

Anpassungen der Pflanzenwelt an das mediterrane Klima



Seminarbeitrag im Modul Terrestrische Ökosysteme (2101-230)
Institut für Botanik (210) · Universität Hohenheim · Stuttgart
vorgelesen von Dominik Wentsch am 18.01.2017



Anpassungen der Pflanzenwelt an das mediterrane Klima

Einleitung

Lebensformen

Phanerophyten

Chamaephyten

Hemikryptophyten

Kryptophyten

Therophyten

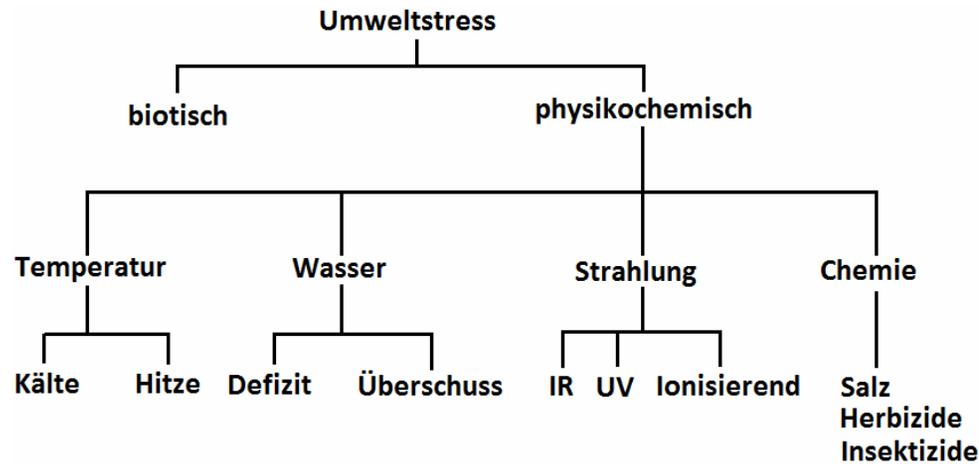
Halophyten



Einleitung

Es stellt sich die Frage, woran sich eine Pflanze anpassen muss, wenn ihr Lebensraum vom mediterranen Klima geprägt ist. Der Umweltstress, welcher auf die Pflanze einwirkt, lässt sich zunächst in den biotischen und in den physikochemischen Stress unterteilen (s. Abb. 2). Unter dem biotischen versteht man Stress wie z.B. Tierfraß, Befall mit Mikroorganismen oder auch Konkurrenz durch andere Pflanzen.

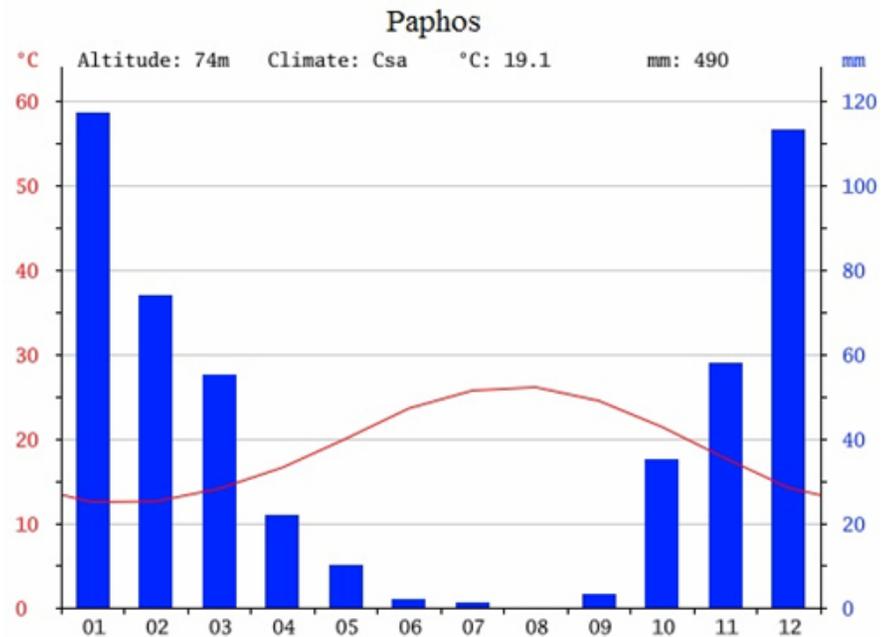
Auf der anderen Seite steht der physikochemische Stress. Dazu gehören Temperatur- und Wasserstress, Strahlungsbelastung und Stress durch Chemikalien wie Insektizide oder auch Salz, das im Boden vorkommt. An all diese Dinge muss sich die Pflanze anpassen, um zu überleben und um sich weiter reproduzieren zu können.



