Die unterirdischen Bewegungen von Knollen- und Zwiebelpflanzen Norbert Pütz.

Einleitung

Knollen- und Zwiebelpflanzen sind in unseren Gärten sehr beliebt. Ihr unterirdischer Speicherkörper - Knollen, Zwiebeln oder Rhizome und ihre Erneuerungsknospen liegen dabei geschützt im Erdboden, so daß ungünstige Klimaperioden, trockene Sommer oder kalte Winter, überdauert werden können. Man bezeichnet solche Pflanzen aufgrund ihrer unterirdischen Innovation allgemein als Geophyten (geo [gr.] = erd; phyton [gr.] = Pflanze), in näherer Spezifizierung als Zwiebel-, Knollenoder Rhizom-Geophyten. Eine weitere gebräuchliche Bezeichnung für solche Pflanzen ist Kryptophyt (kryptos [gr.] = verborgen). Einige dieser Pflanzen treiben bereits im zeitigen Frühjahr aus, bilden dabei bald ihre Blüten und bestimmen so unser Gartenbild im Frühjahr (Frühjahrsgeophyten z. B. Crocus, Hyacinthus, Galanthus [Schneeglöckchen], Tulipa [Tulpen], Scilla [Blauglöckchen] usw.). Andere Geophyten, z. B. Gladiolus, Freesia oder Hemerocallis [Taglilie], zeigen dagegen im Sommer ihre Blütenpracht, manche sogar erst im Herbst (Colchicum autumnale, Herbstzeitlose).

Einen Eindruck vom Habitus solcher Pflanzen vermittelt der ausgezeichnete Führer von Phillips & Rix (1983), der in vielen Abbildungen auch die unterirdischen Pflanzenteile berücksichtigt. Diese unterirdischen Organe sind aber entgegen dem Glauben vieler nicht statisch im Erdboden fixiert. Vielmehr sind Bewegungen registrierbar, die für das Überleben des Individuums und für die vegetative Ausbreitung von lebenswichtiger Bedeutung sind. Als Bewegungsmechanismus ist neben dem Sproßwachstum insbesondere die Aktivität spezieller kontraktiler Wurzeln, sogenannter Zugwurzeln, von Bedeutung (RIMBACH 1898, TROLL 1943).

Unterirdische Pflanzenteile sind meist nur unter größeren Mühen zugänglich, und insbesondere die Bewegungen im Erdboden entziehen sich einer Beobachtung, so daß über diesen interessanten Aspekt nur verhältnismäßig wenig bekannt ist. Der vorliegende Artikel hat daher zum Ziel, die Mannigfaltigkeit unterirdischer Bewegungen in Hinblick auf ihre unterschiedlichen Funktionen vorzustellen und damit den Blick für das "Verborgene einer Pflanze" (Kryptophyt) zu öffnen.

I. Funktion: Regulation der Tiefenlage

Jedem gärtnerisch Interessierten ist bekannt, daß Knollen und Zwiebeln bestimmte Pflanztiefen bevorzugen. Dies gilt auch für Pflanzen an ihren Wildstandorten. Diese spezifischen ökologischen Tiefenlagen erreichen einige Arten durch Spitzenwachstum ihrer unterirdischen Sproßachse (Rhizom). Die Wachstumsrichtung ist dabei abhängig von der aktuellen Tiefenlage des Rhizoms. RAUNKIAER (1934) konnte dies an Rhizomen von Polygonatum spec. (Salomonssiegel) zeigen. Zu flach eingesetzte Pflanzen wachsen dabei mit ihrer Rhizomspitze aktiv nach unten. Die Abb. 1 zeigt ein Rhizom der Schattenblume (Smilacina stellata), das treppenartig seit zwei Vegetationsperioden in tiefere Bodenschichten hineinwächst. Dadurch wird die Tiefenlage ihrer Erneuerungsknospen, die sich an der Spitze des Rhizoms befinden, aktiv reguliert. Ähnliche Regulationen zeigen vermutlich die meisten Rhizompflanzen, so auch das Maiglöckchen (Convallaria majalis, Convallariaceae [nach DAHLGREN & al. 1985]) und die Schwertlilie (Iris pseudacorus, Iridaceae).

