©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen
Band 33/34, S. 95 – 110, 2008

Die Gattung *Allium* – Taxonomischer Überblick und wissenschaftliche Sammlung im Botanischen Garten der Universität Osnabrück

Nikolai Friesen

Kurzfassung: *Allium* ist die bei weitem umfangreichste Gattung der Familie Alliaceae (Klasse Liliopsida, Ordnung Asparagales). Ein kurzer Abriss der historischen Entwicklung der *Allium*-Klassifkationen und das aktuellste, an molekularen Daten orientierte System der Gattung sind als Bezugssystem beigegeben.

In den letzten 15 Jahren wurden auf der Grundlage einer immer weiter vervollständigten *Allium* - Kollektion zuerst am IPK Gatersleben begonnen (340 Arten und über 3000 Akzessionen) und ab August 2000 im Botanischen Garten der Universität Osnabrück (230 Arten und über 800 Akzessionen) mit molekular-taxonomischen Untersuchungen fortgeführt, deren Ergebnisse kurz vorgestellt werden.

Abstract: *Allium* is by far the most extensive genus of the family Alliaceae (class Liliopsida, order Asparagales). A short summary of the historic development of the *Allium* - Taxonomy and the most current system, based on molecular data, is added as frame of reference.

The enlarged working collection of living *Allium* accessions, first at the IPK Gatersleben (approximately 340 spp. and about 3 thousand accessions) and since August 2000 also in the Botanical Garden of the University of Osnabrueck (approximately 230 spp. and about more than 800 accessions) enabled to continue taxonomic research in this genus, the results of which are briefly discussed.

Key Words: *Allium*, Evolution, Klassifikation, Sammlung, Verbreitung.

Adresse:
PD Dr. Nikolai Friesen, Botanischer Garten der Universität Osnabrück, Albrechtstrasse 29, 49090 Osnabrück, E-mail: friesen@biologie.uni-osnabrueck.de.

1 Die Gattung *Allium*

Allium ist die bei weitem umfangreichste Gattung der Familie Alliaceae (Klasse Liliopsida, Ordnung Asparagales). Sie umfasst gegenwärtig über 800 Arten mit manchmal zahlreichen Synonymen (Gregori et al. 1998). Lange Zeit wurden *Allium* und Verwandte in der sehr weit gefassten Familie Liliaceae eingeordnet. Andererseits sind sie aber auch den Amaryllidaceae morphologisch ähnlich, weshalb einige Autoren sie im 20. Jahrhundert zu dieser Familie stellten (z. B. Dahlgren and Clifford, 1982). Molekulare Untersuchungen der letzten Jahre haben gerade diesen Verwandtschaftsbezug nachdrücklich bestätigt. Die Ausgliederung der Gattung *Allium* und anderer verwandter Gattungen aus den Liliaceae wird heute allgemein akzeptiert. Es wurde sogar vorgeschlagen, die Familien Amaryllidaceae, Alliaceae und Agapanthaceae, die einen monophyletischen Ursprung haben, in einer Familie Alliaceae zu vereinen (AGP II, 2003).

Die Gattung umfasst wirtschaftlich sehr wichtige Gewürz- und Gemüsepflanzen (Küchenzwiebel, Schalotte – *A. cepa* L.; Knoblauch – *A. sativum* L.; Winter- oder Heckenzwiebel – *A. fistulosum* L.; Schnittlauch – *A.*

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

schoenoprasum L.; Porree – *A. porrum* L., Chinesischer Schnittlauch – *A. tuberosum* L.), die in vielen, auch subtropischen Ländern, zu den bedeutendsten Feld- und Gartenkulturen zählen. Als Quelle für Zierpflanzen wird die Bedeutung der Gattung *Allium* immer wichtiger. Besonders Arten der Untergattung *Melanocrommyum* (*A. stipitatum* Regel, *A. christophii* Trautv., *A. giganteum* Regel, *A. rosenorum* R.M.Fritsch, *A. karataviense* Regel und andere) mit ihrem sehr auffallenden, mehr als 1 m hohen Wuchs und großen Blättern und mitunter bis kindskopfgroßen Blütenständen, haben schon seit Jahrzehnten Eingang in die Ziergärten der europäischen und nordamerikanischen Länder gefunden (Kamenetsky & Fritsch, 2002). In den letzten 10-15 Jahren sind viele schöne neue *Allium*-Hybriden (z. B. „Globemaster", „Mars", „Lucy Ball" und andere) in Holland gezüchtet worden (Friesen et al. 1997).

Die Gattung ist fast ausschließlich nordhemisphärisch verbreitet (Abb. 1). Nur eine Art, *Allium dregeanum* Kunth, kommt auch in Südafrika vor. Dieser ist sehr nah mit europäischen Arten aus der Sektion *Allium*, besonders mit *Allium scorodoprasum*, verwandt, und weil er zudem hochpolyploid ist (2n=64, und 2n=80, de Sarker et al., 1997), liegt die Vermutung nahe, dass Vorfahren dieser Art mit den ersten Europäischen Siedlern eingeschleppt worden sind und sich in Südafrika zu einer neuen Art entwickelt haben.

Die Standortansprüche der *Allium* Arten gestalten sich sehr variabel. Die Mehrzahl ist an relativ trockene, lichte Habitate mit offener Vegetationsdecke gebunden (deshalb gehören viele Arten zu charakteristischen Komponenten von Steppen-, Halbwüsten-, Wüsten-, Fels- und Hochgebirgsformationen). Doch gibt es auch eine beachtliche Anzahl ökologisch abweichender Sippen, so z. B. Waldarten wie der heimische Bärlauch (*A. ursinum* L.), Arten auf Salzwiesen (Kantiger Lauch - *A. angulosum* L.), in der Schottervegetation von Flussufern und Küsten (Schnittlauch - *A. schoe-*

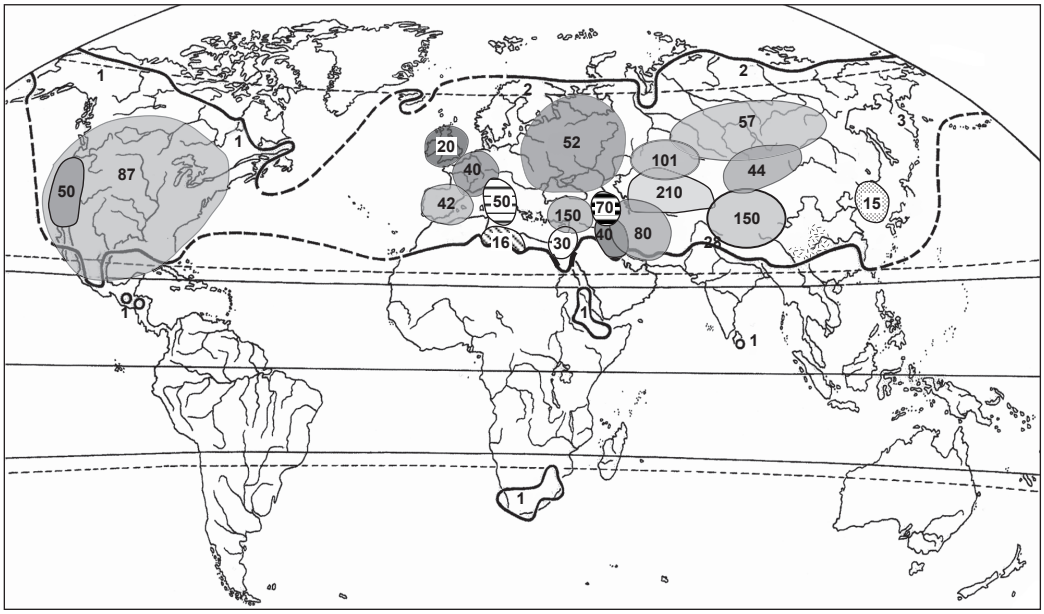


Abb. 1: Verbreitungsgebiet der Gattung *Allium*. Die Zahlen in den Kreisen zeigen die Artenzahlen in den jeweiligen Floren.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

