

**Hortus Exoticus** - Beiträge zur Freilandkultur winterharter Exoten

1. Jahrgang, Heft 1, 2006

ISSN xxxx-xxxx

30. April 2006

Herausgeber: Dr. Michael Lorek  
Grillparzer Weg 35a  
D-42289 Wuppertal  
info@tropengarten.de  
Tel.: 0202-624433  
Fax: 0202- 2545456

Erschienen im Verlag Tropengarten

Druck: Esserdruck GmbH, D-75015 Bretten

---

Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	3
Winterschutz mit Aluminiumzylindern, Jost Wallis .....	4
Update der Düsseldorfer Palmen, Michael Lorek .....	9
Immergrüne Eichen, Teil I, Bernd Demes .....	13
Frostharte Opuntien aus den USA in der Anzucht, Ivana Richter .....	20
Frankfurt am Main-Süd, "Sachsenhäuser Warte": Wenn Mammutbäume einen Blitzableiter brauchen, Lutz Lea .....	27
Grundlagen des Winterschutzes, Michael Lorek .....	30
Anzeigen.....	35

Die nächste Ausgabe erscheint voraussichtlich August 2006.

Für Abonnements wenden Sie sich bitte an die o.g. Adresse des Herausgebers. Autoren können ihre Manuskripte in jeglicher Form einreichen, sowohl als imprimierten Abzug, als auch in elektronischer Form, gleiches gilt für Photographien oder Zeichnungen. Lediglich Dias sind zur Zeit nicht möglich. Für unverlangt eingesandte Manuskripte besteht kein Abdruck- und Rückgaberecht. Autoren erhalten nach Druck ein Belegexemplar. Auf Wunsch können auch mehrere Exemplare bestellt werden, Einzelexemplar 5,00 •.

---

Umschlagphoto: *Pinus parviflora* Sieb. & Zucc. im Japanischen Garten, Nordpark Düsseldorf  
Rückseite: *Eucalyptus dalrympleana* Maiden, Wuppertal

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich in allen seinen Teilen geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Verarbeitung und Speicherung in elektronischen Medien oder auf optischen Speichern.



Abb. 8: *Macrozamia moorei* in voller Pracht, Sommer 2005.

Ein Nachteil des Zylinderschutzes ist jedoch der relativ hohe Preis. Dieser setzt sich einerseits aus den hohen Materialkosten für Aluminium zusammen, andererseits ist er durch die Arbeitskosten bedingt, welches sich letztlich auf ca. 80 Euro für 2m<sup>2</sup> addiert. Dafür ist der Schutz sehr langlebig und hält eigentlich ewig. Zumindest solange, wie man als Exotengärtner seinen Garten genießen kann. Ausgleichend wirken aber wiederum die sehr geringen Heizkosten mit dieser Schutzmethode, welche sich im Winter 2004/05 auf gerade 50 Euro für alle geschützten Exoten belaufen.

---

Jost Wallis  
Danebrocker Esch 6  
49545 Tecklenburg  
Tel.: 05451 - 1306  
jost.wallis@gmx.de

---



Abb. 9: Selbe *Macrozamia moorei* mit Zylinderschutz, 02.11.05.



Abb. 2 zu Artikel S. 30: Jungpflanze *Trachycarpus fortunei* mit Kokosmatten umwickelt.

## Grundlagen des Winterschutzes

Von Michael Lorek

Abstract: Principles of protecting exotic plants in middle european climate are described. With 2 figures and 2 tables.

Wie keine andere Sektion der Gartenkultur befindet sich der Exotengarten in einer fort dauernden Entwicklung. Einerseits werden viele exotische Pflanzen neu in den Garten eingeführt und andererseits auch Exoten in kälteren Regionen „versucht“, welche dort eindeutig zu wenig frostresistent für eine Freilandkultur sind. In solchen Fällen stellt sich die Frage nach dem richtigen Winterschutz. Dieser Artikel beschäftigt sich daher mit den Prinzipien des Winterschutzes und soll die Grundlagen eines optimalen Winterschutzes vermitteln, so dass der Exotengärtner selbst entscheiden kann, welche Art des Schutzes er praktizieren will.