Faktoren des Umweltstresses, die auf die Pflanzen einwirken [2].

Klima

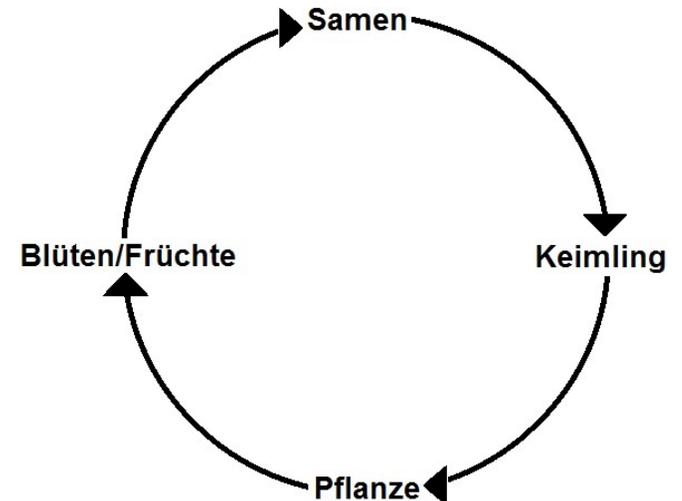
Betrachtet man ein Klimadiagramm von Zypern, werden die Stressfaktoren Temperatur und Wassermangel deutlich. Als Beispiel für ein Klimadiagramm wurde die Stadt Paphos im Südwesten Zyperns gewählt (Abb. 3). Das Klima ist mediterran gemäßigt mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von $19,1^{\circ}\text{C}$. Im Winter bleibt die Temperatur relativ mild, während sie in den Sommermonaten um 25°C liegt. Die Abkürzung Csa im Diagramm steht für das Mittelmeerklima. Beim Betrachten des jährlichen Niederschlags fällt auf, dass es hauptsächlich im Winter regnet. In den Sommermonaten fällt sehr wenig bis gar kein Regen und das über einen Zeitraum von fast einem halben Jahr! Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt daher nur 490 mm. Vergleicht man die Zahlen mit Stuttgart, so regnet es dort 674 mm/Jahr, wobei es keine regenfreie Monate gibt und das Maximum in den Sommermonaten liegt.



Klimadiagramm von Paphos, Zypern [3].

Lebenszyklus

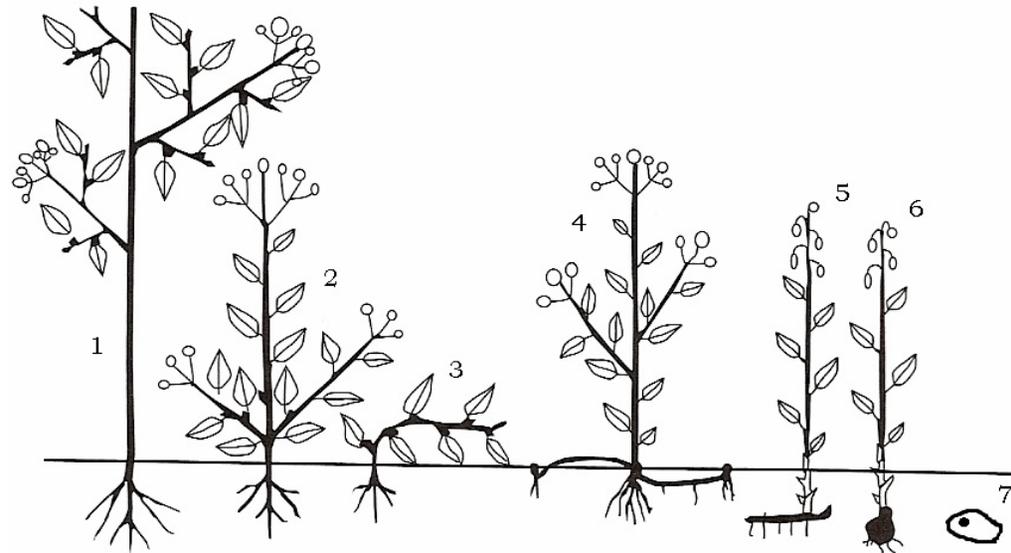
Die meist mehrere Monate andauernde Trockenperiode im Sommer stellt die Pflanze vor die Herausforderung, ihren Lebenszyklus vor dem Beginn der Trockenzeit zu vollenden. Dieser Lebenszyklus einer Pflanze beginnt mit der Samenreife, dem Keimling und dem Erwachsenenstadium der Pflanze bis hin zur Blüte, wobei nach der Befruchtung neue Samen gebildet werden und der Kreislauf von neuem beginnen kann. Die einzelnen Arten entwickelten dabei unterschiedliche Strategien, um ihren Zyklus weiterhin gewährleisten und das Überleben der Art sicher stellen zu können..