Die Frage, wodurch die Pflanze ihre aktuelle Lage im Boden erkennt, ist z. Zt. erst teilweise geklärt. Einige Beobachtungen (z. B. RAUNKIAER 1934, HALEVY 1986) und Versuche, die seit einigen Jahren auch am Botanischen Institut der R. W. T. H. Aachen durchgeführt werden, lassen erkennen, daß die Pflanzen hauptsächlich einen Lichteinfluß auf ihren basalen Sproßabschnitt (i. d. R. ihre Niederblätter) registrieren und ggf. mit einer verstärkten Abwärtsbewegung reagieren. Große Temperaturschwankungen im Boden (z. B. Tag-Nacht Unterschiede von 10–15 °C) weisen ebenfalls auf einen zu oberflächennahen







Standort hin. Einige Arten können solche Temperaturdifferenzen registrieren und ebenfalls mit einer aktiven Lageveränderung antworten. Sauromatum guttatum (Araceae) speichert sogar, ob die Temperaturschwankungen im Vorjahr sehr groß waren und reagiert darauf ggf. im darauffolgenden Jahr mit einer verstärkten Aktivität.

Pflanzen mit Zwiebeln oder Sproßknollen zeigen vielfach eine Bewegung, die ausgelöst wird durch die Aktivität von Zugwurzeln. Diese Wurzeln verkürzen sich aktiv durch einen zellulären Kontraktionsmechanismus, in der Regel ausgehend von der inneren Wurzelrinde. Während also die inneren Wurzelbereiche kürzer werden, bleiben die äußeren Zellschichten (Außenhaut, z. B. Rhizodermis, Exodermis) in ihrer Größe unverändert und legen sich daher wie ein zu großer Strumpf um den verkürzten inneren Wurzelteil. Durch diesen Effekt werden die Querfalten sichtbar, die als typisches Merkmal für Zugwurzeln anzusehen sind (in vielen der nachfolgenden Abbildungen wird mit Pfeilen auf diese Querfalten hingewiesen).

Durch die Verkürzung wirkt eine Zugkraft auf das unterirdische Speicherorgan ein. Messungen an einigen Arten haben eine Kraft (Masse x Beschleunigung) in Höhe von etwa 1 N (Newton) pro Zugwurzel ergeben, die daraus resultierende Arbeit (Kraft x Weg) liegt in der Größenordnung von 10^{-2} J und die Leistung (Arbeit pro Zeit) in der Größenordnung von 10^{-9} Watt bzw. 10^{-11} PS (PÜTZ 1992). Reicht diese Kraft zur Überwindung der Bodenwiderstände aus, so kommt es zur Bewegung, bei denen zwei Prinzipien unterschieden werden können.

Abb. 1 (oben): Smilacina stellata (Schattenblume, Convallariaceae).

Abb. 2 (Mitte): Sprekelia formosissima (Jakobslilie, Amaryllidaceae).

Abb. 3 (unten): Zantedeschia albomaculata (Araceae).

Prinzip 1:

Gerade Abwärtsbewegungen von Zwiebeln und Sproßknollen

Viele Zwiebelpflanzen entwickeln an ihrer Basis Wurzeln, die sich verkürzen und dabei ihre Zwiebel entgegen der Wuchsrichtung in den Boden hineinziehen. Diese Bewegungsart - die zurückgelegte Strecke liegt in der Größenordnung von maximal 0,5-2 cm pro Vegetationsperiode – ist insbesondere bei den Monokotylen weit verbreitet, z. B. bei den Hyacinthaceen (z. B. Hyacinthus, Scilla [Blauglöckchen], Muscari [Träubelhyacinthe] und Ornithogalum [Milchstern]), bei Amaryllidaceen (z. B. Sprekelia formosissima [Jakobslilie] in Abb. 2 sowie weiteren Gattungen wie z. B. Narcissus, Leucojum [Knotenblume], Zephyranthes [Zephirblume] oder Amaryllis), aber auch bei vielen Arten der Gattungen Allium (Lauch), Fritillaria (z. B. F. meleagris, Schachbrettblume) und Lilium (Lilie).