Grundsätzlich sollte ein guter Winterschutz gewährleisten, dass Freilandexoten vor schädigenden Witterungsfaktoren geschützt sind. Zwar ist die Temperatur der wichtigste Schädigungsfaktor, jedoch ist sie nicht der einzige. Auch andere Faktoren können zum Unterschreiten der Schädigungsschwelle führen. Zu diesen Faktoren gehören:

- **Tiefe der Temperatur**
- **Dauer des Frostes**
- **Feuchtigkeit**
- **Licht**
- **Wind und Tektonik**

### Tiefe der Temperatur

Für viele exotische Pflanzen sind mittlerweile die Tiefsttemperaturen bekannt, die schadlos von Exemplaren im Freiland toleriert werden oder die eine Pflanze kurzfristig überlebt. Bei einigen Arten der großen Familie der Kakteen reichen diese bis  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bei einigen Yuccas bis  $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bei einigen Crassulaceen bis  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , bei einigen Palmen bis  $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$  und bei einzelnen Bambusen sogar bis  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (alle Angaben bezogen auf Blätter und Sprossachsen, jeweils nur einzelner Arten und nicht der ganzen Gattung, bzw. Familie, s.a. Larcher 1985, Nobel 1982, Lorek 2004, Noshiro & Sakai 1979, siehe auch Tabelle 1). Einige dieser Pflanzen sind sogar ohne weitere Schutzmaßnahmen langfristig im Freiland zu kultivieren, manche gar in den kalten Regionen. Die Mehrzahl der exotischen Pflanzen jedoch benötigt zumindest in den kältesten Wochen des Jahres einen transienten Schutz vor zu niedrigen Temperaturen.

Ein Schutz vor zu niedriger Temperatur kommt für Arten infrage, deren Frosttoleranz oberhalb der möglichen Tiefsttemperatur im Winter liegt. Daher ist ein isolierender Winterschutz ideal, der die Tiefstwerte abhält und das Pflanzengewebe vor einem Durchfrieren un-

Frostresistenz	Blätter	Sprossachse
<i>Chamaerops humilis</i>	-9 ...-13	
<i>Coryphanta vivipara</i>	-20	
<i>Eucalyptus pauciflora</i>	-15	-17 ...-20
<i>Nerium oleander</i>	-8	-14
<i>Olea europea</i>	-12	-16
<i>Opuntia polyacantha</i>	-17	
<i>Pediocactus simpsonii</i>	-18	
<i>Quercus coccifera</i>	-12	-22
<i>Rhododendron maximum</i>	-60	-40
<i>Sabal minor</i>	-10 ...-17	
<i>Spartium junceum</i>	-10	-15
<i>Trachycarpus fortunei</i>	-11 ...-14	
<i>Viburnum tinus</i>	-13	-17

Tabelle 1: Frostresistenz einzelner Arten, Angaben in Schädigung von 50 % des Pflanzengewebes (nach Larcher 2000, 2005, Lorek 2004)

terhalb der Schädigungsschwelle schützt. Geeignet sind hierfür alle Materialien, die schlecht Wärme leiten. Denn je weniger das Schutzmaterial Wärme leitet, umso besser ist der Isoliereffekt. Den schlechtesten Isoliereffekt bieten transparente Polyäthylenfolien (PE-Folien, Noppenfolien, Gewächshausfolien, etc.), weil diese für die langwellige Wärmestrahlung fast ungehindert durchlässig sind. Am besten sind reflektierende Materialien, die langwellige Strahlung weitestgehend zurückhalten. Weniger gut geeignet sind dunkle Materialien, welche Wärme absorbieren.

Mit allen lichtundurchlässigen, herkömmlichen Schutzmaterialien sind kurzfristig ausreichende Temperatureffekte zu erzielen, um Tiefstwerte am Pflanzengewebe zu verhindern. Praktisch bedeutet dies, dass mit Faserstoffen (Wärmeleitfähigkeit 0,8–3,7) wie Baumwolldecken, Polyäthylengewebestoffen (= Frostschutzvlies, Wärmeleitfähigkeit nicht genau bekannt), Stroh (Wärmeleitfähigkeit 0,5–4), aber auch ausreichend hoher Schneebedeckung (Wärmeleitfähigkeit 12–20 bei Alt-schnee, bis 0,8–2 bei Neuschnee) ein guter kurzfristiger Isoliereffekt zu erzielen ist (siehe hierzu auch Tabelle 2). Erwähnt werden sollte an dieser Stellen der Unterschied von PE-Folien und PE-Gewebestoffen: Während PE-Folien als transparente Noppenfolien oder Plastikplanen vorliegen und schlecht isolieren, besitzen PE-Gewebestoffe aufgrund ihrer gewebten Struktur einen guten Isoliereffekt. Diese Gewebestoffe werden als sog. Frostschutzvlies im Garten eingesetzt.

Häckel und Van Eimern (1975) haben zur Isolierwirkung von Schnee, Stroh und Reisig eine interessante vergleichende Untersuchung durchgeführt. Diese ergab mit einer jeweils 20 cm dicken Auflage (Mulch) eine deutliche Temperaturdifferenz zwischen Luft und abgedeckter Pflanze, wobei die beste Isolierwirkung unterhalb von -10 °C Lufttemperatur Schnee erzielte. Bei einer Außentemperatur von -20 °C betrug die Temperatur der bedeckten Pflanzenteile mit Schnee -8 °C, mit Reisig -9,5 °C und mit Stroh -11,5 °C. Und je tiefer die Lufttemperaturen, desto besser war die Dämmwirkung aller drei Abdeckungen. Bei -30 °C Außentemperatur betrug die Temperaturdifferenz mit Schnee 19,5 K, also -10,5 °C an der Pflanze.