Schematischer Lebenszyklus einer Pflanze

Lebensformen

Die Klassifizierung der Lebensformen der Pflanzen folgt dem Ansatz des dänischen Botanikers Christen Raunkiær (1905). Er fasste Pflanzen mit gleichen Struktur-, Entwicklungs-, Lebensweise- oder Verhaltenseigenschaften als Organisationstypen zusammen und teilte sie nach der Lage ihrer Erneuerungsknospen in Bezug zur Bodenoberfläche ein. Dadurch entstanden die Klassen der Phanerophyten, der Chamaephyten, der Hemikryptophyten, der Kryptophyten und der Therophyten (siehe Abb. 4). Während z.B. bei den Phanerophyten die Erneuerungsknospen noch weit über der Bodenoberfläche liegen, sind diese bei den Therophyten als Überdauerungsorgane im Boden ausgebildet.



Schematische Darstellung der Lebensformen nach Raunkiær: Phanerophyten (1), Chamaephyten (2, 3), Hemikryptophyten (4), Kryptophyten (5, 6) und Therophyten (7) [4].

Lebensformen

Phaneropyhten

Zu den Phanerophyten gehören Bäume und Sträucher wie z.B. *Nerium oleander*, der Oleander (Abb. 5). Nach der Klassifizierung von Christen Raunkiær liegen deren Überdauerungsknospen deutlich höher gegenüber der Bodenoberfläche an den in die Luft herausragenden Trieben, die der Witterung wie Frost und Trockenheit ungeschützt ausgesetzt sind. Sie müssen daher eine Anpassung an Forst und Kälte aufweisen. Dies geschieht zumeist bereits dadurch, dass die Erneuerungsknospen über der zu üblichen Schneehöhe liegen.



Nerium oleander L. - Apocynaceae [5].

Phanerophyten

Die Hartlaubgewächse gehören wie alle Bäume und Sträucher ebenfalls zu den Phanerophyten. Sie zeichnen sich durch tiefe Wurzelsysteme, lederige und steife Blätter aus. Die Epidermis ist meist mehrschichtig, was zu einer Verringerung der Transpiration führt. Durch verdickte Zellwände, die dickere Epidermis sowie die stärkere Cuticula werden die Blätter steif, so dass sie auch bei Trockenheit nicht welken und ihre Funktion beibehalten. Gut zu erkennen ist die Versteifung bei *Olea europaea* zu sehen (siehe Abb. 6). Man kann dabei erkennen, dass die Blätter eingerollt sind. Das hat für die Pflanze den Vorteil, dass durch das Zusammenrollen die Stomata vor Wind geschützt sind. In dem luftgeschützten Raum tauscht sich die Luft nur langsam aus und es kann zu einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre kommen, was wiederum die Transpiration reduziert. Die Minimierung der Transpiration ist insbesondere in den trockenen Sommermonaten überlebenswichtig. Auch der Oleander weist diese Anpassung auf (siehe Abb. 5).



Olea europaea L. - Oleaceae [6].



Rosmarinus officinalis L. -
Lamiaceae [7].

Phanerophyten

Eine weitere Anpassung ist die Reduzierung der Blätter. Über die dadurch entstehende kleinere Oberfläche kann so weniger Wasser transpirieren. Manche Straucharten besitzen fast gar keine Blätter mehr wie Rutensträucher (z.B. *Osyris alba*) und betreiben ihre Photosynthese mit den grünen Sprossachsen, die eine kleinere Oberfläche haben als die flächigen Blätter und deswegen relativ weniger Wasser verlieren. Bei *Juniperus phoenicea* und *Thymelaea hirsuta* ist die Reduzierung der Blätter gut zu erkennen (siehe Abb. 8, 9).



