

Anpassungen von Pflanzen der Trockenlebensräume

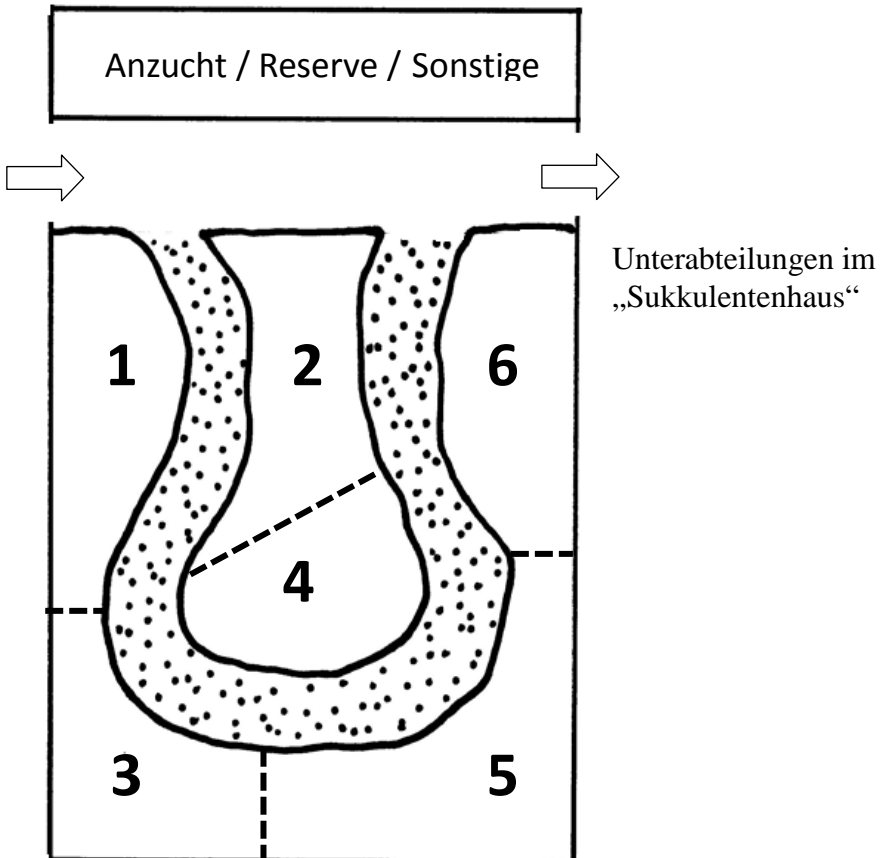


Dr. Gregor Schmitz
(unter Mitarbeit von Dr. Veit M. Dörken)

Botanischer Garten
Universität Konstanz
im März 2014

Die mittlere Gewächshausparzelle (Nr. 5) widmet sich der Pflanzenwelt der Trockenlebensräume (aride und subaride Standorte). Diese Pflanzenausstellung ist nach didaktischen Gesichtspunkten zusammengestellt und enthält 6 Unterabteilungen:

1. Morphologische und physiologische Anpassungen an aride Standorte
2. Biogeographische Aspekte
3. Vielfalt der Kakteen
4. Konvergenz: gleiche Strategien
5. Tier-Pflanze-Wechselwirkung
6. Nutzpflanzen aus Trockenlebensräumen



Anpassungen an aride Standorte (Station 1)

In diesem Heft werden die morphologischen und physiologischen Anpassungen von Pflanzen an aride Umweltbedingungen vorgestellt. Diese Anpassungen gehen maßgeblich in zwei Richtungen:

- A) Einschränkung des Wasserverlustes durch Verminderung der Transpiration;
- B) Verbesserung der Wasseraufnahme und -speicherung.