Zusammenfassend kann man sagen, dass kurzfristig angekündigte Tiefsttemperaturen praktikabel und schnell mit Einwickeln, Überdecken oder Umhüllen der Pflanzen oder bestimmter Pflanzenteile mittels eines lichtundurchlässigen Schutzgewebes abgemildert werden. Beispiele sind das Einwickeln von Palmen in Bastmatten oder Frostschutzvlies, das Bedecken von Opuntien mit Alufolien, das Überspannen von Xerophytenbeeten mit Thermo-Decken, wie sie z.B. aus der Notfallmedizin bekannt sind, oder das Mulchen mit 20 cm Auflage zum Schutz empfindlicher Wurzeln.

Metalle	400–4200
Gestein	26
Eis	23
Altschnee	12–20
Neuschnee	0,8–2
Holz	0,8–2
Stroh	0,5–4
Torfmuld	0,5–0,8
Faserstoffe	0,8–3,7
Wasser	6
Luft, unbewegt	0,2–0,25

Tabelle 2: Wärmeleitfähigkeit verschiedener Materialien in  $mJ\ cm^{-2}\ s^{-1}\ K^{-1}$  (nach Geiger 1961)

### Dauer des Frostes

Mit fortschreitender Dauer des Frostes verringern sich die Temperaturen unterhalb des Schutzgewebes, sofern keine künstliche Wärmequelle angebracht wurde. Denn entlang der Zeitachse friert das Schutzgewebe einschließlich der geschützten Pflanzen zunehmend durch. Dieser Prozess entspricht im Prinzip dem Entstehen von Bodenfrost, der mit zunehmender Frostdauer in tiefere Bodenschichten vordringt. Grundsätzlich kann das Eindringen des Frostes in die Pflanze nur verzögert, aber (bei unendlicher Zeitachse) nicht verhindert werden. Dennoch: Je dicker die Schutzmaterialien sind und je geringer die Wärme-Leitfähigkeit des

Schutzmaterialies ist, um so mehr ist das Eindringen des Frostes verzögert und desto höher kann die Temperaturdifferenz zwischen Umgebung und Pflanzengewebe über einen längeren Zeitraum gehalten werden.

Die Dauer des Frostes spielt eine sehr wichtige Rolle beim Winterschutz, weil mit zunehmender Dauer Schäden auch bei relativ geringen Frösten auftreten können, ohne dass die maximale Tiefsttemperatur überhaupt erreicht wird. Auch ohne Gefrieren, nur durch reinen Kältestress, treten Schäden an Pflanzen auf. Im englischen Sprachraum wird diese Form des Kältestresses als "Chilling Injury" bezeichnet. Verantwortlich für diese Schäden sind die unter Kältebelastung auftretenden Veränderungen der Biomembran, welche die Permeabilität (Durchlässigkeit) beeinträchtigen und zur Anreicherung toxischer (giftiger) Stoffwechselprodukte in der Pflanze führen. Diese Schäden schreiten solange fort, bis die Pflanze abstirbt (Levitt 1980). Kältebelastung meint hier sowohl Temperaturen im niedrigen Plusbereich, als auch im mäßigen Minusbereich, z.B. -5 °C, also noch oberhalb der Gefriergrenze des jeweiligen Exoten.

Eine weitere Ursache von Kälteschäden oberhalb der Gefriergrenze liegt darin, dass die Fähigkeit zur Unterkühlbarkeit ein energieverbrauchender biochemischer Prozess ist. Auch bei Minustemperaturen! Um das Gefrieren der Pflanze zu verhindern, muss ein biochemisches und physikalisches Gleichgewicht besonders durch Biomembranveränderungen im Pflanzengewebe erzeugt und über eine gewisse Zeitdauer aufrecht erhalten werden = Unterkühlbarkeit, Supercooling. Dieses Aufrechterhalten ist ebenfalls Assimilat verbrauchend (Larcher 2005). Je länger nun die Kälteexposition andauert, desto eher werden die als Polysaccharidreserven (langkettige Zucker) vorliegenden Assimilate aufgebraucht und die Pflanze erleidet Schäden.