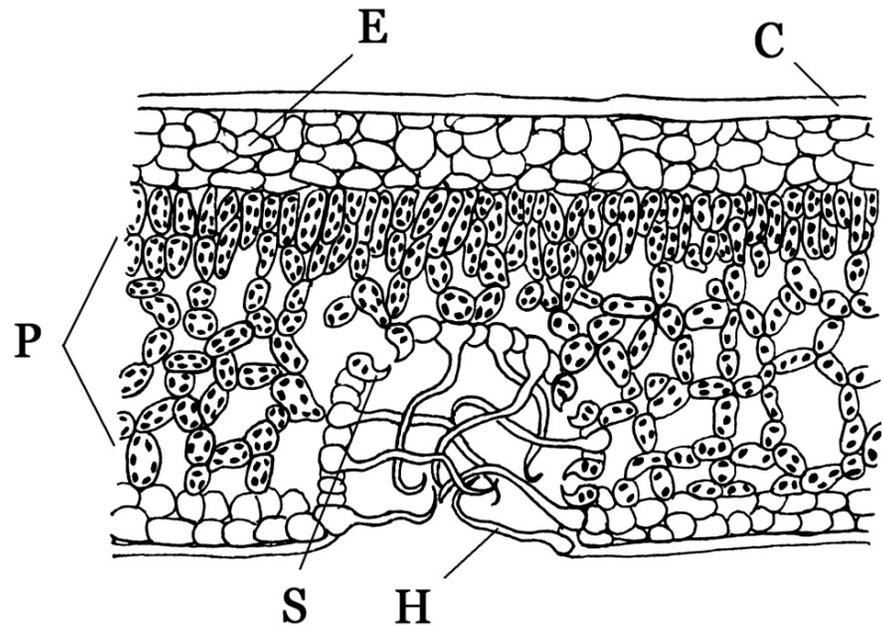
Juniperus phoenicea L. - Cupressaceae [8].



Thymelaea hirsuta (L.) Endl. - Thymelaeaceae [9].

Phanerophyten

Obwohl die Stomata nur etwa 1-2 % der Blattfläche betragen, findet über diese Fläche der nahezu gesamte Wasserverlust einer Pflanze statt. Deshalb sind die Stomata bei vielen Pflanzen wie z.B. bei *Olea europaea* oder anderen Hartlaubgewächsen in kleinen Gruben eingesenkt. Oftmals kommen sie in Kombination mit feinen Haaren vor. Diese können Luftkonvektionen vermindern und führen wie schon bei den eingerollten Blättern zu einer feuchtigkeitsgesättigten Atmosphäre. Durch die eingesenkten Stomata lässt sich die Transpiration erheblich (um 20-70 %) reduzieren.



Querschnitt durch ein Xerophytenblatt [10].

Lebensformen

Chamaephyten

Eine weitere Gruppe unter den Lebensformen sind die Chamaephyten, deren Erneuerungsknospen knapp über dem Bodenliegen, etwa 1-25 cm (- 50 cm). Zu ihnen zählen u.a. die immergrünen bzw. temporär grünen Zwergsträucher und die Polsterpflanzen wie z.B. *Thymra capitata*, der Kopfige Thymian (siehe Abb. 11). Der Polsterwuchs sowie der "Kugelbusch" haben sich als Anpassungen zum Schutz vor Wind und Strahlung günstig erwiesen. Dadurch, dass durch die Wuchsform weniger Wind in das Innere der Pflanze gelangt, herrscht im Polster ein relativ gemäßigtes Mikroklima, das zu einer geringeren Transpiration führt.



Thymra capitata (L.) Cav. - Lamiaceae [11].

Außerdem können sich am Rand und im Innern kleine Pflanzenreste und Bodenpartikel ansammeln, so dass eine allmähliche Humusbildung einsetzen kann. Chamaephyten haben kein tiefes, sondern ein oberflächennahes, weit verzweigtes Wurzelsystem, um Regenfälle sofort nutzen zu können. Durch Wurzelkonkurrenz kommt es zu dem lockeren Bewuchs in der Phrygana. In den trockenen Sommermonaten reduzieren sie ihre Blätter oder werfen diese ganz ab.

Chamaephyten

Der Abwurf bzw. die Welke der Blätter spiegelt sich deutlich im Landschaftsbild wider. Während die Sträucher im Frühling noch in voller Pracht blühen und viele grüne Blätter besitzen (siehe Abb. 12), sind sie im Sommer meist kahl und lassen die Landschaft vertrocknet und trist erscheinen (siehe Abb. 13). Die Pflanzen überdauern die Trockenperiode, bis sie im Frühling erneut anfangen zu ergrünen bzw. mit den ersten Regenfällen im Herbst erneut austreiben wie z.B. bei *Sarcopoterium spinosum* (Dimorphismus).