noprasum L.), und auf Hochgebirgsmatten (*A. atrosanguineum* Kar. et Kir.). Einige Arten haben sich als Kulturfolger auf menschlich beeinflussten Standorten, z. B. als Unkräuter, in Weinbergkulturen ausgebreitet (*A. vineale* L., *A. ampeloprasum* L.).

Ein ausgeprägtes Mannigfaltigkeitszentrum befindet sich in den Berggebieten von Mittel-, Südwest- und Klein-Asien, und ein kleineres in Nordamerika westlich und östlich der Rocky Mountains. Die morphologische Vielfalt ist erstaunlich und betrifft alle Organe oder Teile von Organen der Pflanzen. Unterirdisch treten entweder Wurzelstöcke deutlich sichtbar hervor („rhizomatose Arten") oder dicke Zwiebeln („bulbose Arten"), bei denen das Rhizom auf den Zwiebelkuchen (Zwiebelscheibe) beschränkt ist. Vertreter dieser beiden Großgruppen unterscheiden sich in weiteren morphologischen und insbesondere in physiologischen Merkmalen, weil sie an unterschiedliche Habitate angepasst sind. Darüber hinaus gibt es Arten mit sehr kurzem Rhizom und ohne Zwiebel, aber mit verdickten Speicherwurzeln.

Die Gattung zeichnet sich insgesamt als morphologisch äußerst vielgestaltig aus, besonders im Blütenbereich. Es seien einige Variationsbereiche als Orientierung genannt:

- Die Umhüllung der Zwiebeln ist glatt oder in Längsfasern oder -streifen geteilt bis netzartig verwoben und kann maschen- bis lochartige Strukturen zeigen.
- Die Wuchshöhe überschreitet einerseits kaum 5 cm und kann andererseits fast 2 m erreichen.
- Flache Blattspreiten können 0,3 bis fast 15 cm breit und zylindrische weniger als 1 mm bis über 2 cm dick sein bei Längen zwischen 5 und 80 cm. Auch fadenförmige, dreikantige, halbzylindrische und in viele fadenartige Zipfel geteilte Spreiten kommen vor.
- Die Blütenstände sind kugelig bis büschelig oder doldenartig. Sie können sehr dicht bis sehr locker sein und manchmal nur 1-2 oder bis über 3000 Blüten enthalten.
- Die Tepalen sind häufig in den verschiedensten Rottönen, aber auch weiß, gelb, grün, blau, braun bis violett gefärbt und können 2 bis über 24 mm lang und 1 bis 12 mm breit sein.
- Die abgeflacht-kugeligen bis fast zylindrischen Fruchtknoten sind drei- oder sechskantig und können an der Spitze tiefe Längsfurchen und horn-, rippen- oder kammartige Auswüchse tragen.
- Die Zahl der Samenanlagen pro Fruchtknotenfach (1 bis mehr als 10), Position und Form der im Fruchtknoten eingeschlossenen Nektarien und ihrer Sekretkanäle, Samenform und -gewicht, und insbesondere Zellformen und Skulpturen der Samen-Epidermiszellen („Samen-Testa") sind weitere variable und taxonomisch wichtige Merkmale (Fritsch, 2005).

Alle diese morphologischen Merkmale sind ziemlich „chaotisch" in der ganzen Gattung verteilt, deswegen ist *Allium* für seine komplizierte taxonomische Struktur bekannt.

Während Linné (1753) 30 Arten in 3 informellen Gruppen unterschied, war die Artenzahl am Ende des 19. Jh. auf das Zehnfache gestiegen und wurde in 6-10 zumeist sehr heterogene Sektionen gegliedert. Diese Systematik wurde von Eduard Regel (1875) in der bislang letzten *Allium*- Monographie benutzt und erweitert. Vom letzten Drittel des 19. Jahrhunderts an erweiterten Forschungsreisen in viele Gebiete Asiens und Nordamerikas sowie die Erarbeitung zahlreicher Gebietsfloren das Wissen über die Formenmannigfaltigkeit über *Allium* um mehrere hundert Arten. Damit erweiterte sich der Gattungsumfang deutlich über jenes Maß hinaus, das ein Einzelner noch überblicken und erfolgreich bearbeiten kann. Wohl deshalb wurde seither keine Monographie der Gattung mehr verfasst. Eine moderne Gattungs-Übersicht, die die komplizierten Verwandtschaftsver-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

hältnisse vollständig und ausgewogen wiederzugeben vermag, wird immer deutlicher vermisst. Regionale Revisionen haben diese Lücke noch vertieft, weil sie immer nur die regionale Sicht auf die Gattung vermitteln konnten. In der 2. Hälfte des 20. Jh. schlugen mehrere Autoren stärker aufgliedernde, aber in Details gegensätzliche, Klassifikationen vor (z. B. Wendelbo, 1969; Traub, 1972; Kamelin, 1973; Stearn, 1978). Am Ende dieser Phase wurden etwa 750 *Allium*-Arten anerkannt und in über 50 Gruppen auf den Ebenen von Untergattung bis Untersektion eingeordnet (Hanelt et al. 1992). Die Hierarchie der Gliederung beruhte weitgehend auf wenigen grundsätzlichen Festlegungen (Annahmen) bezüglich der Ursprünglichkeit einzelner morphologischer Merkmale (zum Beispiel: lange Rhizome sind ein ursprüngliches Merkmal und Zwiebeln ohne Rhizome ein abgeleitetes). Hieraus wurden Schlüsse bezüglich der Evolutionsrichtung abgeleitet: kurze Rhizome zeigen eine höhere Entwicklungsstufe an als lange Rhizome und ganz kurze Rhizome die höchste Entwicklungsstufe. Jedoch wurden neue Erkenntnisse auf unterschiedliche Weise in diese Systeme eingearbeitet, weshalb im letzten Jahrhundert die Eingruppierung einiger Arten mehrfach wechselte. Aus den oben genannten Gründen erlauben die spezifischen Merkmale vieler Gruppen nicht, zwischen gleichgerichteter Anpassung und natürlicher Verwandtschaft zu differenzieren. Genaue Vergleiche brachten aber mit der Zeit immer mehr Unterschiede in den Details vieler Merkmale zutage, die auf lange unabhängige Evolutionsabläufe und auf möglicherweise mehrfache Entstehung einzelner Merkmale schließen ließen. Damit wurde diese Vielfalt stammesgeschichtlich gewertet und Annahmen über den Grad der natürlichen Verwandtschaft von Gruppen und ihre Einbindung in Evolutionslinien getroffen. Dabei wurden immer wieder Probleme sichtbar, weil manche Merkmalsgruppen, wie karyologische, anatomische und phytochemische, in jeweils ganz verschiedenen Teilen der Gattung variabel, in anderen dagegen unerwartet konstant sind. Molekulare Untersuchungen, die in den 1990iger Jahren auch bei *Allium* einsetzten, erschlossen eine neue Perspektive. Ihre Hauptbedeutung besteht darin, dass manche molekularen Änderungen an der DNA in einer bestimmten Etappenfolge geschehen sein müssen, weil andere Abläufe aus statistischen Gründen absolut unwahrscheinlich sind. Dadurch können molekulare Merkmale mit Evolutionsetappen korreliert werden. Dieser unabhängige Maßstab erlaubt dann, auf anderen Merkmalen basierende phylogenetische Vorstellungen zu entwickeln. In einem der folgenden Kapitel dieser Arbeit wird die neue Klassifikation der Gattung *Allium*, die auf molekularen Daten basiert, vorgestellt.