Gerade Abwärtsbewegungen findet man auch bei einigen Pflanzen mit orthotroper Knollenbildung, d. h. die im Laufe einer Vegetationsperiode gebildete neue Speicherknolle steht oberhalb der alten. Die alte Knolle wird in der Regel verbraucht und verschleimt. Die Erneuerungsknospen für den nächstjährigen Austrieb befinden sich an der Spitze der neuen Sproßknolle und liegen damit oft einige Zentimeter höher als im Vorjahr. Dies würde bedeuten, daß die Erneuerungsknospen innerhalb weniger Jahre die Erdoberfläche erreicht hätten. Um dies zu verhindern, bilden solche Pflanzen Zugwurzeln aus, die die Sproßknolle wieder in den Boden hineinziehen. Beispiel hierfür sind einige Araceae, z. B. Calla (Zantedeschia albomaculata), die in Abb. 3 abgebildet ist. Die Zugwurzeln entstehen in großer Zahl an der Oberseite der Sproßknolle und bewegen diese gegen den Bodenwiderstand in den Boden hinein. Dabei wird zumindest der Platz der alten Knolle eingenommen, darüber hinaus ist eine Abwärtsbewegung von wenigen Zentimetern möglich. Ähnliches zeigen weitere Araceae wie Arisaema triphyllum, Amorphophallus rivieri und Sauromatum guttatum (Eidechsenwurz),

aber auch Gattungen außerhalb der Araceae wie beispielsweise *Hypoxis decumbens* (Hypoxidaceae).

Bei vielen Gattungen wird nicht in der unterirdischen Sproßachse gespeichert, sondern in den Wurzeln selbst. So zeigen die braun gefärbten Wurzeln der Taglilie (Hemerocallis fulva) in Abb. 4 besonders in ihren distalen Bereichen deutliche Verdickungen. An den ockerfarbigen Wurzeln ist aber auch eine deutliche Querfaltenbildung zu erkennen (Pfeil). Die weißen Wurzeln zeigen noch keines dieser Merkmale. Diese jungen Wurzeln werden im weiteren Verlauf ihrer Entwicklung zunächst eine Verkürzung zeigen und so zur Bewegung der Pflanze beitragen. Anschließend werden in diesen Wurzeln Nährstoffe für die kommende Vegetationsperiode gespeichert. Ähnliches zeigen auch Asphodelus- (Affodill, Asphodelaceae) und Anthericum-Arten (Graslilie, Anthericaceae).

Bei den Dikotylen sind Rüben-Geophyten weit verbreitet, bei denen die Fähigkeit zur Wurzelkontraktion ebenfalls ausgebildet ist. Abb. 5 zeigt den unterirdischen Rübenkörper des gelben Enzians (Gentiana lutea) mit den deutlichen Querfalten an der Wurzelbasis. Funktion dieses bislang kaum untersuchten Verkürzungsphänomens ist es, den Rübenkopf als Träger der Erneuerungsknospen in geschützte Bodenbereiche zu bringen. Diese Wurzelverkürzung soll bei vielen Apiaceen vorkommen (z. B. Anthriscus sylvestris [Wiesenkerbel], TROLL 1943), wird aber auch bei Fabaceen erwähnt (Trifolium, "Einkriechen des Klees", DE VRIES 1877). In diesem Zusammenhang Erwähnung finden sollten auch die z. T. handförmigen Wurzelknollen einiger Orchideen, die von ihrer Gestalt her oft stark an echte Rüben erinnern, im Gegensatz zu diesen aber sproßbürtiger Natur sind. Nach KIRCHNER & al. (1936) findet man bei einigen Arten eine starke basale Kontraktion dieser Knollen (z. B. Spiranthes spiralis und Spiranthes aestivalis [Drehwurz] oder Dactylorhiza incarnata [Orchis incarnata] und Dactylorhiza maculata [Dactylorchis maculata], Knabenkraut).

