Wüste ohne jede menschliche Unterstützung gehalten. In Namibia wurden deutsche Armee-Pferde bei der Kapitulation im ersten Weltkrieg von einem Soldaten

freigelassen; die Herde lebt noch heute wild dort! Problem ist die Futterbeschaffung + Wasser!

Ausweg: Pflanzenwachstum mit geschlossenem Wasserkreislauf, bei dem möglichst nur der Wasseranteil entnommen wird, der in der Biomasse steckt! D.h.: Tankkultur oder Treibhaus. Prinzipieller Unterschied zu Gewächshäusern in humiden Gebieten: Dort soll primär die Temperatur und Luftfeuchte erhöht werden. - Hier soll soweit möglich die Verdunstung unterdrückt werden!

Problem in der Wüste: Zeitweise tagsüber zu hohe Temperatur + eventuell zu hoher Salzgehalt des Wassers.

Abhilfe: 1. Kühlung durch Wärmepumpe
2. Entsalzung durch Umkehrosmose oder Membrandestillation.

Prinzipiell bereits heute technisch machbar, aber F+E in Industrieländern kümmert sich nicht darum, da aus politischen Gründen derzeit keine wirtschaftliche Anwendung sichtbar.

(1997 ca 6 Milliarden / 2020 ca. 8 Milliarden Weltbevölkerung - Gesamte weltweite sog. „Entwicklungshilfe“ der Industrieländer derzeit pro a etwa so hoch wie die Aufwendungen der BRD für die 5 „neuen“ Bundesländer pro Jahr.)

Wasser:

- fossil : Vorteil : Bei geringer Entnahme P unabhängig von Niederschlägen
Nachteil: Wasser ist oft warm (30-40°C), Bohrung ist teuer.

- recentes Wasser: Nachteile: Abhängig von Niederschlägen, Anlage von Sammelflächen ist abhängig vom Gelände u.U. teuer. Nur in semiariden Gebieten möglich. (Mehr als 150 mm/a)

- Meerwasserentsalzung: Nur in Küstennähe. Verschiedene Verfahren. Viele bereits „Stand der Technik“. Grösste Probleme sind Korrosion, Membranverschmutzung. - Kosten liegen derzeit zwischen 3 - 10 US-Dollar pro Kubikmeter. - (Zum Vergleich: Die Kosten in Deutschland für 1 Kubikmeter einschliesslich Abwasser liegen bei etwa 5 - 9 DM!)

- Taupunktcondensation, bzw. Absorption/Desorption nur bei hinreichend hoher absoluter Luftfeuchte.

Meist sind im Wasser alle mineralischen Nährstoffe hinreichend vorhanden, Ausnahme ist Stickstoff.! (Leguminosen)

Fakten zu Tank-, bzw. Gewächshaus-Kultur

Nutzbare Wellenlänge für Photosynthese etwa 670 bis 710 nm.

IR-Anteil könnte oberhalb von Tank oder Gewächshaus durch Filter zurückgehalten werden. Möglich auch selektive Reflektion durch Spiegel mit Belag aus Si oder Ge.

Konzentration des Lichts durch Fresnel-Linsen + oder Spiegel möglich.
(Fresnel-Linsen - Kunststoff durch Pressen, Strangpressen oder Spritzguß.)

Problem der Belüftung (CO₂-Gehalt der Luft) = Feuchteverlust

Kamelnachahmung: Kieselgelfilterstrecken oder Abkühlen bis Taupunkt

Ziel ist möglichst viel Biomasse pro t Wasserverbrauch.

Andere Möglichkeit: Unterird. Wanne + Sand + Plastikabdeckung + Kies = Zu + Ablauf

In Küstennähe: Garneelenzucht, Anbau von Salzwasser-Pflanzen. (Versuche in Somalia)

Energiegewinnung zum Export:

Grösste Hürden: In der Sahara die politischen Verhältnisse! - Allgemein: Problem des Energietransports technisch noch nicht gelöst.

∴ [Seitenanfang](#)