2 Wissenschaftliche Sammlung im Botanischen Garten Osnabrück

Traditionelle Studien in der Pflanzensystematik basieren hauptsächlich auf getrockneten Herbarexemplaren. In der Gattung *Allium* zeigen Herbarexemplare der meisten Taxa aber nicht alle Merkmale, die für eine genaue Differenzierung von Arten notwendig sind. Die meisten *Allium*-Arten sind an ein trockenes Klima angepasst. Die kalten und die trockenen Jahreszeiten überstehen sie als Geophyten (Erdpflanzen). Die für sie kurze günstige Vegetationsperiode nutzen sie für ihren gesamten „oberirdischen" Lebenszyklus. Ihr Entwicklungszyklus ist beschleunigt. Sie produzierten gut entwickelte Blätter nur vor der Blütezeit. Wenn die Pflanzen in voller Blüte stehen, sind die Blätter normalerweise schon trocken oder verdorrt. Überdies vertrocknen Blütenteile besonders stark, wenn sich zur Zeit der Feuchtreife die Kapseln entwickeln. In solchen Fällen braucht man für eine sichere Artbestimmung eine ganze Serie von Herbarexemplaren, die in jeder Entwicklungsphase angelegt sein sollten, was aber

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Abb. 2: *Allium* Sammlung im Botanischen Garten der Universität Osnabrück: *Allium* – Feld.

sehr selten möglich ist. Der Schutz gegen Wasserverlust funktioniert sehr gut bei Zwiebelpflanzen und ist sogar noch in der Herbariumspresse wirksam. Die Pflanzen setzen ihre Entwicklung in der Presse so lange fort, bis sie völlig trocken sind, was lange dauern kann. Als ein Ergebnis präsentieren Herbariumsexemplare möglicherweise Blütenstände von missgebildeter Form und Farbe oder ungewönlicher Kapselmorphologie und repräsentieren deshalb keine typische Ausprägung einer Art, und das kann zu falschen Schlussfolgerungen führen. Eine Lebendsammlung mit Akzessionen aus unterschiedlichen Verbreitungsgebieten ist deshalb eine der wichtigsten Grundlagen für umfassende taxonomische und biogeographische Untersuchungen. Außerdem erhält man einige wichtige Daten, wie z. B. die Chromosomenzahl, nur von lebendem Ausgangsmaterial.

Seit August 2000 wird im Botanischen Garten der Universität Osnabrück eine wissenschaftliche Sammlung der Gattung *Allium* aufgebaut, die mittlerweile schon aus 230 Arten und über 800 Akzessionen besteht (Stand: Januar 2008). Der erste Grundstock für diese Sammlung waren 181 Akzessionen (84 Arten) aus der *Allium* - Sammlung des Leibniz Institutes für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben. Danach wurde die Sammlung aus unterschiedlichen Quellen gespeist: die wichtigsten davon sind die Sammelreisen des Autors in verschiedene Länder (Mongolei, 2001; Russland, Altai, 2002, 2006, 2007; USA, Kalifornien, 2003; Georgien, 2004; Türkei, 2005; Kirgisien, 2005; Griechenland, 2005; Frankreich, 2007) und Samenaustausch mit anderen Botanischen Gärten. Nicht zuletzt sind viele Kollegen zu erwäh-

Abb. 3: *Allium* Sammlung im Botanischen Garten der Universität Osnabrück: *Allium* – Anzuchtkasten.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Abb. 4: *Allium* Sammlung im Botanischen Garten der Universität Osnabrück: *Allium* – Schaubeet 1.

Abb.5: *Allium* Sammlung im Botanischen Garten der Universität Osnabrück: *Allium* – Schaubeet 2.

nen, die *Allium* Pflanzen von ihren Reisen mitbringen. Ihnen gilt hier mein herzlicher Dank. Besonders möchte ich hier Frau Dr. Dorothea Trißl danken, die viele *Allium* Arten aus Spanien mitgebracht hat sowie Prof. Dr. Georg Miehe und seiner Frau Dr. Sabine Miehe von der Universität Marburg, die sehr viele *Allium* Herbarbelege und Samen in Tibet für mich gesammelt haben.

Um die optimalen ökologischen Bedingungen für die Erhaltung der lebenden *Allium* Arten zu schaffen, werden die Pflanzen an vier unterschiedlichen Standorten im Botanischen Garten gepflanzt: im freien Feld, sog. *Allium*-Feld (Abb. 2); im Alpinhaus – Arten aus trockenen Regionen; in Töpfen in der Kastenanlage (Abb. 3); und auf beweglichen Tischen im Überwinterungshaus. Dazu kommen noch zwei *Allium* – Schauanlagen vor dem Alpinhaus (Abb. 4 und 5), wo die unterschiedlichen Arten für die Besucher des Botanischen Gartens präsentiert werden.