Phrygana im Frühling [12].



Phrygana im Spätsommer [13].

Lebensformen

Hemikryptophyten

Zu den Hemikryptophyten zählen die meisten ausdauernden, krautigen Pflanzen wie die Stauden, Rosettenpflanzen und Gräser. Bei ihnen liegen die Erneuerungsknospen direkt an der Bodenoberfläche. Sie sind mehrjährige (oft zweijährige) Pflanzenarten, deren oberirdische Organe zwar während der ungünstigen Jahreszeit absterben, sich aber nicht gänzlich in unterirdische Teile zurückziehen, sondern deren Erneuerungsknospen, zwischen totem oder von lebendem Pflanzenmaterial geschützt, an der Erdoberfläche liegen, um bei günstigeren Bedingungen rasch wieder austreiben zu können.



Ranunculus paludosus L. - Ranunculaceae [14].

Lebensformen

Kryptophyten

Zu den Kryptophyten gehören Pflanzen unterschiedlicher Wuchsform, die dadurch gekennzeichnet sind, dass die Überdauerungsformen "verborgen" sind. Man unterscheidet hierbei Helophyten, das sind Sumpfpflanzen, die im Schlamm überdauern, Hydrophyten, Wasserpflanzen, die unter Wasser überdauern und Geophyten, welche unter der Erde überdauern. Die Geophyten überdauern die ungünstige Jahreszeit, indem sie ihre Erneuerungsknospen wie bestimmte Überdauerungsorgane (Rhizome, Knollen, Zwiebeln) und -knospen in einer bestimmten Tiefe im Boden bilden, die so besonders gut geschützt sind. Die unterirdischen Organe dienen zur Speicherung der Reservestoffe. Kryptophyten sind daher besonders geeignet, um längere Trockenphasen zu überdauern und sind in allen ariden Gebieten verbreitet. *Anemone blanda* (siehe Abb. 15) bildet z.B. Rhizome aus.



Anemone blanda Schott & Kotschy - Ranunculaceae [15].

Kryptophyten

Generell gilt für die Kryptophyten, dass sie mit ihren unterirdisch Organen die Trockenperiode überdauern und mit dem Einsetzen der ersten Regenfälle mit Hilfe der in den Knospen, Knollen und Zwiebeln gespeicherten Nährstoffe rasch austreiben können, um eine blühfähige Pflanze heranwachsen zu lassen. In der Abbildung 16 (siehe unten) kann man die verschiedensten Speicherorgane von Kryptophyten sehen.



Lebensformen

Therophyten

Der Name der Therophyten kommt aus dem Griechischen vom Wort "theros" und bedeutet Wärme, Sommer. Therophyten haben keine ausdauernden Achsenorgane, sie sterben während der ungünstigen Jahreszeit ab und überdauern diese als Samen im Boden. Die Samen sind durch ihren geringen Wassergehalt besonders kälteresistent. Sie enthalten die für das Auskeimen erforderlichen Nährstoffe im Embryo selbst (Kotyledonen) oder in einem besonderen Nährgewebe (Endosperm). Hierher gehören die einjährigen Arten, die eigentlichen Kräuter, und zweijährige Rosettenpflanzen. Mit Beginn der für sie günstigen Jahreszeit starten sie ihren kurzen Vegetationszyklus, um rasch einen Spross zu Wachstum, Blüte und Frucht zu bringen. Das primäre Ziel ist eine möglichst große Samenproduktion. Zu den Kräutern gehören insbesondere Ruderal-Arten, die rasch Schuttfluren, noch nicht bestellte Felder, Brachflächen (unbebaute Äcker), Weg- und Waldränder besiedeln. Zweijährige entwickeln nach dem Auskeimen erst Wurzeln und eine dem Boden flach aufliegende Blattrosette, aus der dann in der nächsten Periode ein Blütrieb auswächst und nach Befruchtung zur Samenreife gelangt.



Urospermum picroides
(L.) Scop. ex. F. W. Schmidt -
Asteraceae [17].

Therophyten

Es gibt aber auch Therophyten, die trotzdem gewisse Anpassungen an die wärmeren Temperaturen haben, wie z.B. *Filago pygmaea* (siehe Abb. 18), das auf den Blättern eine dichte, weißfilzige Behaarung aufweist. Das Indumentum vermindert die Konvektion und reduziert die Strahlung. Die weißfilzige Behaarung hat zu dem deutschen Namen "Zwerg-Edelweiß" geführt.