Prinzip 2:

Kippende und drehende Bewegungen von Sproßknollen

Der Aronstab (Arum maculatum, Araceae) trägt an seiner horizontal orientierten Rhizomknolle Zugwurzeln, die durch ihren einseitigen Zug die Knollen im Boden kippen, weshalb man vielfach die Knollen von Arum schräg im Boden liegend vorfindet (STRASBURGER 1991). Weitere Araceen, die diese kippende Bewegung zeigen, sind z. B. Dracunculus (Drachenwurz) und Typhonium vulgare giganteum (Abb. 6). Man findet solche Bewegungen aber auch bei einigen Iridaceen, z. B. bei Hermodactylus tuberosus (Wolfsschwertel). Durch die Kippung der meist länglichen Knolle wird die plagiotrope (horizontale) Wachstumsrichtung der Knollenspitze abwärts gerichtet, so daß aus der Kombination von Wurzelzug und Knollenwachstum eine Bewegung resultiert, die die Erneuerungsknospen an der Spitze der neuen Knolle bis zu 6 cm tiefer in den Boden verlagert.

Besonders interessante Bewegungen zeigen die knollenbildenden Iridaceen (z. B. Crocus, Gladiolus und Freesia). Auch hier ist die Richtung der Knollenbildung orthotrop, so daß durch das jährliche Wachstum die Erneuerungsknospen im Verlauf mehrerer Jahre an die Erdoberfläche gelangen würden. Um ihre Tiefenlage im Boden zu halten, werden daher dicke Zugwurzeln (Durchmesser bis zu 12 mm) ausgebildet, und zwar an der neu entstehenden Knolle. Durch die Zugkraft dieser Wurzeln wird die Knolle im Boden gedreht und nimmt gegen Ende der Vegetationsperiode eine schräg abwärts gerichtete Position im Erdboden ein. Als Beispiel haben wir Lapeirousia laxa ausgewählt (Abb. 8), eine in Südafrika beheimatete Iridacee, die mit der Gattung Gladiolus in naher Verwandtschaft steht. Bei dieser Art konnte durch eine spezielle Präparationsmethode an halbierten Töpfen ein einzelnes Individuum zu verschiedenen Zeitpunkten freigelegt und fotografiert werden. Dadurch entsteht eine Bildsequenz als Zeitraffer der Bewegung, wie sie jüngst für eine Art aus der Familie der Alliaceae, Nothoscordum inodorum, ausführlich gezeigt werden konnte (PÜTZ 1993). Abb. 8 zeigt zwei Stationen der Bewegung. An der Basis der Knolle befinden sich die Nährwurzeln (NW). Weiterhin wird im Spitzenbereich der Knolle im linken Bild eine dickfleischige Zugwurzel sichtbar (ZW1), ein schönes Beispiel für Heterorhizie, d. h. Wurzeln mit verschiedenen Funktionen befinden sich an einer Pflanze. Die Zugwurzel schwillt in ihren proximalen Bereichen zunächst stark an, um dann zu kontrahieren und Ouerfalten zu bilden (ZW1 im rechten Bild). Dabei wird eine Zugkraft gebildet, die ausreicht, um die zunächst aufrecht im Boden positionierte Knolle um 90° zu drehen. Weitere Zugwurzeln können die Knolle schräg abwärts gerichtet nach unten bewegen. Während dieses Vorgangs bildet sich die neue Rhizomknolle aus, die in der nächsten Vegetationsperiode austreiben wird. Die Zugwurzeln sitzen immer an der Basis dieser neuen Knolle. Während bei den meisten Arten die Zugwirkung gerade ausreicht, um eine Drehung der Knolle zu gewährleisten, schafft eine Knolle von Lapeirousia unter günstigen Bedingungen in einer Vegetationsperiode 6-10 cm und ist damit die z. Zt. "bewegungsfreudigste" bekannte Iridaceae.