3 Taxonomie und Klassifikation der Gattung *Allium*

Molekulare Untersuchungen bestätigten zunächst die wesentlichen Grundzüge des Systemvorschlags von Hanelt et al. (1992). Weiterhin war nachweisbar, dass die Gattungen *Nectaroscordum*, *Caloscordum* und *Milula* einen gemeinsamen Ursprung mit unterschiedlichen *Allium*-Gruppen besitzen und deshalb zu *Allium* gehören (Hanelt & Fritsch, 1994, Fay & Chase, 1996, Friesen et al. 2000, Fritsch & Friesen, 2002). Der neueste Klassifikationsvorschlag (Friesen et al. 2006) gliedert *Allium* in 72 Sektionen, die 15 Untergattungen zugeordnet werden (Tab. 1). Damit konnte zunächst einmal nachgewiesen werden, dass alle Arten der Gattung *Allium* einen gemeinsamen Ursprung haben, die Gattung *Allium* also monophyletisch ist. Viele der voneinander abgesetzten Gruppen decken sich weitgehend mit den „klassischen", auf morphologischen Merkmalen begründeten Sektionen. Die große Zahl der über einen weiten Bereich aufeinander folgenden Evolutionsstufen legte nahe, die Zahl der Untergattungen von sechs auf mindestens 15 zu erhöhen, auch wenn einige davon nur durch eine Art vertreten sind. Drei Evolutionslinien können umgrenzt werden, die sich zu unterschiedlichen Zeiten heraus-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

bildeten und jeweils rhizomatose und bulbose Vertreter umfassen (Abb. 6):

1. **(Älteste) Evolutionslinie:** subgenus *Nectaroscordum,* subg. *Microscordum* und subg. *Amerallium*. Alle Vertreter besitzen nur eine Reihe von Leitbündeln in den Blattspreiten und subepidermal gelegene Milchröhren. Die erstgenannten Untergattungen weisen bulbose und in vielen morphologischen Merkmalen (auch karyologisch mit x = 9 bzw. x = 8) abgeleitete Taxa auf. Die Untergattung *Amerallium* umfasst auch rhizomatose Gruppen amerikanischer und europäischer Arten. Als Chromosomen - Grundzahl dominiert x = 7, sekundär gibt es auch x = 8, 9 und 11.

2. **Evolutionslinie:** subg. *Anguinum,* subg. *Vvedenskya,* subg. *Porphyroprason,* subg. *Caloscordum* und subgenus *Melanocrommyum*. Bei allen beträgt die Chromosomen-Grundzahl x = 8. Untergattung *Anguinum* ist hier der einzige rhizomatose Vertreter. Die Blattspreiten sind flach (nur bei subg. *Vvedenskya* zylindrisch), und die Milchröhren liegen generell an der Innengrenze des Palisaden-Parenchyms. In den Blattspreiten von subg. *Anguinum* und *Porphyroprason* kommen Blattabschnitte mit einer und mit zwei Leitbündelreihen vor, während bei subg. *Melanocrommyum* mindestens im oberen Abschnitt der Blattspreite zwei gegensinnig orientierte Reihen aus paarweise gegenüber stehenden Leitbündeln vorhanden sind.

3. **(Jüngste) Evolutionslinie** mit sieben Untergattungen, die alle die Chromosomen-Grundzahl von x = 8 und Milchröhren an der Innengrenze des Palisaden-Parenchyms besitzen. Oft sind die Blattspreiten flach; dann zeigen sie im oberen Bereich zwei gegensinnig orientierte Reihen zufällig verteilter Leitbündel, bei subg. *Cyathophora* aber nur eine Reihe. Seltener sind zylindrische Blattspreiten wie bei der Küchenzwiebel, die einen Leitbündel-Ring zeigen, und fadenartige Blattspreiten. Wenig spezialisiert sind die artenarmen rhizomatosen Untergattungen *Butomissa, Cyathophora* und *Rhizirideum* im engsten Sinn. Stärker spezialisiert dagegen ist die bulbose Untergattung *Allium* mit zwei Untergruppen, die den klassischen Sektionen *Allium* und *Codonoprasum* entsprechen. Am stärksten abgeleitete molekulare Merkmale zeigen die wiederum rhizomatosen Untergattungen *Reticulatobulbosa, Polyprason* und *Cepa*. Diese Klassifikation benutzt fast ausschließlich bekannte Namen, auch wenn mehrere taxonomische Gruppen einen höheren Rang erhielten und andere im engeren Sinn gefasst wurden.

Die Untergliederung in 72 Sektionen ist sicher noch nicht endgültig, weil einige Arten molekular weit weniger miteinander verwandt sind als die morphologische Ähnlichkeit erwarten lässt (Tab. 1). Vor allem die Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb vieler Sektionen bedürfen noch umfangreicher Studien. Mit diesen Erkenntnissen wurde aber auch der Sturz eines Paradigmas aller früheren *Allium* - Klassifikationen besiegelt: Es trifft nicht zu, dass die Ausbildung deutlicher Rhizome ein allgemeingültiges ursprüngliches Merkmal ist. In allen Evolutionslinien sind rhizomatose Sektionen und Untergattungen zu finden, und überall sind sie direkte Verwandte von bulbosen Vertretern. Das heißt, dass dieses Merkmal (ausgebildetes Rhizom) im Laufe der Evolution der Gattung mehrfach entstanden ist. Ein modernes *Allium*-System kann deshalb die breite traditionelle Fassung auf Sektions- oder Untergattungsebene für *Rhizirideum* und *Molium* nicht benutzen, obwohl beide Namen für je eine Gruppe im engen Umfang aus nomenklatorischen Gründen weiter bestehen müssen. Eine mehr ins Detail gehende Diskussion bietet die Publikation von Friesen et al. (2006).

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tab. 1: Klassifikation der Gattung *Allium*. (Sektionen sind alphabetisch angeordnet)

I. Erste Evolutionslinie

1. Untergattung Nectaroscordum (Lindl.) Asch. et Graebn.
Typus: *A. siculum* Ucria
1.1 Sektion *Nectaroscordum* (Lindl.) Gren. et Godr.
Typus: *A. siculum* Ucria

2. UntergattungMicroscordum (Maxim.) Friesen
Typus: *A. monanthum* Maxim.
2.1 Sektion *Microscordum* Maxim.
Typus: *A. monanthum* Maxim.

3. Untergattung Amerallium Traub
Typus: *A. canadense* L.
3.1 Sektion *Amerallium* Traub (2 Untersektionen)
Typus: *A. canadense* L.
3.2 Sektion *Lophioprason* Traub
Typus: *A. sanbornii* Wood
3.3 Sektion *Rhophetoprason* Traub
Typus: *A. glandulosum* Link et Otto
3.4 Sektion *Arctoprasum* Kirschl. (*Ophioscorodon* (Wallr.) Endl.)
Typus: *A. ursinum* L.
3.5 Sektion *Briseis* (Salisb.) Stearn
Typus: *A. triquetrum* L.
3.6 Sektion *Bromatorrhiza* Ekberg
Typus: *A. wallichii* Kunth
3.7 Sektion *Caulorhizideum* Traub
Typus: *A. validum* S. Wats.
3.8 Sektion *Chamaeprason* Herm.
Typus: *A. chamaemoly* L.
3.9 Sektion *Molium* G. Don ex Koch (2 Untersektionen)
Typus: *A. roseum* L.
3.10 Sektion *Narkissoprason* (F. Herm.) Kamelin
Typus: *A. narcissiflorum* Vill.
?3.11 Sektion *Rhynchocarpum* Brullo
Typus: *A. ruhmerianum* Aschers.
?3.12 Sektion *Triptera* Kamelin et Seisums, nom. nud.
Typus: *A. tripterum* Nasir

II. Zweite Evolutionslinie

4. Untergattung Caloscordum (Herb.) R. M. Fritsch
Typus: *A. neriniflorum* (Herb.) Baker
4.1 Sektion *Caloscordum* (Herb.) Baker
Typus: *A. neriniflorum* (Herb.) Baker

5. Untergattung Anguinum (G. Don ex Koch) Friesen
Typus: *A. victorialis* L.
5.1 Sektion *Anguinum* G. Don ex Koch
Typus: *A. victorialis* L.