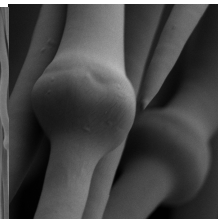
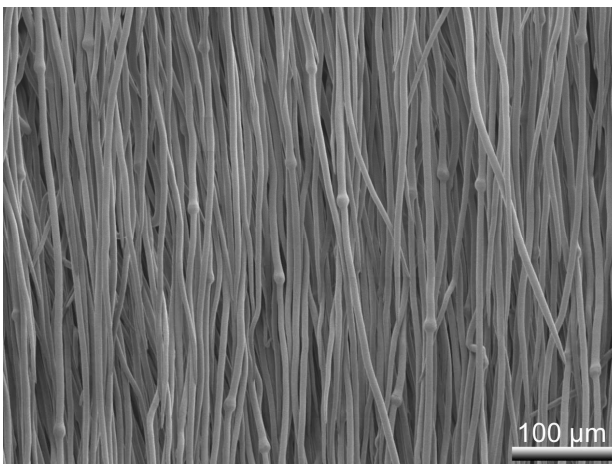
Viele Pflanzenarten zeigen gleich mehrere der hier aufgeführten morpho-anatomischen und physiologischen Merkmale.

A) Verminderung der Transpiration

1 Reflexion von Licht:

Blätter, die sich durch Sonneneinstrahlung stark aufheizen, transpirieren mehr. Um dem entgegen zu wirken, entwickelten zahlreiche Pflanzen lichtreflektierende Oberflächen:

- 1.1 a)** Die **Haare** (Trichome) auf den Blättern von *Nauplius sericeus* (Seidenhaariger Goldstern) sind abgestorben und mit Luft gefüllt. Die zahlreichen Grenzflächen bewirken eine effektive Rückstrahlung und die Blätter wirken silbrig weiß. Auch zwischen den flach anliegenden Haaren finden sich viele Lufträume.



Warum die Verbindungen zwischen den einzelnen Haarzellen verdickt sind, ist unbekannt (REM-Bild K. Mendgen)

Aufgrund der starken Behaarungen werden entsprechend die Luftbewegungen um die Spaltöffnungen (Stomata) stark minimiert, sodass auch die Wasserverluste bei der gerichteten stomatären Transpiration so entsprechend zusätzlich herab gesetzt werden können.

b) Die Blätter von *Kalanchoe pumila* sind durch dicke Wachsschichten weißlich bis grau und reflektieren so einen Teil der Strahlung. Zahlreiche Wachscluppen sind bei einigen Kakteen ausgebildet, so bei *Astrophytum myriostigma*.

2 Isolation:

Dichte Behaarung der Epidermis trägt – wie das Fell der Säugetiere – zur Temperatur-Isolation bei, denn die zwischen den Haaren festgehaltene Luftschicht ist ein schlechter Wärmeleiter. Derartige Anpassungen dienen Pflanzen gegen Erfrierungen (Weidenkätzchen, Edelweiß), wie auch gegen Überhitzungen (Wüstenpflanzen).



Haare von *Echeveria pulvinata*.

Echeveria pulvinata aus mexikanischen Trockengebieten ist einer der wenigen behaarten Vertreter seiner Familie (Dickblattgewächse). Die Art schützt sich zusätzlich durch zeitweilige Rotfärbung der Blätter gegen schädliche Strahlung.

Das hier vorliegende und im Pflanzenreich weit verbreitete Schutzpigment Anthocyan, schirmt insbesondere die gefährliche UV-Strahlung ab. Die Anthocyan-Einlagerungen sind reversibel, d.h. können bei abnehmender Strahlenbelastung wieder abgebaut werden.

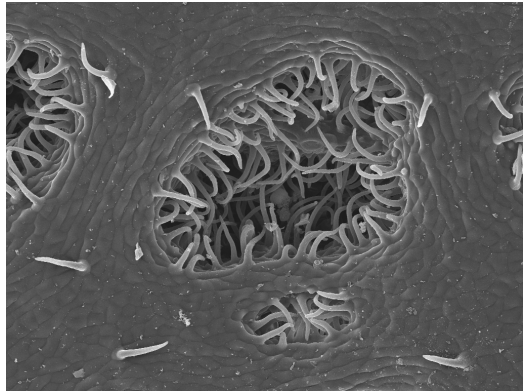
Auch abgestorbene Blätter am Grunde des Sprosses können der Pflanze noch dienen. Bei *Greenovia aurea* schirmen sie die grünen Blätter und den Stamm gegen den sich stark aufheizenden Felsuntergrund ab.