II. Funktion:

Vegetative Ausbreitung von Tochterpflanzen

Viele Knollen- und Zwiebelpflanzen sind befähigt, Tochterpflanzen auszubilden und so die Populationsdichte am Standort zu erhöhen. Vielfach bleiben die Tochterpflanzen in unmittelbarer Nähe der Mutterpflanze, so daß ein dichter Horst von Individuen entsteht. Häufig werden aber die Tochterpflanzen aktiv von der Mutter separiert und tragen so zur vegetativen Ausbreitung der Art am Standort bei. Allgemein bekannt dürfte das "Kartoffelprinzip" sein: die

Abb. 4 (oben links): *Hemerocallis fulva* (Taglilie, Hemerocallidaceae).

Abb. 5 (oben rechts): *Gentiana lutea* (Gelber Enzian, Gentianaceae).

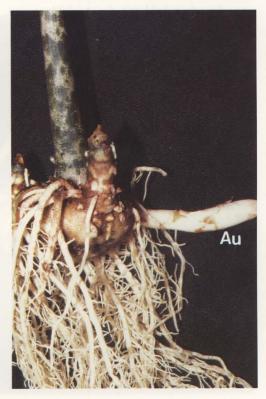
Abb. 6 (unten links): Typhonium giganteum (Araceae).

Abb. 7 (unten rechts): Amorphophallus bulbifer (Araceae).









Mutterpflanze bildet mehr oder weniger langgestreckte Ausläufer im Substrat, die sich an ihrem Ende verdicken. Aus diesen Ausläuferknollen entwickeln sich dann in der nächsten Vegetationsperiode neue Pflanzen. Amorphophallus bulbifer (Araceae) in Abb. 7 besitzt relativ dickfleischige Ausläufer (Au), die schließlich an ihrer Spitze knollenförmige Verdickungen zeigen werden. Die Wachstumsrichtung dieser Ausläufer ist dabei variabel. Ein Unterschied zum Rhizom besteht in diesem Beispiel darin, daß die Überdauerung der Ruheperiode nur durch die Knollen erfolgt, der Ausläufer selbst degeneriert am Ende der Vegetationsperiode. Solche Ausläuferbildungen sind natürlich auch aus anderen Familien bekannt, so z. B. bei den Iridaceen (Gladiolus communis), Colchicaceen (Colchicum autumnale, Herbstzeitlose) und Liliaceen (Tulipa spec., Tulpe).

Die Ausbreitung solcher Tochterpflanzen kann aber auch über Zugwurzeln erfolgen. So bilden viele Lilium-Arten in der Achsel ihrer Speicherblätter, aber auch an der Stammbasis in den Achseln der Niederblätter Tochterzwiebeln aus, die schon bald mit der Ausbildung von Zugwurzeln beginnen und durch deren Hilfe von der Mutterpflanze entfernt werden. Für Nothoscordum inodorum (Alliaceae) konnte diese Separation in einer Bildsequenz dokumentiert werden (PÜTZ 1993). Solche Separationsbewegungen sind i. d. R. auf 1-2 cm beschränkt und erfolgen zusätzlich zur Bewegung der Mutterzwiebel. Einige in Nordamerika be-Alliaceen-Gattungen (Triteleia, heimatete Brodiaea, Dichelostemma) zeigen hingegen eine weitergehende Spezialisierung. Diese Gattungen, in Abb. 9 als Beispiel Triteleia hvacinthina, bilden an der Basis ihrer Rhizomknolle dünne Nährwurzeln aus. Die an der Oberseite gebildeten Tochterknollen (Tk) tragen dagegen dicke Zugwurzeln (Zw), mit deren Hilfe eine seitliche Separation um 5 cm und mehr erfolgen kann.