6. UntergattungPorphyroprason (Ekberg) R.M. Fritsch
Typus: *A. oreophilum* C.A. Mey.
6.1 Sektion *Porphyroprason* Ekberg
Typus: *A. oreophilum* C.A. Mey.

7. UntergattungVvedenskya (Kamelin) R.M. Fritsch
Typus: *A. kujukense* Vved.
7.1 Sektion *Vvedenskya* Kamelin
Typus: *A. kujukense* Vved.

8. UntergattungMelanocrommyum (Webb et Berth.) Rouy
Typus: *A. nigrum* L.
8.1 Sektion *Melanocrommyum* Webb et Berth.
Typus: *A. nigrum* L.
8.2 Sektion *Acanthoprason* Wendelbo
Typus: *A. akaka* Gmel.
8.3 Sektion *Acaule* R.M. Fritsch
Typus: *A. hexaceras* Vved.
8.4 Sektion *Acmopetala* R.M. Fritsch (7 Untersektionen)
Typus: *A. backhousianum* Regel
8.5 Sektion *Aroidea* F.O. Khass. et R.M. Fritsch
Typus: *A. aroides* Vved. et Popov
8.6 Sektion *Brevicaule* R.M. Fritsch
Typus: *A. sergii* Vved.
8.7 Sektion *Compactoprason* R. M. Fritsch (3 Untersektionen)
Typus: *A. giganteum* Regel
8.8 Sektion *Kaloprason* C. Koch (4 Untersektionen)
Typus: *A. caspium* (Pall.) M. Bieb.
8.9 Sektion *Megaloprason* Wendelbo (3 Untersektionen)
Typus: *A. rosenbachianum* Regel
8.10 Sektion *Miniprason* R.M. Fritsch
Typus: *A. karataviense* Regel
8.11 Sektion *Popovia* F.O. Khass. et R.M. Fritsch
Typus: *A. gypsaceum* Popov et Vved.
8.12 Sektion *Pseudoprason* (Wendelbo) K. Perss. & Wendelbo
Typus: *A. koelzii* (Wendelbo) K. Perss. et Wendelbo
8.13 Sektion *Regeloprason* Wendelbo (2 Untersektionen)
Typus: *A. regelii* Trautv.
8.14 Sektion *Thaumasioprason* Wendelbo
Typus: *A. mirum* Wendelbo
8.15 Sektion *Verticillata* Kamelin
Typus: *A. verticillatum* Regel

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

III. Dritte Evolutionslinie

9. Untergattung Butomissa (Salisb.) Friesen
Typus: *A. ramosum* L.
9.1 Sektion *Butomissa* (Salisb.) Kamelin
Typus: *A. ramosum* L.
9.2 Sektion *Austromontana* Friesen
Typus: *A. oreoprasum* Schrenk

10. Untergattung Cyathophora (R.M. Fritsch) R.M. Fritsch
Typus: *A. cyathophorum* Bur. et Franch.
10.1 Sektion *Cyathophora* R.M. Fritsch
Typus: *A. cyathophorum* Bur. et Franch.
10.2 Sektion *Coleoblastus* Ekberg
Typus: *A. mairei* Lévl.
10.3 Sektion *Milula* (Prain) Friesen
Typus: *A. spicatum* (Prain) Friesen

11. Untergattung Rhizirideum (G.Don ex Koch) Wendelbo sensu strictissimo
Typus: *A. senescens* L.
11.1 Sektion *Rhizirideum* G.Don ex Koch *sensu stricto*
Typus: *A. senescens* L.
11.2 Sektion *Caespitosoprason* Friesen
Typus: *A. polyrrhizum* Siev.
11.3 Sektion *Rhizomatosa* Egor.
Typus: *A. caespitosum* Siev.
11.4 Sektion *Tenuissima* (Tzag.) Hanelt
Typus: *A. tenuissimum* L.
11.5 Sektion *Eduardia* Friesen
Typus: *A. eduardii* Stearn

12. Untergattung Allium (ca. 305 spp.)
Typus: *A. sativum* L.
12.1 Sektion *Allium* (including Sektion *Costulatae* F.O. Khass. et Iengal.)
Typus: *A. sativum* L.
12.2 Sektion *Brevidentia* F.O. Khass. et Iengalycheva
Typus: *A. brevidens* Vved.
12.3 Sektion *Crystallina* F.O. Khass. et Iengalycheva
Typus: *A. crystallinum* Vved.
12.4 Sektion *Multicaulea* F.O. Khass. et Iengalycheva
Typus: *A. lehmannianum* Merckl.
12.5 Sektion *Spathulata* F.O. Khass. et R.M. Fritsch
Typus: *A. spathulatum* Khass. et R. M. Fritsch
12.6 Sektion *Mediasia* F.O. Khass., Yengalycheva et Friesen
Typus: *A. turkestanicum* Regel
12.7 Sektion *Avulsea* F.O. Khass.
Typus: *A. rubellum* M. Bieb.
12.8 Sektion *Brevispatha* Valsecchi
Typus: *A. parciflorum* Viv.
12.9 Sektion *Caerulea* (Omelcz.) F.O. Khass.
Typus: *A. caeruleum* Pall.
12.10 Sektion *Codonoprasum* Reichenb. in Mössl. (2 Untersektionen)
Typus: *A. oleraceum* L.
12.11 Sektion *Eremoprasum* (Kamelin) F.O. Khass. ex R.M. Fritsch et Friesen
Typus: *A. sabulosum* Stev.
12.12 Sektion *Kopetdagia* F.O. Khass.
Typus: *A. kopetdagense* Vved.
12.13 Sektion *Longivaginata* (Kamelin) F.O. Khass. ex R.M. Fritsch et Friesen
Typus: *A. longivaginatum* Wendelbo
12.14 Sektion *Minuta* F.O. Khass.
Typus: *A. minutum* Vved.
12.15 Sektion *Pallasia* (Tzag.) F.O. Khass. ex R.M. Fritsch et Friesen
Typus: *A. pallasii* Murr.