Behaarung kann aber auch auf andere Art effektiv sein. Haare, Dornen oder feine Verzweigungen fördern die Kondensation des Wasserdampfes. Dieser bildet darauf Tröpfchen, die am Stiel der Pflanze hinunter zu den Wurzeln laufen.



Filago pygmaea L. - Asteraceae [18].

Lebensformen

Halophyten

Unter Halophyten versteht man Pflanzen, die an salzhaltige Standorte angepasst sind. Man unterscheidet dabei obligate und fakultative Halophyten. Die obligaten Halophyten wachsen ausschließlich an Salzstandorten, während die fakultativen zwar salzhaltige Böden besiedeln können, aber ihr physiologisches Optimum liegt eher im salzarmen oder salzfreien Milieu. Ein Beispiel ist der Europäische Meersenf, *Cakile maritima*, der die Spülsäume der Meere besiedelt (siehe Abb. 19).

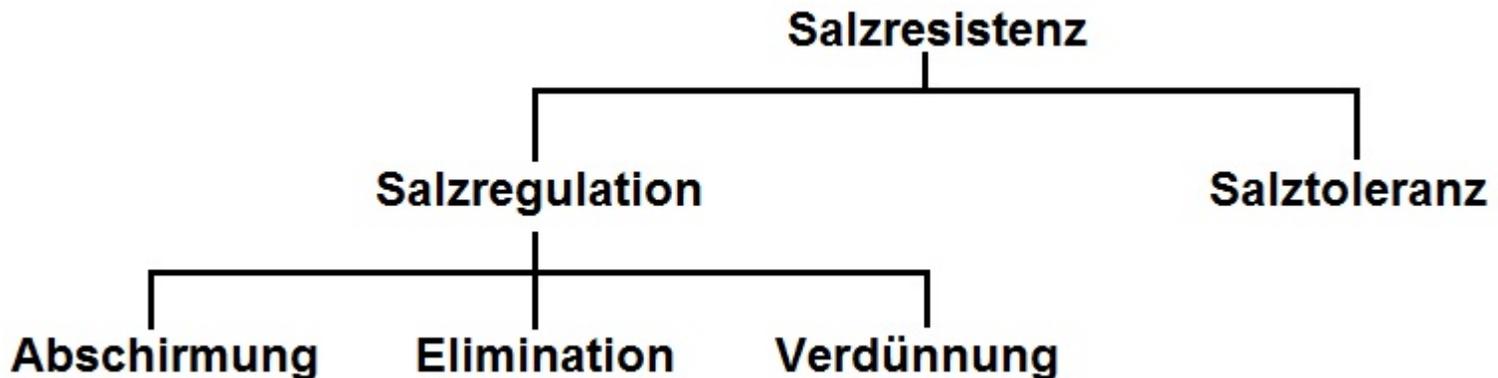


Cakile maritima Scop. - Brassicaceae [19].



Halophyten

Um mit der höheren Salzbelastung, die für andere Pflanzen letal wäre, zurecht zu kommen, haben die Halophyten verschiedene Mechanismen entwickelt. Die Salzresistenz erfolgt auf unterschiedliche Weise. Die Pflanze kann entweder eine höhere Salztoleranz ausbilden, durch z.B. eine andere Zusammensetzung der Zellmembran, wodurch der Austritt von Salzionen aus der Vakuole vermindert wird, oder sie reguliert aktiv den Salzgehalt. Als Regulationsmechanismen gibt es die Abschirmung, Elimination und Verdünnung der Salzkonzentration (siehe Abb. 20):.



Halophyten

Abschirmung

Das Ziel der Abschirmung ist, entweder keine Salzionen aufzunehmen oder sie nicht in empfindliches Gewebe zu lassen, das ist z.B. junges bzw. noch wachsendes Gewebe. Erreicht wird dies durch Filterung in der Wurzel, um eine übermäßige Salzaufnahme zu vermeiden. Die "Kontrollschranke" ist der Caspary-Streifen der Endodermis. Dadurch bleibt der Xylem-Saft der Pflanzen salzarm. Pflanzen, die so ihre Salzaufnahme kontrollieren, sind die Strandflieder-Arten wie z.B. der Zypern-Endemit *Limonium cypricum* (siehe Abb. 21).