Aber nicht nur die Dauer der Kältebelastung oberhalb der Gefriergrenze spielt für die Entwicklung von Schäden eine Rolle, sondern auch Temperaturen, bei denen im Pflanzengewebe die Schwellentemperatur der Unterkühlbarkeit unterschritten wird, also Temperaturen auftreten, unter denen die Pflanze nicht mehr fähig ist, die Gewebeflüssigkeiten in der flüssigen Phase zu halten und das Pflanzengewebe durchfriert. Es ist einleuchtend, dass die Toleranz auf solch eine stärkere Kältebelastung naturgemäß wesentlich geringer ist, als wenn das Pflanzengewebe nicht durchfriert. Denn in durchgefrorenem Pflanzengewebe entstehen bei vielen Exoten schon nach wenigen Stunden erste Schäden. Bei *Trachycarpus fortunei* dürften dies etwa 4 bis 8 Stunden sein, bei manchen Sukkulenten können es aber auch Tage bis Wochen sein. Hier sollte man anhand der Pflanzenart differenzieren. Eine bei -18 °C durchge-

frorene *Opuntia phaeacantha* hält sicherlich mehrere Wochen ein vollständiges Durchfrieren aus (gefrier-tolerant), während *T. fortunei* schon nach wenigen Stunden bei  $-18\text{ °C}$  erste Schäden entwickelt (gefriersensitiv).

Der Winterschutz sollte daher gewährleisten, dass die Pflanze nur möglichst kurzfristig tiefen Temperaturen ausgesetzt wird. Je kürzer die Dauer der Kältebelastung ist, desto weniger Schäden. Je tiefer die Temperatur und je länger der Kältestress, desto besser isolierend muss der Schutz sein. Praktisch heißt dies für den Winterschutz, dass bei gefriertoleranten Sukkulenten, wie bei vielen Yuccas oder Opuntien, die Dauer des Frostes nur eine untergeordnete Rolle spielt, weil diese ein Durchfrieren über viele Wochen tolerieren können (z.B. *Y. glauca* über mehre Monate).

Hingegen sollten alle gefriersensitiven Arten möglichst so geschützt werden, dass die Temperatur in der Pflanze diese Grenze nicht unterschreitet. Bei manchen Arten ist diese Grenze sehr stark schwankend und liegt z.B. bei *T. fortunei* bei  $-9$  bis  $-15\text{ °C}$ . Die Ursache dieser starken Schwankungsbreite ist sowohl in der unterschiedlichen Akklimatisierung, also den Wachstumsbedingungen während der Vegetationsperiode, als auch in den Unterschieden verschiedener Resistenzökotypen begründet. Hinzu kommen die fixen Bedingungen, welche sich in den Gefäßbündeln des Stammes finden, so dass einzelne Exemplare aufgrund ihrer Vorkultur per se eine schlechtere Unterkühlbarkeitsgrenze haben (z.B. größere Gefäßdurchmesser oder höherer Assimilatverbrauch durch vorherige Hormonanwendung). Auch geschwächte Pflanzen mit geringen Polysaccharidreserven (Assimilate), z.B. frisch importierte Yuccas, haben generell eine geringer anzusetzende Unterkühlbarkeitsgrenze. Vorsichtshalber sollte man also immer davon ausgehen, dass die jeweils zu schützende Pflanze eine eher schlechtere als die maximale Unterkühlbarkeitsgrenze aufweist (Larcher 2000, Lorek 2004). Dies bedeutet konkret für *T. fortunei*, daß  $-9\text{ °C}$  in der Pflanze möglichst nicht für längere Dauer unterschritten wird, auch wenn die Mehrzahl der Pflanzen theoretisch potentiell bis  $-15\text{ °C}$  unterkühlbar wäre.

Aus diesen Gründen sollten Sie je nach Region, vorhergesagter (möglicher) Dauerfrostphase und der Strahlungslage einen ausreichend dicken Winterschutz mit entsprechend guter Isolation anbringen. Dieser kann aus Kokosmatten unterschiedlicher Dicke, Frostschutzvlies, normalen Baumwollstoffen, Bastmatten oder ähnlichem bestehen. Auch die dunkle Umbauung ist möglich. Gestalten Sie den Schutz je dicker, je länger die Frostperiode andauert. In machen kalten Regionen werden Sie eventuell nicht umhin kommen, eine künstliche Wärmequelle anzubringen. Dies gilt insbesondere wenn die Dauer der zu erwartenden Fröste die

Schutzmaterialien durchdringen kann und die Unterkühlbarkeitsgrenze damit unterschritten wird.