Die bislang bekannte größte Spezialisierung weist allerdings die in Südafrika beheimatete *Oxalis pes-caprae* (PÜTZ 1994) auf. Diese Art bildet eine mächtige Zugwurzel (Zw) aus mit einer Länge von über 50 cm und einer Dicke von

bis zu 1,5 cm (Abb. 10). Bei Verkürzung der Wurzel löst sich die Mutterzwiebel auf. Es entwickelt sich eine dünne Sproßleine (Sp), die sich in dem Maße verlängert, wie sich die Zugwurzel verkürzt. Die während des Verkürzungs-/Verlängerungsprozesses zurückgelegte beträgt normalerweise etwa 20 cm (bis 47 cm). Entlang der Sproßleine befinden sich gegen Ende der Vegetationsperiode 8-10 (bis 40) Tochterzwiebeln, die überdauern und im nächsten Jahr austreiben. Aufgrund der großen Ausbreitungsstrecke und der hohen Vermehrungszahl kann es nicht verwundern, daß es die Art geschafft hat, sich trotz fehlender Samenproduktion (GALIL 1968) nahezu im gesamten Mittelmeerraum einzubürgern.

III. Funktion:

Einwurzelung von Sämlingen

Sämlinge keimen in aller Regel erdoberflächennah. Insbesondere Jungpflanzen von Knollenoder Zwiebelpflanzen sind daher gezwungen, relativ schnell in gesicherte Bodentiefen zu gelangen, um die erste Trocken- bzw. Kälteperiode zu überdauern. Ein Eindringen in den Boden kann zumindest zum Teil durch das Wachstum der Sproßbasis (Verlängerung des Hypokotyls) erfolgen. Sehr häufig ist aber auch die Ausbildung von Zugwurzeln, so beispielsweise bei Sämlingen des australischen Grasbaums (Black Boy, Xanthorrhoea preissii). Diese wachsen, zumindest in den Versuchsgewächshäusern des Botanischen Instituts in Aachen, recht langsam, aber bereits an den ersten Wurzeln werden Querfalten erkennbar, die diese als Zugwurzeln ausweisen (Abb. 11). Auch bei dikotylen Sämlingen konnten bereits typische Querfalten an den Primärwurzeln festgestellt werden (z. B. bei der Möhre [Daucus carota, Apiaceae] und der Robinie [Robinia pseudacacia, Fabaceae]).

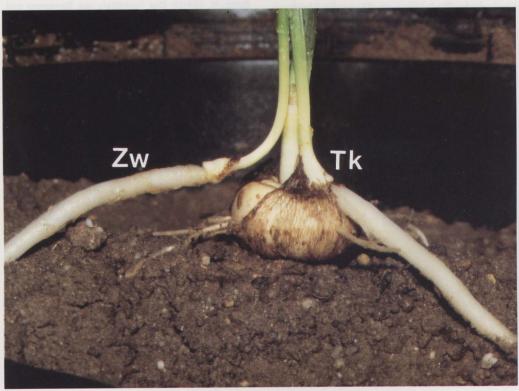
Die Größe einer Zugbewegung ist abhängig von einer Reihe von Faktoren. Dem Be-

Seite 121:

Abb. 8 (oben): Bildsequenz von Lapeirousia laxa (Iridaceae).

Abb. 9 (unten): Triteleia hyacinthina (Alliaceae).





wegungsmotor (Zugkraft) stehen einige hemmende Faktoren gegenüber, die sich aus diversen Substrateigenschaften ergeben (Wassergehalt, Verdichtung), aber auch durch die Knolle oder Zwiebel beeinflußt werden. So ist beispielsweise die Größe des zu ziehenden Körpers von entscheidender Bedeutung. Der noch sehr kleine Pflanzenkörper eines Sämlings kann relativ leicht abwärts bewegt werden, so daß innerhalb relativ kurzer Zeit große Strecken überwunden werden können. Beim Spargel (Asparagus officinalis) in Abb. 12 beträgt der Altersunterschied zwischen den beiden Pflanzen etwa 10 Wochen. Da die Keimung beider Pflanzen auf gleicher Höhe erfolgte, ist der Abstand zwischen den beiden Pflanzen ein Maß für die bis dahin erfolgte Zugbewegung (etwa 4 cm). Besonders große Bewegungen sind bei Lapeirousia zu beobachten, deren Sämlinge im Rahmen unserer Untersuchungen innerhalb von 12 Wochen eine Strecke von bis zu 10 cm durch Wurzelzug überwinden konnten. Dieser Sämlingsbewegung zum Erreichen sicherer Bodentiefen kommt dabei eine besonders wichtige ökologische Bedeutung zu. Denn die Sämlinge keimen oberflächennah und müssen möglichst rasch in größere Tiefen gelangen, um der Trockenheit oder aber Kälte während der ersten Ruhepause (trockener Sommer, kalter Winter) zu entgehen.