Bei einer andere Variante der Abschirmung werden Salzionen zwar aufgenommen, diese aber vom Spross zurückgehalten, um eine höhere Salzkonzentration in den jüngeren und damit anfälligeren Teilen der Pflanze zu verhindern.



Limonium cypricum (Meikle) Hand & Butter -
Plumbaginaceae [21].

Halophyten

Elimination

Unter der Elimination versteht man die Anreicherung von Salzionen bis hin zur toxischen Grenze in bestimmten Pflanzenteilen wie z.B. den Blättern, welche daraufhin abgeworfen werden, um sich damit der Salzionen zu entledigen. Diese Strategie findet man vor allem bei Rosettenpflanzen der Salzwiesen wie z.B. *Plantago maritima* (siehe Abb. 22). Der Nachteil dieser Methode ist, dass sie relativ energieaufwendig ist, da immer neue Blätter gebildet werden müssen.

Es gibt aber auch Pflanzen, die keinen Regelmechanismus besitzen. Der Salzgehalt steigt kontinuierlich im Laufe der Vegetationsperiode an, bis eine tödliche Grenze für die Pflanze erreicht wird. Für die Pflanze ist aber der Zeitabschnitt lang genug, um noch ihren vollständigen Entwicklungszyklus durchlaufen zu können.



Plantago maritima L. - Plantaginaceae [22].

Halophyten

Die Elimination kann auch über Absalzhaare oder Absalzdrüsen stattfinden. Absalzhaare sind spezialisierte Trichome auf der Blattoberfläche, in die aktiv Salzionen transportiert werden. Sie sterben dann ab, platzen auf, die Ionen werden abgewaschen und das Salz damit aus der Pflanze entfernt.

Bei den Absalzdrüsen wird das Salz aktiv unter Energieverbrauch ausgeschieden. Im Gegensatz zur Exkretion und der Sekretion spricht man bei der Salzausscheidung von Rekretion, d.h. die Stoffe werden von der Pflanze in der Form ausgeschieden, wie sie aufgenommen wurden. Dabei bilden sich viele makroskopisch sichtbare Salzkristalle auf den Blättern. Hierzu gehören Frankenia-Arten wie z.B. *Frankenia hirsuta* (siehe Abb. 22).



Frankenia hirsuta L. - Frankeniaceae [23].

Halophyten

Verdünnung

Bei der Verdünnung werden die Salzionen mit dem Wasser aus dem Boden aufgenommen und in den Vakuolen der Zellen gespeichert. Dadurch wird eine hohe intrazelluläre Salzkonzentration verhindert. Dies ist bei sukkulenten Pflanzen der Fall.

Ein Beispiel für Halophyten mit sukkulenten Blättern oder Stängeln ist *Salicornia europaea* (siehe Abb. 23). Sie erträgt den höchsten Salzgehalt von allen Blütenpflanzen. Würde man sie verbrennen, dann würde die Asche noch etwa 75 % Kochsalz enthalten.



Salicornia europaea L. - Chenopodiaceae [24].



Abbildungsnachweis

- [1] Sergey Klimkin in: <http://www.publicdomainpictures.net/pictures/140000/velka/flower-1445316715pV2.jpg>.
Abfrage 04.12.2016.
- [2] Vgl. Levitt (1980), Seite 13, Diagramm 2.2.
- [3] <https://images.climate-data.org/location/584/climate-graph.png>. Abfrage 13.12.2016.
- [4] verändert nach Sten Porse in: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Life_forms.png. Abfrage 30.12.2016.
- [5] Joaquim Alves Gaspar in: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Nerium_oleander_flowers_leaves.jpg.
Abfrage 06.12.2016.
- [6] Astrid Scharlau in: http://www.azalas.de/bilder/2012-10/P1250641-1_450. Abfrage 06.12.2016.
- [7] Saxifraga - Rutger Barends in: <http://www.freenatureimages.eu/plants/Flora%20O-R/Rosmarinus%20officinalis%20C%20Rosemary/Rosmarinus%20officinalis%204,%20Rozemarijn,%20Saxifraga-Rutger%20Barends.jpg>.
Abfrage 06.12.2016.
- [8] Saxifraga - Jan van der Straaten in: <http://www.freenatureimages.eu/plants/Flora%20J-N/Juniperus%20phoenicea%20C%20Phoenician%20Juniper/Juniperus%20phoenicea%20ssp%20turbinata%2012,%20Saxifraga-Jan%20van%20der%20Straaten.jpg>. Abfrage 07.12.2016.
- [9] Saxifraga - Willem van Kruijsbergen in: <http://www.freenatureimages.eu/plants/Flora%20S-Z/Thymelaea%20hirsuta/Thymelaea%20hirsuta%2012,%20Saxifraga-Willem%20van%20Kruijsbergen.jpg>. Abfrage 07.12.2016.
- [10] Bgqhrsno in: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Xerophyten_-_Blattanatomie.png. Abfrage 06.12.2016.
- [11] Dennis Barthel in: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Thymbra_capitata_Ghajn_Tuffieha_Malta_01.jpg. Abfrage 29.01.2017.
- [12] Astrid Scharlau in: http://www.azalas.de/bilder/2009-05/DSCN0332-1_450. Abfrage 02.01.2017.
- [13] Astrid Scharlau in: http://www.azalas.de/bilder/2010-06/DSCN6285-1_450. Abfrage 02.01.2017.