### Feuchtigkeit

Feuchtigkeit spielt sowohl in der Luft, als auch im Boden und an der Pflanze eine Rolle. Es gibt Arten, die extrem frostresistent sind, aber unter kühlen Bedingungen oder Frost kaum Feuchtigkeit tolerieren (= frostharte Arten). Beispiele sind Agaven, bei denen in Einzelfällen eine Frostresistenz bis  $-21\text{ °C}$  beschrieben ist, z.B. *Agave parryi*. Hier ist Winterschutz in erster Linie ein Feuchtigkeitsschutz. Praktikabel sind alle Abdeckungen, die Regen von der Pflanze abhalten, insbesondere Schlagregen, sowie gleichzeitig auch kondensierende Feuchtigkeit vermeiden. Da die allermeisten der frostharten Sukkulenten kurzweilige Strahlung ohne ausgeprägt photooxidative Schädigung übersteht (s. Abschnitt Licht und Tektonik), können Glasscheiben oder Stegplatten für die Abdeckung genommen werden. Wählen Sie die Abdeckung groß genug, um Schlagregen effektiv zu verhindern, d.h. die Glasplatte sollte um mindestens  $0,5\text{ m}$  größer sein als die (projektiv) zu bedeckende Fläche. Kondensierende Feuchtigkeit lässt sich durch eine seitlich offene Abdeckung verhindern, weil kondensierende Feuchtigkeit nur an Grenzflächen mit Temperaturdifferenzen auftritt (z.B. warmer Innenraum bei beschlagener Fensterscheibe, Tau in Strahlungsnächten bei höherer Temperatur am Boden oder an den Pflanzen als in der Luft, Unterschreiten des Taupunktes, etc.). Durch eine seitliche offene Abdeckung wird ein Luftaustausch (Konvektion) gewährleistet, der keine oder nur eine unbedeutende Grenzfläche an der Innenseite der Glasscheibe entstehen lässt.

Im Gegensatz zu frostharten Arten benötigen winterharte Arten nicht unbedingt einen Feuchtigkeitsschutz. Diese tolerieren Feuchtigkeit ohne Schäden, weil sie eine effektive mikroorganische Abwehr auch im akklimatisierten Zustand aufrecht erhalten können. Viele der gebildeten sekundären Pflanzenstoffe (z.B. Phenol-derivate, Salicylsäure, Flavonoide und Tannin) besitzen nämlich primär eine antimikrobielle Wirkung, ebenso viele Pflanzenhormone wie die Abscissinsäure. Da die Konzentration dieser Substanzen sich im akklimatisierten Zustand deutlich erhöht, können viele Pflanzen eine effektive Abwehr gegen Keime (Bakterien und Pilze) im Winter aufrechterhalten, auch unter Eisbedingungen. Pflanzen, die im Zustand der Akklimatisierung nur geringe Mengen bestimmter antimikrobieller Substanzen bilden, neigen eher zu Infektionen unter feuchten Winterbedingungen. Erwähnenswert ist, dass Hormone wie Abszissinsäure allerdings keine Akklimatisierung einleiten.

Beachten Sie auch, dass Feuchtigkeit auf der Oberfläche von Pflanzengewebe grundsätzlich die Frosttoleranz verringert. Feuchte Blätter sind frostempfindlicher als

trockene Blätter (Reichhardt 1961). Weil das auf den Blättern befindliche Wasser ein besserer Wärmeleiter als Luft (Tabelle 2) ist, wird das Pflanzengewebe schneller und intensiver der Kälte ausgesetzt. Ein weiterer Grund ist die für die Verdunstung von Oberflächenfeuchte benötigte Energie, welche u.a. aus dem Wärmeverrat der Pflanze entnommen (Larcher 1985) wird. Besonders „grenzwertige“ und geschwächte Exemplare profitieren daher von einer trockenen Abdeckung. Infrage kämen alle Maßnahmen, die die Pflanze vor Niederschlag und Kondensation schützen. Die Regenschirmmethode, Abdeckung mit Brettern oder auch das Errichten eines Daches wären solche Möglichkeiten. Komplette Umbauungen ohne Luftzirkulation oder mit schlechter Konvektion sind dahingehend nicht so gut, weil sie die Kondensation auf der Pflanzenoberfläche begünstigen können.

Eine weitere Möglichkeit, Feuchtigkeit auf Sukkulenten zu reduzieren, besteht in der Gefällepflanzung. So können insbesondere Sukkulenten mit Rosetten, welche Feuchtigkeit im Zentrum sammeln, schräg eingepflanzt werden. An Freilandagaven und Dasylirien wird dies mit gutem Erfolg praktiziert. An stammbildenden Yuccas erscheint dies aus ästhetischen Gründen weniger praktikabel. Bei feuchtigkeitstoleranten Sukkulenten, wie z.B. *Nolina greenei* ist eine Gefällepflanzung nicht notwendig.