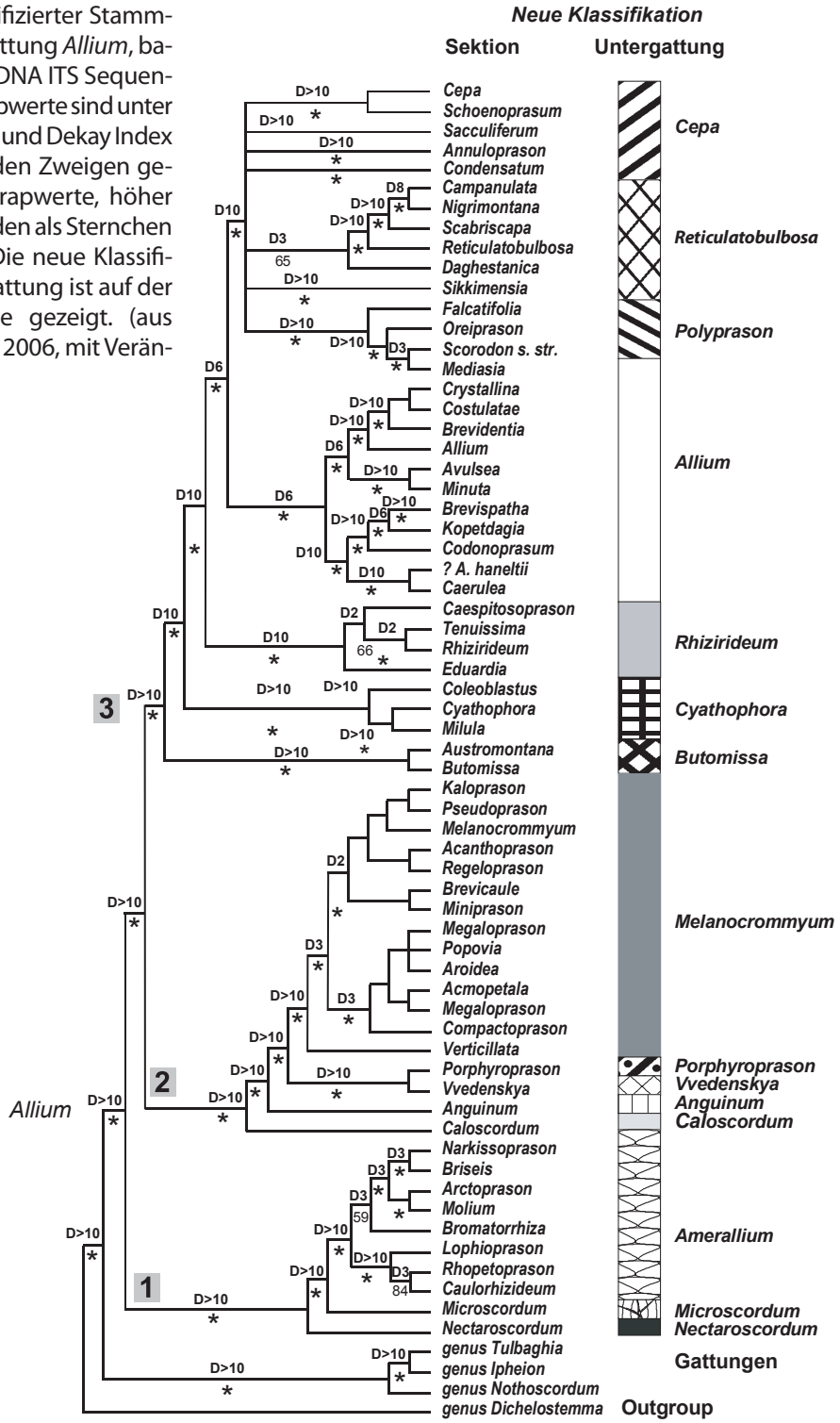
13. Untergattung Reticulatobulbosa (Kamelin) Friesen
Typus: *A. lineare* L.
13.1 Sektion *Reticulatobulbosa* Kamelin *sensu stricto*
Typus: *A. lineare* L.
13.2 Sektion *Campanulata* Kamelin
Typus: *A. xiphopetalum* Aitch.
13.3 Sektion *Scabriscapa* (Tscholok.) Friesen
Typus: *A. scabriscapum* Boiss.
13.4 Sektion *Nigrimontana* Friesen
Typus: *A. drobovii* Vved.
13.5 Sektion *Sikkimensia* (Traub) Friesen
Typus: *A. sikkimense* Bak.

14. Untergattung Polyprason Radić
Typus: *A. moschatum* L.
14.1 Sektion *Scorodon* Koch *sensu strictissimo*
Typus: *A. moschatum* L.
14.2 Sektion *Oreiprason* F. Herm. (incl. Sektion *Petroprason* F. Herm.)
Typus: *A. saxatile* M. Bieb.
14.3 Sektion *Falcatifolia* Friesen
Typus: *A. carolinianum* DC.
14.4 Sektion *Daghestanica* (Tscholok.) Friesen (2 Untersektion)
Typus: *A. daghestanicum* Grossh.

15. Untergattung Cepa (Mill.) Radić
Typus: *A. cepa* L.
15.1 Sektion *Cepa* (Mill.) Prokh.
Typus: *A. cepa* L.
15.2 Sektion *Annuloprason* T.V. Egorova.
Typus: *A. fedtschenkoanum* Regel
15.3 Sektion *Condensatum* Friesen
Typus: *A. condensatum* Turcz.
15.4 Sektion *Sacculiferum* P.P. Gritz.
Typus: *A. thunbergii* G. Don (*A. sacculiferum* Maxim.)
15.5 Sektion *Schoenoprasum* Dumort.
Typus: *A. schoenoprasum* L.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Abb. 6: Modifizierter Stammbaum der Gattung *Allium*, basierend auf rDNA ITS Sequenzen. Bootstrapwerte sind unter den Zweigen und Dekay Index Daten über den Zweigen gezeigt. Bootstrapwerte, höher als 75 %, werden als Sternchen dargestellt. Die neue Klassifikation der Gattung ist auf der rechten Seite gezeigt. (aus Friesen et al., 2006, mit Veränderungen).



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

4 Entstehung von Kulturpflanzen

Der Einsatz von verschiedenen molekularen Markern ermöglicht die Aufklärung sehr unterschiedlicher Fragestellungen aus den Bereichen Phylogenie, Artbildung und Biogeographie. Anhand dieser Sammlungen sind bereits für mehrere *Allium* Arten die taxonomischen und biogeographischen Untersuchungen durchgeführt worden(Friesen & Klaas, 1998, Friesen & Hermann, 1998, Friesen & Blattner, 2000, Friesen et al., 2000). Der Einsatz der molekularen Methoden kann auch Fragen zur Entstehung von Kulturpflanzen klären: Wie und wo sind die heutigen Kulturpflanzen entstanden? Wer sind die Vorfahren der Kulturpflanzen? Wie sind die Verwandtschaftsbeziehungen mit wild in der Natur vorkommenden Arten? Sind Sie einmal oder mehrfach in Kultur genommen? Die Kenntnisse über die Domestikation der *Allium* Kulturarten sind sehr unterschiedlich (Hanelt, 2001; Fritsch & Friesen, 2002). Bei einigen Kulturarten sind noch keine direkten Vorfahren unter den Wildarten bekannt (wie z. B. für Knoblauch, *Allium sativum*, Maaß & Klaas, 1995), bei anderen sind es mehrere Wildarten, die als direkte

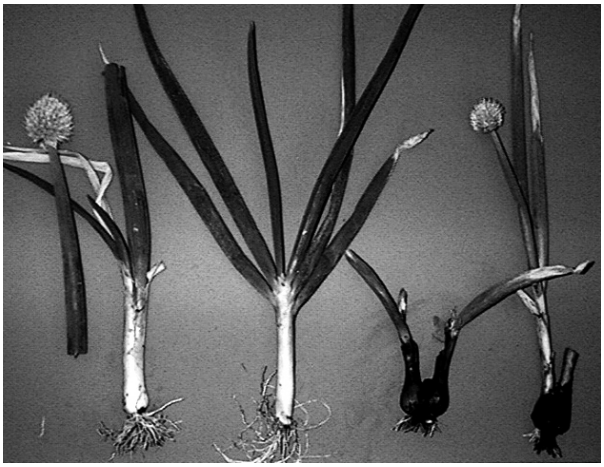


Abb. 7: *Allium fistulosum* (links) und *A. altaicum* (rechts).