Abbildungsnachweis

- [14] Xemenendura in: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Ranunculus_paludosus_1.JPG.
Abfrage 31.12.2016.
- [15] Dr. Erich W. Schreiner in: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/BalkanWindr%C3%B6schen.JPG>.
Abfrage 04.12.2016.
- [16] Astrid Scharlau in: http://www.azalas.de/bilder/2012-01/P1200015-1_450. Abfrage 09.01.2017.
- [17] Saxifraga - Jan van der Straaten in: <http://www.freenatureimages.eu/plants/Flora%20S-Z/Urospermum%20picroides/Urospermum%20picroides%201,%20Saxifraga-Jan%20van%20der%20Straaten.jpg>. Abfrage 31.12.2016.
- [18] Hagen Graebner in: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Zwergedelwei%C3%9F1.jpg?uselang=de>.
Abfrage 06.12.2016.
- [19] Jürgen Howaldt in: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4d/Cakile-maritima-%28eurMeersenf%29_1.jpg.
Abfrage 31.12.2016.
- [20] Vgl. Larcher, W. (2001), Seite 344, Abb.6.66.
- [21] Ina Dinter in: DSC018_Limonium cyprium (Meikle) Hand & Buttler_DSC003_12130. 08.03.2016.
- [22] JuTa in: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Plantago_maritima_-_Iceland_-_2007-07-06.jpg.
Abfrage 15.01.2017.
- [23] Ina Dinter in: DSC142_11702_Frankenia hirsuta L. 26.04.2015.
- [24] M. Buschmann in: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/Salicornia_europaea.jpg. Abfrage 15.01.2017.



Literaturverzeichnis

- Bärtels, A. (2003): Pflanzen des Mittelmeerraumes. Ulmers Naturführer. – Stuttgart, 2. Aufl.
- Campbell, N.A. & J.B. Reece (2009): Biologie. – München, 8. Aufl.
- Frey, W. & R. Lösch (2010): Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. – Heidelberg, 3. Aufl.
- Larcher, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen: Leben, Leistung und Stressbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt – Stuttgart, 6. Neub. Auflage
- Levitt, J. (1980): Responses of plants to Environmental Stresses, 2 volumes. – New York, 2nd ed.
- Pott, R. (2005): Allgemeine Geobotanik: Biogeosysteme und Biodiversität.. – Heidelberg, 1. Aufl.
- Schönfelder, P. & I. (2008): Die neue Kosmos-Mittelmeerflora. Kosmos Naturführer. – Stuttgart.
- Turner, N.C. & P.J. Kramer (1980): Adaptions of plants to water and high temperature stress. – New York.
- Walter, H. (1926): Die Anpassung der Pflanzen an Wassermangel: Das Xerophytenproblem in kausal-physiologischer Betrachtung. - Naturwissenschaft & Landwirtschaft, Heft 9.

Internetquellen

- http://azalas.de/blog/?page_id=6608. Abfrage 05.11.2016.
- <http://www.lateinamerika-studien.at/content/natur/natur/natur-1256.html>. Abfrage 30.12.2016.
- <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/halophyten/5219>. Abfrage 30.12.2016.
- <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/polsterpflanzen/52776>. Abfrage 15.01.2017.
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Hartlaubgew%C3%A4chse>. Abfrage 30.12.2016.
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Lebensform_\(Botanik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Lebensform_(Botanik)). Abfrage 30.12.2016.
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Salzpflanze>. Abfrage 31.12.2016.
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Salzpflanze#Toleranz>. Abfrage 16.01.2016.