### Licht

Starke kurzwellige Strahlung, insbesondere Licht im UV-Bereich, aber auch im etwas langwelligeren Bereich, kann Pflanzen durch das Entstehen photooxidativer Verbindungen schädigen. Jedoch können Pflanzen diesen Schädigungsprozess durch Reparaturmechanismen ausgleichen, sofern sie an direkte Sonneneinstrahlung adaptiert (angepasst) sind, wie z.B. bei Sukkulenten, einigen Palmen oder Eucalypten. Nicht adaptierte Schattenpflanzen wie z.B. *Fatsia japonica* können hingegen durch hohe kurzwellige Strahlungsbelastung irreversible Blattschäden erleiden, z.B. Verlust ganzer Blattpartien durch irreparable Zerstörung der Chloroplasten. Viele Exotenfreunde dürften diesen Strahlungstress auch von ihren Hanfpalmen oder von *Rhapidophyllum hystrix* her kennen, wenn bei hohem Sonnenstand direkt der Sonneneinstrahlung ausgesetzte Blattpartien sich vorübergehend gelblich verfärben.

Dieser Schädigungsmechanismus betrifft nicht nur sommerliche Strahlungabelastungen, sondern tritt ebenso während der kalten Jahreszeit auf. Eigene Beobachtungen an mehreren Standorten von *T. fortunei* in Bochum, Düsseldorf, Neuss und Wuppertal haben selbst im Hochwinter (Januar 2006) bei niedrigem Sonnenstand deutliche Blattchlorosen an sonnenexponierten Blattpartien offenbart, als während einer Dauerfrostphase gleichzeitig eine hohe Sonnenstundendauer fest-

zustellen war. Die betroffenen Blattpartien waren alle süd- und süwestlich exponiert, während die absonnigen Areal vollgrün blieben. Alle Exemplare waren ungeschützt.

Bedeutsam ist nun, dass in der Vegetationsphase alle Formen der Strahlungsbelastung reversibel sind, weil die Pflanze die Schädigung im deakklimatisierten Zustand (im Wachstum) heilen kann, z.B. eine Chlorose (Gelbfärbung) der Palmenblätter bildet sich durch Chlorophyllneusynthese wieder zurück (Lorek 2004) und nach letalen Schädigungen bei *Fatsia japonica* oder *Musa basjoo* werden neue Blätter gebildet und die zerstörte Assimilationsfläche wieder kompensiert.

Anders sieht es bei akklimatisierten Pflanzen im Winter aus. In Winterruhe können Pflanzen in der Kälte bei reduzierter Stoffwechselleistung, jedoch im hellen Licht, dauerhafte Chlorosen und sichtbare Nekrosen (Gewebszerstörungen) zeigen. Die Winterränder an Areaceen (z.B. *T. fortunei*) sind wahrscheinlich zumindest zum Teil auf diesen Schädigungsmechanismus zurückzuführen. Verhindern lässt sich diese Schädigung nur durch dunklen Winterschutz. Praktikabel sind reflektierende Materialien oder lichtundurchlässige Stoffe. Vermeiden sollte man lichtdurchlässige PE-Folien wie Noppenfolie oder Plastikplanen, wenn diese über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden.

Anstatt Noppenfolienverschlagen oder PE-Folien-Konstruktionen wickeln Sie lieber Ihre Palme ein, da nur so Strahlungstress vermieden wird. Alternativ sind Möglichkeiten wie isolierte Aluminiumzylinder (sehr hohe Wärmereflexion) oder mit reflektierender Folie (kurzwellige Reflexion) überspannte Verschlagen oder Gewächshauskonstruktionen möglich. Anders sieht es, wie bereits erwähnt, bei vielen Sukkulenten aus, welche auch transparent geschützt werden können. Denn viele Sukkulenten weisen bereits durch das mehrschichtige Palisadenparenchym und der dichteren Anordnung von Stomata eine generell höhere Toleranz gegenüber UV-Licht auf. Allerdings ist diese Toleranz sehr stark schwankend, sowohl zwischen den Arten, als auch innerhalb einer Art, so daß immer die Art und deren Herkunft bei der Entscheidung für einen Winterschutz bedacht werden sollte. Beispielsweise sind Resistenzökotypen einer Art aus Höhenlagen in der Regel besser an hohe Strahlungsbelastung angepasst, als solche aus niedrigen Höhenlagen (Larcher 1985).

### Wind und Tektonik

Ein Winterschutz sollte möglichst beide Faktoren verringern, weil der Wind durch Austrocknung sowie durch mögliche Senkung der Temperatur Schäden hervorrufen kann. Bei der Tektonik (Bewegung von Pflanzen teilen) spielen sowohl der Wind, als auch das Anbringen von Winterschutz an sich, als direkt schädigende

Faktoren eine Rolle. Dass Wind genuin Schäden an akklimatisierten Pflanzen verursachen kann, ist insofern problematisch, als die Pflanzen im Winterzustand die Schäden kaum effektiv reparieren können. Gleiches gilt für die mechanische Schädigung durch das Anbringen des Winterschutzes. Ideal wäre daher ein Winterschutz, der einerseits im noch nicht voll akklimatisierten Zustand der Pflanze angebracht würde und andererseits tektonisch verursachte Schäden im akklimatisierten Zustand vermeidet. Dies heißt, man sollte sich den optimalen Zeitpunkt und die optimale Methode des Winterschutzes überlegen.