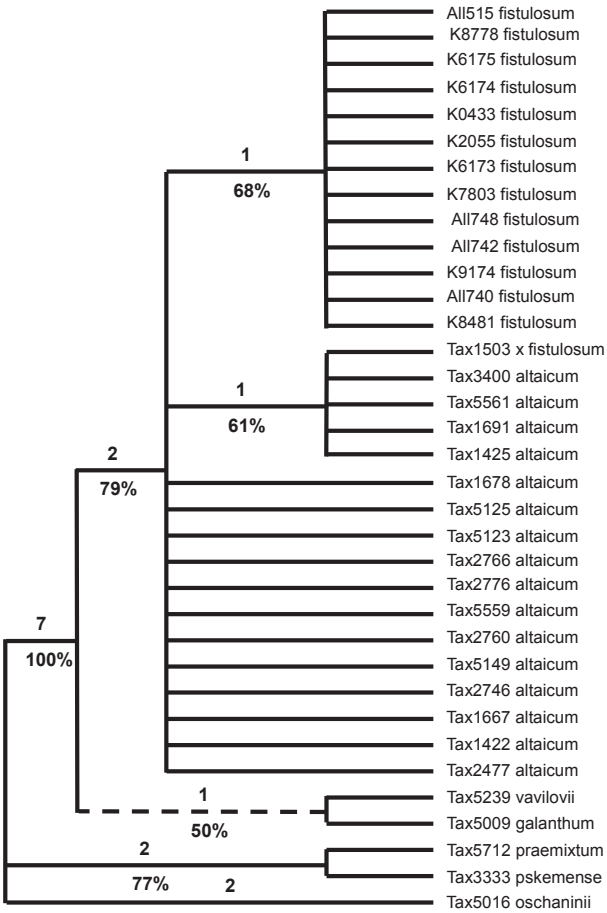


Abb. 8: Konsensusbaum einer Parsimony Analyse von 14 cpDNA RFLP-Eigenschaften. Ziffern über den Zweigen weisen auf die Zahl der Transformations-Merkmale hin, die die jeweilige Klade unterstützten. Unter den Zweigen sind Bootstrapdaten (%) angegeben.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

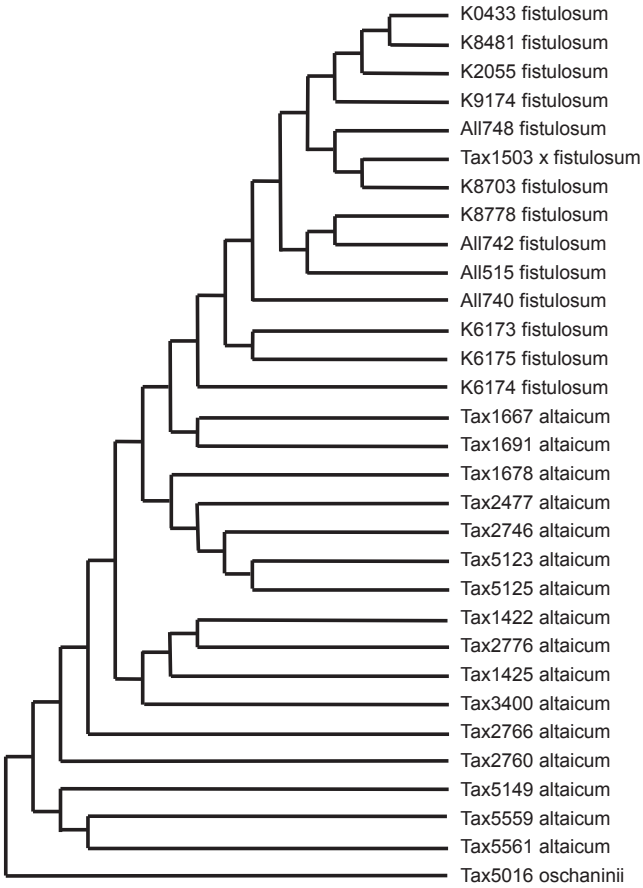


Abb. 9: Neighbor-Joining Stammbaum von 31 Akzessionen von drei *Allium* Arten aus der Sektion Cepa, basierend auf 126 RAPD-Merkmalen (*A. altaicum* -16 acc., *A. fistulosum* - 14 acc., und *A. oschaninii* -1 acc.).

Vorfahren in Frage kommen (Küchenzwiebel, *Allium cepa*, Gurushidse et al., 2007), und bei dritten gibt es sehr nahe verwandte Wildarten in der Natur (Winterlauch, *A. fistulosum – A. altaicum*; Chinesischer Schnittlauch, *A. tuberosum – A. ramosum*). An zwei Beispielen möchte ich zeigen, wie die zahlreichen Akzessionen in den *Allium* Sammlungen des IPK Gatersleben und des BG Osnabrück es ermöglicht haben, mit molekularen Untersuchungen Fragen zur Evolution von *Allium*-Kulturpflanzen zu klären.

4.1 Entstehung der Winterzwiebel - *Allium fistulosum* (Friesen et al., 1999)

Die Winterzwiebel, *Allium fistulosum*, spielt im europäischen Gartenbau nur eine sehr geringe Rolle, jedoch ist sie in Ost-Asien mit dem größten Anbauareal von Alters her die wichtigste Kulturart der Gattung *Allium*. *A. fistulosum* hat in *Allium altaicum* die nächste verwandte Wildart (Abb. 7). Obwohl die wilde Art *A. altaicum* sehr große morphologische, karyologische und genetische Ähnlichkeit mit Winterzwiebeln zeigt und dazu auch fruchtbare Hybride zwischen diesen beiden Arten vorkommen, wurden zwei unterschiedliche Hypothesen über die Domestikation vorgeschlagen: 1 - *A. altaicum* ist ein direkter Vorfahre von *A. fistulosum* (Ledebour, 1830, Regel, 1875); 2 – *Allium altaicum* und *A. fistulosum* sind Schwesternarten und entstanden aus einer ausgestorbenen *Allium*-Art aus Nord-China (Prokhanov, 1930, Li, 1970).