3 Kutikulaverdickung und eingesenkte Spaltöffnungen:

Die das Blatt umgebende Wachsschicht (Kutikula) ist bei Pflanzen der Trockenlebensräume besonders verdickt, um unkontrollierten Wasserverlust über die Blattspreite zu vermeiden.

14.1

Der Oleander (*Nerium oleander*) zeigt neben stark verdichteten Wachsschichten, eine mehrschichtige Epidermis und auf der Blattunterseite Spaltöffnungen, die tief ins Blatt eingesenkt sind. Die vor diesen Atemöffnungen liegenden Höhlungen sind dicht mit Haaren versehen. Das minimiert die Luftströmung und damit die Verdunstung.



Behaarte Einsenkungen auf der Blattunterseite des Oleanders (REM-Bild V. Dörken)

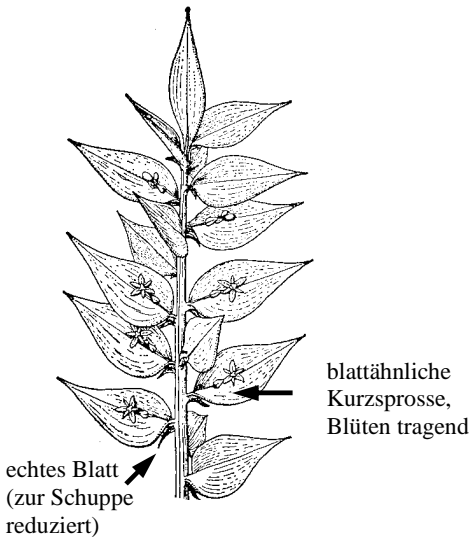
4 CAM-Zyklus:

4.1 An *Kalanchoe pinnata* entdeckte man einen bei vielen Pflanze der Trockenlebensräume verbreiteten Mechanismus der CO₂-Vorfixierung, den nach der Familie der Dickblattgewächse benannten "Crassulaceae Acid Metabolism" (kurz: CAM). Der Mechanismus erlaubt Pflanzen, ihre Spaltöffnungen tagsüber geschlossen zu halten (Transpirationsschutz). Das für die Photosynthese notwendige CO₂ wird in der (kühleren) Nacht, wenn der Taupunkt unterschritten wird, aufgenommen und in

Form von Apfelsäure (Malat) in den Vakuolen für den nächsten Tag (Lichtreaktion) zwischengelagert.

5 Blattreduktion:

Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung der Wasserverdunstung ist die Reduktion der (transpirierenden) Blätter. Dies ist am extremsten bei den meisten Kakteen oder einigen Euphorbien zu sehen, die keine grünen Blätter mehr besitzen (Umwandlung in Dornen). Die Photosynthese übernehmen dann grüne Sprosse. Sind Sprossabschnitte blattartig verflacht, spricht man von Phyllokladien (blattartige Kurztriebe) oder Platykladien (blattartige Langtriebe).



Ein Platykladienbeispiel zeigt der Mäusedorn (*Ruscus aculeatus*). Vermeintliche Blätter sind eigentlich Kurzspresse während die echten Blätter zu winzigen trockenhäutigen Schüppchen reduziert sind.

5.1

Der Bleistiftstrauch (*Euphorbia tirucalli*) betreibt Photosynthese überwiegend über die chlorophyllreichen runden Sprossachsen.