Hierzu einige prinzipiellen Gedanken über die Gefriermechanismen von Pflanzengewebe: Die meisten exotischen Pflanzen sind unterkühlbar. Dies bedeutet, dass Flüssigkeit im Pflanzengewebe unterhalb 0 °C nicht gefriert, also in der flüssigen Phase gehalten wird. Je nach Pflanzenart können die Temperaturen bis -4 °C oder auch -15 °C sein. Beim *T. fortunei* liegen diese Temperaturen im Bereich von -6 bis -8 °C für die Interzellularräume (Zwischenzellräume) und etwa -13 bis -14 °C für den Intrazellularraum (Larcher et al. 1991). Typischerweise bildet sich beim *T. fortunei* zuerst in den Zwischenzellräumen das Eis. Erst bei noch tieferen Temperaturen bildet sich auch intrazelluläres Eis.

Im unterkühlten Zustand befinden sich Pflanzengewebe in einem sehr labilen (metastabilen) Gleichgewicht, weil schon geringe Auslöser zu einem raschen, beinahe explosionsartigem Gefrieren der gesamten Gewebeflüssigkeit führen können. Je mehr die Pflanze unterkühlt ist, umso plötzlicher kann das Gefrieren stattfinden. Neben Nukleationskernen (hauptsächlich Proteine und eiskeimaktive Bakterien) als Auslösern der Eisausbreitung kann aber auch durch reine Bewegung (Tektonik) das Pflanzengewebe durchfrieren. Exakt an dieser Stelle ergibt sich auch der Hinweis darauf, wann der Winterschutz angebracht werden sollte. Da das Anbringen mit Tektonik verbunden ist, sollte der Winterschutz idealerweise angebracht werden, noch bevor die Pflanze sich im unterkühlten Zustand befindet. Denn alleine schon das Zusammenbinden oder Einwickeln der Palmenfächer bei Temperaturen unter -4 °C kann den Gefrierprozess auslösen. Gleiches gilt für die Effekte, die sowohl durch Wind, als auch durch ein Berühren des Blattwerkes (Tektonik) ausgelöst werden.

Schädigungseffekte durch plötzliches Durchfrieren dürften dem Palmenfreund sicherlich bekannt sein. Erkennbar sind diese an etwa 10 bis 20 cm langen und ca. 0,5 cm breiten Streifen abgestorbenen Gewebes an den Fächern der Hanfpalme. Da bei *T. fortunei* in den Blättern die Zellen gekammert sind, frieren bei Eukleationsreizen einige Kammern als Ganzes früh durch, während angrenzende Kammern später oder nicht durchfrieren. Und daher erkennt man im Frühjahr ver-

trocknete Kammern schon als langgestreckte Flecken mit bloßem Auge. Folglich sollte ein Winterschutz, jedweder Form, schon mit Beginn der Frostperiode angebracht werden, noch bevor die Unterkühlung der Pflanze einsetzt. Effektive Methoden zum Schutz vor Wind und tektonischen Schäden sind alle, welche das Blatt fixieren und gleichzeitig einen Temperatureffekt haben. Infrage kämen das reine Zusammenbinden der Fächer, das Umwickeln mit lichtundurchlässigen Vliesstoffen aber auch Gehäusekonstruktionen, welche Wind und Licht abhalten. Idealerweise noch vor den schweren Frösten angebracht. Dieses gilt gleichermaßen für stammbildende Yuccas als auch für Arecaceen (Palmen), auch wenn die Unterkühlbarkeitsgrenze bei Yuccas im Durchschnitt niedriger liegt als bei *T. fortunei*.

#### Fazit

Die Art des Winterschutzes sollte man von der Region abhängig machen. So kann in wintermilden Regionen schon das Zusammenbinden der Palmblätter oder ein vorübergehendes Abdecken des Exotenbeetes mit reflektierendem oder lichtundurchlässigem Vlies ausreichend sein, während in kalten Regionen eventuell ein aufwändigerer Schutz notwendig ist, wie z.B. das Einwickeln der ganzen Pflanze in Vlies-Stoffen, das Überdecken kleinerer Pflanzen mit dunklen Schutzmaterialien wie Kisten oder einem abgedunkelten Frühbeetkasten. Für viele Sukkulenten können auch lichtdurchlässige Schutzmaterialien genommen werden.