Schluß

Insgesamt kann bei vielen Arten durch die Aktivität von Zugwurzeln eine überaus wichtige Gesamtbewegung der Pflanzen festgestellt werden. Durch die Abwärtsbewegung des Sämlings wird schnell eine ökologisch optimale Tiefenlage erreicht. Anschließend können viele Arten ihre Tiefenlage auch weiterhin aktiv regeln. Die Pflanze besitzt damit die Möglichkeit, einerseits auf äußere Veränderungen zu reagieren; andererseits können Wachstumsschwankungen ausgeglichen werden. Schließlich kann durch Ausbreitungsbewegungen der lateralen Triebe das bestehende Habitat gesichert und vergrößert werden.

In vielen Punkten sind unsere Kenntnisse über die unterirdischen Bewegungen noch

immer sehr lückenhaft, da bis heute nur wenige Untersuchungen durchgeführt wurden. Dies ist erstaunlich, denn das Phänomen ist ja nicht nur "an sich" interessant. Für viele Nutz- und Zierpflanzen, aber auch für viele seltene Arten (z. B. Monokotylen) hat die unterirdische Bewegung eine überlebenswichtige ökologische Bedeutung. Eine genauere Kenntnis über die im Erdboden verborgenen Prozesse würde uns in die Lage versetzen, gezielter einzugreifen, sei es im Gartenbau, beispielsweise bei der Aussaat oder im Freiland, beim Schutz seltener Arten.

Literatur

Dahlgren, R. M. T., Clifford, H. T. & Yeo, P. F. (1985): The families of the Monocotyledons. – Berlin. Galil, J. (1968): Vegetative dispersal in *Oxalis cernua*. – Amer. J. Bot. 55: 68–73.

HALEVY, A. H. (1986): The induction of contractile roots in *Gladiolus grandiflorus*. – Planta 167: 94–100.

KIRCHNER, O. VON, LOEW, E. & SCHRÖTER, C. (1936): Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Spezielle Ökologie der Blütenpflanzen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Band 1, Abt. 4. – Stuttgart. PHILLIPS, R. & RIX, M. (1983): Das Kosmosbuch der Zwiebel- und Knollenpflanzen. – Stuttgart.

PÜTZ, N. (1992): Das Verhältnis von Bewegung und Wurzelkraft bei Monokotylen. – Beitr. Biol. Pflanz. 67: 173–191.

- (1993): Underground plant movement. I. The bulb of *Nothoscordum inodorum* (Alliaceae). – Bot. Acta 106: 338–343.

– (1994): Underground plant movement. II. Vegetative spreading of *Oxalis pes-caprae*. – Plant. Syst. Evol. 191: 57–67.

RAUNKIAER, C. (1934): The life forms of plants and statistical plant geography. – Oxford.

RIMBACH, A. (1898): Die kontraktilen Wurzeln und ihre Tätigkeit. – Beitr. zur wissenschaftl. Botanik 2: 1–26.

STRASBURGER, E. (Begr.) (1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. – Stuttgart.

TROLL, W. (1943): Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen, Erster Band Vegetationsorgane. – Berlin. VRIES, H. DE (1877): Beiträge zur speziellen Physiologie landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Wachstumsgeschichte des rothen Klees. – Landwirtschaftliche Jahrbücher 6: 893–1076.