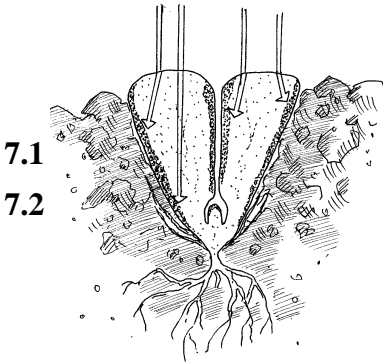
5.2

Werden lediglich die Blattstiele verbreitert spricht man von Phyllocladien (z.B. *Colletia paradoxa*).

6 Dichtstellen der Blätter:

- Das Prinzip durch Luftpolster oder Eigenbeschattung die Verdunstung einzuschränken, kann auch durch dichte Überlagerung von Blättern erreicht werden. Beispiele sind die
- 6.1 rosettenbildende Tacituspflanze (*Graptopetalum bellum*) und das
 - 6.2 Scheinstämmchen bildende Felsendickblatt (*Crassula rupestris* ssp. *marnierana*).

7 "Fensterblätter":



Manche Wüstenpflanzen „fliehen“ in den Erdboden, um sich vor Hitze und Fraßfeinden zu schützen. Vor allem bei Vertretern der Mittagsblumengewächse (z.B. die den Gattungen *Lithops* und *Fenestaria*) schauen dann nur noch die Blattenden über die Erdoberfläche empor. Um trotz der Einsenkung in den Untergrund effektiv Photosynthese betreiben zu können, ist das zentral

liegende Wasserspeichergewebe dieser sog. Fensterblätter durchsichtig (Glaskörper) und leitet das Licht in Form von diffuser Strahlung an die randlich liegenden grünen Gewebsschichten.

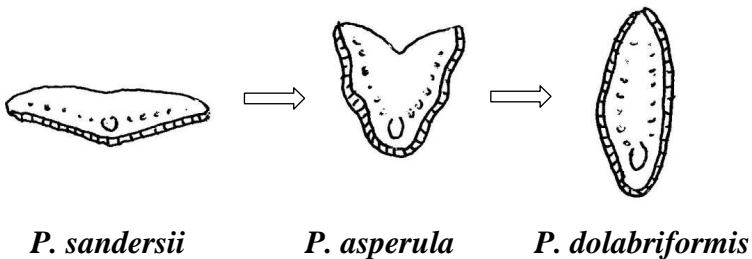
8 Blattrollungen:

- Je nach Wasserversorgung können bestimmte Arten ihre Blätter aktiv einrollen. Das Längs- oder Querrollen dient bei mangelnder Wasserversorgung dem Verdunstungsschutz, denn so werden Luftpolster „festgehalten“ und zudem ein Großteil der Blätter und der empfindliche Vegetationspunkt im Innern der Rosette beschattet. Beispiele sind *Aloe bellatula* (Längsrollung) und *A. aristata* (Querrollung, Schließung der Rosette).
- 8.1
 - 8.2

9 Senkrechte Blattflächen:

An offenen heißen Trockenstandorten reicht oft das seitlich gestreute (diffuse) Licht für die Photosynthese aus. Manche Pflanzen vermeiden durch senkrechte Blattflächen die extreme mittägliche Aufheizung. Die Blätter kommen in diese Position durch

- a) Drehung: z.B. der Kompass-Lattich (*Lactuca serriola*)
- b) Reduktion der Blattoberseite zugunsten der „Blattunterseite“ die dann seitlich bis nach oben reicht: siehe Entwicklungsreihe bei *Peperomia* (Peru) und extreme Abflachung bei *Senecio crassisimus* (Madagaskar).



Sukkulente *Peperomia*-Arten zeigen eine interessante Entwicklungsreihe, an deren Ende durch die fast vollständige Reduktion der morphologischen Blattoberseite seitlich abgeflachte Fensterblätter stehen.

Manche als „Kompasspflanzen“ bezeichneten Gewächse richten die Blätter zudem in Nord-Süd-Richtung aus, um die Strahlungsbelastung zusätzlich einzudämmen: Beispiel Kompasslattich (*Lactuca serriola*), z.T auch beim Rainfarn (*Tanacetum vulgare*).