Letztlich bleibt die Wahl der genauen Schutzmethode dem Exotengärtner überlassen. Sie wird sich an den Wintertemperaturen seiner Region, seinen zu schützenden Arten und der Präferenz einer bestimmten Schutzmethode richten. Generell gilt, dass Sie beim Winterschutz die oben besprochenen Fakten beachten sollten. Bringen Sie zudem den Schutz rechtzeitig an, wählen Sie die optimale Methode und entfernen Sie den Schutz entsprechend frühzeitig wieder, wenn die Temperatur steigt.

---

Vielen Dank an Prof. Larcher für die Überlassung von Forschungsdaten, Revision des Artikels und die Diskussion der stressphysiologischen Mechanismen.

Dr. Michael Lorek  
Grillparzer Weg 35a  
42289 Wuppertal  
info@tropengarten.de

#### Literatur

- Häckel, H. & Van Eimern, J. 1975: Untersuchungen über die Wärmedämmwirkung verschiedener Abdeckmaterialien bei Canberry-Beständen. Mitt. Klosterneuburg, **25**, 433-446.  
Geiger, R. 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. F. Vieweg, Braunschweig.

Larcher, W. et al. 1985: Meteorologische Pflanzenpathologie. Witterung und Klima als Umweltfaktoren, Kälte und Frost. In: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Band 1, Die nichtparasitären Krankheiten, Teil 5. Parey-Verlag, Berlin, Hamburg.

Larcher, W. et al 1991: Persistent Supercooling and Silica Deposition in Cell Walls of Palm Leaves. J. Plant Physiol. **139**, 146-154.

Larcher, W. 2000: Temperature stress and survival

ability of Mediterranean sclerophyllous plants. Plant Biosystems, **134** (3), 279-295.

Larcher, W. 2005: Climatic Constraints Drive the Evolution of Low Temperature Resistance in Woody Plants. J. Agric. Meteorol. **61**, 189-202.

Levitt, J. 1980: Responses of plants to environmental stresses. New York, Academic Press.

Lorek, M. 2004: Der Exotische Garten. Buddensiek-Verlag, Stadthagen.

Noshiro, M. & Sakai, A. 1979: Freezing resistance of herbaceous plants. Low Temp. Sci., Ser. **B 37**, 11-18.

Nobel, P.S. 1982: Low-temperature tolerance and cold hardening of cacti. Ecology **63**, 1650-1656.

Reichhardt, A. 1961: Experimentelle Untersuchungen über das Spätfrostverhalten früher Entwicklungsstadien der Weinrebe. Der Züchter **31**, 14-22.



Abb. 1 Kombiniertes Schutz an *Trithrinax campestris* mit weißer PE-Gewebefolie und grüner PP-Plane als Regenschutz

Abb. 2 siehe Seite 9

### Anzeigen

## RICHTER SUKKULENTEN

Postfach 110411  
D-93017 Regensburg  
e-mail:  
Richtersukk@aol.com

Halbjährlich erneuern wir unsere große Pflanzenliste.

Pflanzen ab 1 €.

Versand seit 1992, nur tatsächliche Portokosten. Liste gegen Briefmarke oder IRC.

### FROSTHARTE KAKTEEN

mit bekannter Herkunft:

- Sclerokakteen, Pediokakteen, Echinocereen, Escobarien, US-Opuntien, Agaven, Yuccas, Sedum, Sukkulente
- Austro-, Ptero- und Tephro-Kakteen
- Mexikanische Raritäten

Bücher: Richter(2005): CEREI (D/Ital.) 88 Seiten, 105 Fotos - Cylindropuntia, Corypha und Microperla in den USA 90,- € Richter(1er)(2004): The Genus Sclerocactus engl./R.1 120,- € Zedler(2004): The Genus Turbinicarpus engl. 50,- €

# AVONIA

Ehemals „Die anderen Sukkulente“  
Mitglieder-Zeitschrift der Fachgesellschaft andere Sukkulente (FGaS)  
Erscheint mit drei Ausgaben pro Jahr,  
mit Aufsätzen zu allen Aspekten der anderen Sukkulente  
Format 155 x 230 mm, mit zahlreichen farbigen Fotos  
und exzellenten Zeichnungen, in Deutsch mit Englischem Abstract

Jahresbeitrag:	Deutschland	30 €
	Ausland	35 €



Weitere Informationen unter: [www.fgas.de](http://www.fgas.de) oder über die Geschäftsstelle der FGaS

**Gerhard F. Wagner**  
Lindenhof 9  
D – 12555 Berlin  
Germany

Tel.: 0049 – (0)30 – 6 50 42 35  
Fax: 0049 – (0)30 – 65 26 26 04  
E-mail: [Wagnerfgas@aol.com](mailto:Wagnerfgas@aol.com)