Seite 123:

Abb. 10 (oben): Oxalis pes-caprae (Oxalidaceae, Sauerkleegewächse).

Abb. 11 (unten links): Xanthorrhoea preissii (Grasbaum, Xanthorrhoeaceae).

Abb. 12 (unten rechts): Asparagus officinalis (Spargel, Asparagaceae).







Inhalt

MARTIN G. NICKOL: Federbusch und Kandelaber: Sukkulentenbusch auf der Kanareninsel La Palma GÜNTHER KUNKEL:	89	FRIEDRICH E. BEYHL: Der Drachenbaum und seine Verwandtschaft: II. Der Echte Drachenbaum, Dracaena cinnabari, von der Insel Sokotra	140
Der Baumtabak, ein Neophyt der Mittelmeerländer	97	KARL-GEORG BERNHARDT:	
ULRICH MEVE: Autogamie bei <i>Pelargonium</i> -Wildarten	100	Zur Diversität tropischer Lebensräume in Costa Rica	146
GENNADY FIRSOV: Auf Pflanzensuche im russischen Fernen Osten	109	REINHARD M. FRITSCH: Zur Taxonomie und Benennung der "Paukenschläger-Lauche" (Allium-Arten der sect. Megaloprason WENDELBO s. str.)	152
NORBERT PÜTZ: Die unterirdischen Bewegungen von		der been hardway that the analysis	166
Knollen- und Zwiebelpflanzen	115	Gesellschaft Freunde des Palmengartens e.V.	170
CORNELIA OTT:		Gärtnerisch-botanische Literatur 96, 108, 139, 163,	169
Menispermaceae –	124	Veranstaltungshinweise	164
die Familie der Mondsamengewächse	124	Was ist los im Palmengarten?	99
STEPHAN SCHNECKENBURGER*: Das Gartenporträt VIII: Der Botanische Garten Lancetilla (Tela/Honduras)	127	Die mit einem * gekennzeichneten Autoren sind M glieder im Verband Botanischer Gärten e. V.	∕lit-

Impressum

"Der Palmengarten" 59. Jahrgang 1995 ISSN 0176-8093

Herausgeber:

Stadt Frankfurt am Main,

Dezernat für Umwelt, Energie und Brandschutz

Stadtkämmerer Tom Koenigs

Verantwortlich für den Inhalt:

Dr. ISOLDE HAGEMANN, Direktorin des Palmengartens Redaktion dieses Heftes:

Dr. GEORG ZIZKA, Dr. STEPHAN SCHNECKENBURGER Palmengarten, Siesmayerstr. 61, 60323 Frankfurt/Main

"Der Palmengarten"

"Der Palmengarten" erscheint zweimal jährlich (Frühjahr und Sommer/Herbst), Jahresbezug (nur über den Palmengarten) einschließlich Versandkosten 18,-DM; Einzelhefte auf dem Postwege erhältlich gegen Vorauskasse von 9,– DM (einschließlich Versandkosten). Überweisung auf Postgirokonto 2-609, PSA Frankfurt (BLZ 500 100 60) erbeten.

Technische Gesamtherstellung:

Druckerei Henrich GmbH, Frankfurt/Main

"Der Palmengarten Sonderhefte"

Die "Sonderhefte" des Palmengartens erscheinen in unregelmäßigen Abständen (2–3 Hefte jährlich; Preis je nach Umfang, z. Zt. zwischen 5,– und 15,– DM) begleitend zu Informationsausstellungen. Ein Abonnement der Sonderhefte ist über den Palmengarten möglich.

Die Neuerscheinungen werden den Abonnenten mit Rechnung zugesandt.

Alle Rechte vorbehalten. © 1995.

Hinweise für Autoren siehe Heft 58/1, Seite 52

Bildautoren und Anschriften der Autoren siehe Seite 172

Titelbild: Blüte von Canarina canariensis (Campanulaceae).

Foto: Dr. ISOLDE HAGEMANN