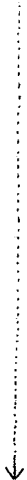
B) Verbesserung der Wasserverfügbarkeit

Mehrjährige Wüstenpflanzen zeichnen sich durch ein weitreichendes Wurzelsystem aus. Dies bringt vor allem Vorteile bei der Wasseraufnahme mit sich. Man unterscheidet Tief- und Flachwurzler.

10 Umfangreiches Wurzelsystem

a) Tiefwurzler

10.1



60 m
*Acacia
erioloba*

Die hier ausgestellte *Welwitschia miralis* aus der Namib besitzt neben einem ausgedehnten Oberflächen-Wurzelsystem eine rübenartige Pfahlwurzel die an natürlichen Standorten viele Meter tief reichen kann. Die Angaben über die maximale Wurzeltiefe sind widersprüchlich. Maximal werden 40 m angegeben.

Unsere Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) kann an trockenen Standorten auch bis zu 40 m tief wurzeln.

Den bisherigen Tiefwurzlerrekord hält die Kameldorn-Akazie (*Acacia erioloba*, nicht ausgestellt) deren Wurzeln bei Grundwasserbohrungen in der Kalahari noch in 60 m Tiefe gefunden wurden. Das Anzapfen des Grundwassers erlaubt den Pflanzen auch während der Trockenzeiten grünes Laub zu tragen.

b) Flachwurzler:

Zahlreiche Kakteen, Agaven und andere Sukkulenten bilden ein besonders flaches Wurzelsystem aus, um bei den seltenen Regenfällen das Wasser besonders rasch aufnehmen zu können.

Darüber hinaus vermögen es Kakteen wie die hier gezeigte Seeigelkaktee *Echinopsis* nach einem Regenereignis schon nach 8 Stunden bodennahe Wurzeln auszubilden. Diese "rain roots" sind weiß, etwas dicker und zerbrechlicher als die etablierten Wurzeln. Ihre Wasseraufnahmefähigkeit ist bis zu 5 Mal so gut. **10.1**

11 Wasserspeicherung:

Das Speichern von Wasser in speziellen Speichergeweben ist das Merkmal der Sukkulenten. Je nachdem wo die Speicherung stattfindet, unterscheidet man Blatt-, Stamm- und Wurzelsukkulente.

Säulenförmige Kakteen, wie die *Echinopsis* sp. zeigen zudem meist eine Rippenbildung. Vorteile der Rippen: Möglichkeit der Volumenänderung (Ziehharmonika-Effekt), Stabilitätsgewinn, Vergrößerung der photosynthetisch aktiven Oberfläche, Eigenschattenbildung und gezielte Leitung von Regen- und Tauwasser zum Wurzelbereich. **10.1**

12 Saisonale Anpassung:

Die Pflanzen passen sich der saisonalen Wasserverfügbarkeit an. Annuelle Wüstenpflanzen keimen nach Regen, bringen schnell Blüten und Früchte hervor, um dann wieder als Samen zu überdauern. Die mehrjährige zwiebeltragende Bowinie (*Bowinia volubilis*) bildet nach Regenfällen einen kletternden Blütenstand aus, der nach der Fruchtreife wieder abstirbt. Zurück bleibt die Zwiebel. **12.1.**

13 Poikilohydrie:

Noch schneller können "wechselfeuchte" (= pokilohydre) Pflanzen auf wechselnde Wasserverfügbarkeit reagieren. Sie besitzen in ihren Zellen keine zentrale Vakuole und haben auch keine Einrichtungen zur Regulation ihres Wasserhaushaltes. Nur bei einer hohen Luftfeuchte sind sie zu aktivem Leben fähig. Trocken werden sie ein, so schrumpfen die Blätter, sterben aber nicht, sondern quellen bei steigender Feuchtigkeit wieder auf. Das Verhalten ist bei Laubmoosen weit verbreitet. Bei Gefäßpflanzen aber selten. Einige

von ihnen nennt man Auferstehungspflanzen. Die

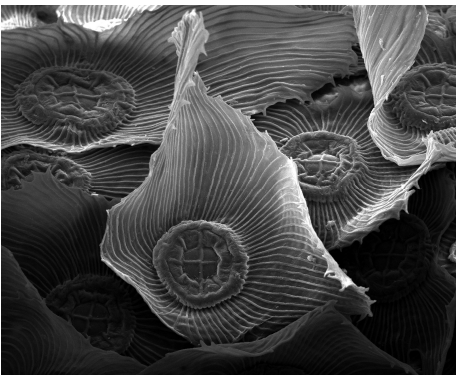
- 13.1** Bärlappverwandte *Selaginella lepidophylla* ist die „unechte“ Rose von Jericho. Mit dem Namen "Rose von Jericho" sind auch *Asteriscus pygmeus* und *Anastatica hierochuntica* belegt, wobei die letztere die echte Rose von Jericho ist.

14 Oasenpflanzen:

Manche "Wüstengewächse" besiedeln innerhalb der trockenen

- 14.1** Gebiete nur feuchtere Standorte. Der Oleander (*Nerium oleander*) ist in Nordafrika in Wadis und Oasen häufig.

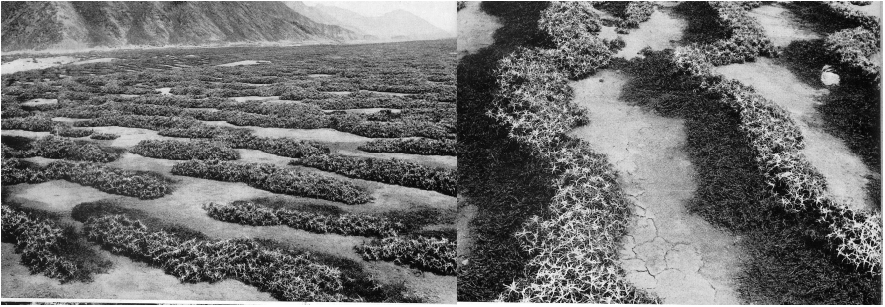
15 Saugschuppen:



Saugschuppen von *Tillandsia usneoides*
(REM-Bild V. Dörken) verändert aus

Besondere Oberflächenstrukturen dienen bei manchen Pflanzen der Wasseraufnahme. Besonders hoch spezialisiert sind die Saugschuppen der Bromeliengewächse, insbes. der Tillandsien. Es sind hochkomplexe mehrzellige Haarbildungen, die das (Kondens-)Wasser ins

Innere der Blätter leiten. Die Pflanzen reduzieren im Gegenzug die Wurzeln, sodass diese meist nur noch zum Festhalten auf der Unterlage dienen (Haftwurzeln).



In Wellenform wachsen die Bestände von *Tillandsia paleacea* in der peruanischen küstennahen Nebelwüste. Die Pflanzen wachsen nach vorne und sterben hinten ab (aus Rauh, 1970) **15.1**

Auch das südafrikanische Mittagsblumengewächs *Delosperma echinatum* kann über Blatthaare Wasser aufnehmen. **15.2**

16 Nebelkammer:

Als Nebelkammer bezeichnet man Pflanzen, die aus feuchter Luft Wasser an ihrer Oberfläche effektiv kondensieren können. Die in den Lorbeerwäldern der Kanaren stammende Kanaren-Kiefer (*Pinus canariensis*) profitiert so von den feuchten Passatwolken. **16.1**

Das Wasser tropft so nur im Bereich des Wurzeltellers ab und kommt der Pflanze zu gute. Auch die "Greisenhäupter" (z.B. *Mamillaria bocasana*) unter den Kakteen kondensieren Wasser, allerdings an den haarartigen "Dornen" der Pflanzen. **16.2**