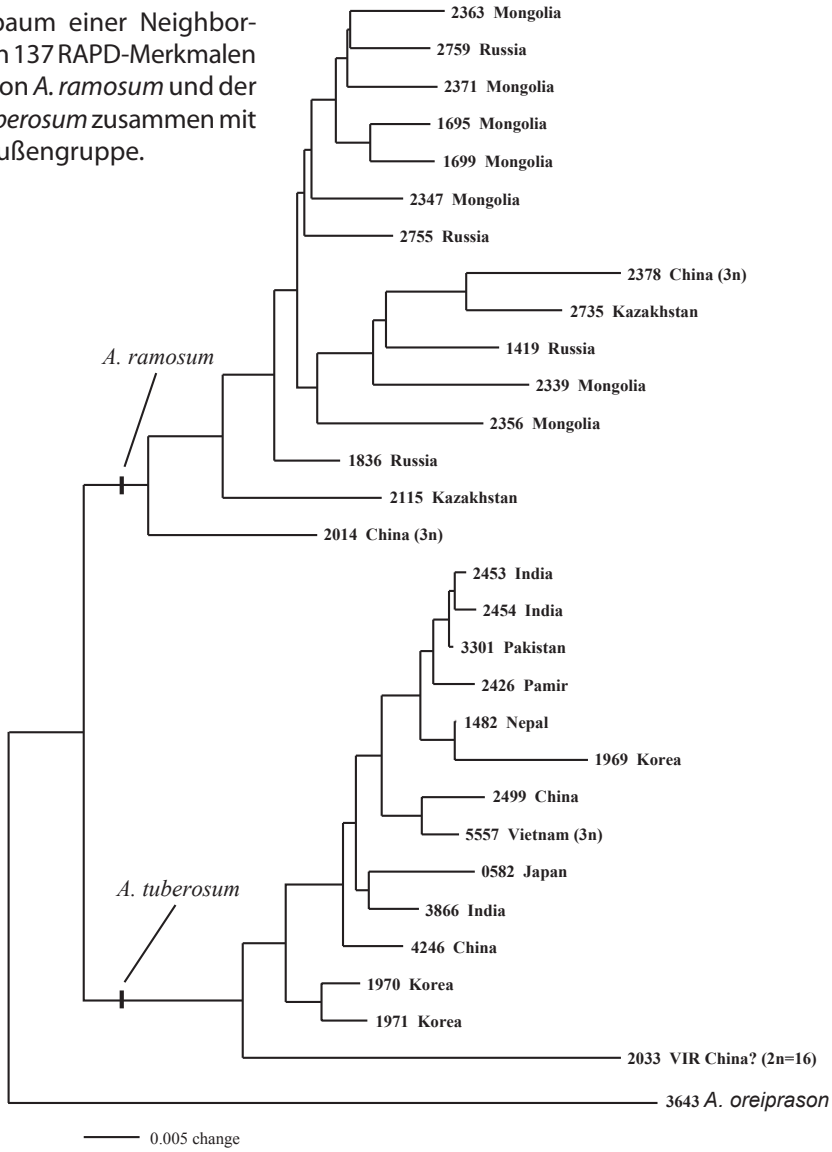
Der Ursprung der Winterzwiebel und ihr Verhältnis zur wilden Verwandten *A. altaicum* wurde mit PCR RLFP (restriction length fragment polymorphism) von fünf nicht kodierenden Bereichen der Chloroplasten DNA (cpDNA) und mit RAPD (random amplified polymorphism DNA) Analysen der nuklearen DNA untersucht. Beide Verfahren kann man zu den Fingerabdruck verfahren oder „Fingerprints) zählen, die individuelle Unterschiede aufdecken können. Sechzehn Akzessionen von *A. altaicum* sowie 14 Akzessionen von *A. fistulosum*, die die gesamte morphologische Variabilität beider Arten repräsentieren, wurden

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.


```
A. altaicum TAX1422   TTGTAGTACAAATGCACGGAAC------------------TATTACTATTTCATCTAAGTTAGA
A. altaicum TAX2760   TTGTAGTACAAATGCACGGAAC------------------TATTACTATTTCATCTAAGTTAGA
A. fistulosum ALL742  TTGTAGTACAAATGCACGGAACTATTACTATTTCATCTAATATTACTATTTCATCTAAGTTAGA
A. fistulosum K6175   TTGTAGTACAAATGCACGGAACTATTACTATTTCATCTAATATTACTATTTCATCTAAGTTAGA
A. fistulosum ALL515  TTGTAGTACAAATGCACGGAACTATTACTATTTCATCTAATATTACTATTTCATCTAAGTTAGA
```

Abb. 10: DNA - Alignment eines Teiles des psaA-trnS (GGA) Fragmentes der cpDNA, mit einer Sequenzverdoppelung der benachbarten Region bei *Allium fistulosum* Akzessionen (unterstrichen).

Abb. 11: Stammbaum einer Neighbor-Joining Analyse von 137 RAPD-Merkmalen von Akzessionen von *A. ramosum* und der Kulturpflanze *A. tuberosum* zusammen mit *A. oreiprason* als Außengruppe.



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

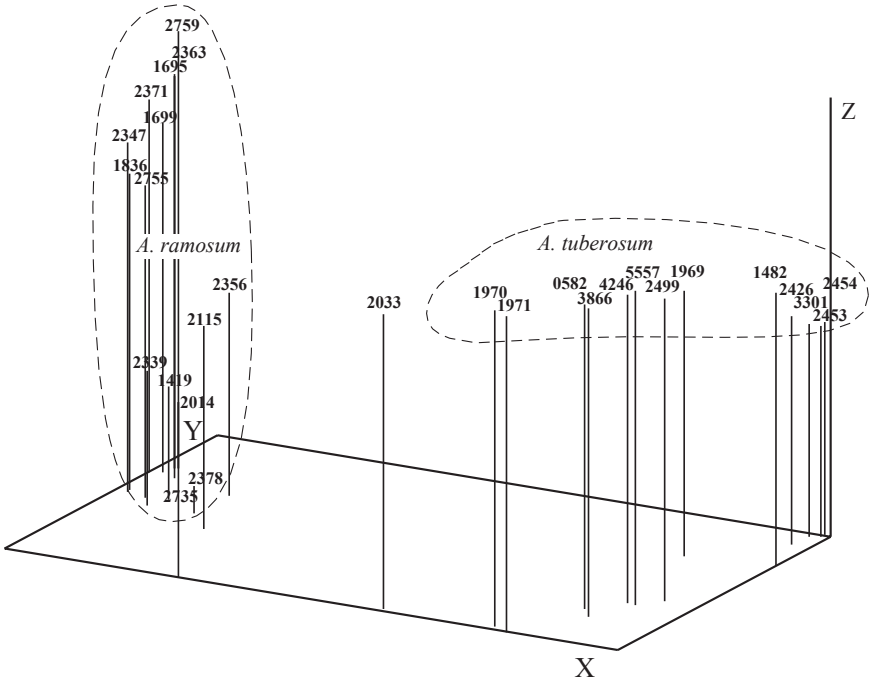


Abb. 12: Hauptkomponentenanalyse von 137 RAPD-Merkmalen von Akzessionen von *A. ramosum* und der Kulturpflanze *A. tuberosum*.

untersucht (Abb. 8, 9). Molekulare Merkmale führen zu der eindeutigen Aussage, dass die Domestikation von Winterzwiebel einen einzigen Ursprung hat und dieser bei *Allium altaicum* zu suchen ist. Bei allen Akzessionen von *A. fistulosum* haben wir in einem Fragment der cpDNA eine 19 Nukleotid lange Verdoppelung (Abb. 9) gefunden. Solche Verdoppelungen konnten höchst wahrscheinlich nur einmal in der Evolution an der gleichen Stelle entstehen. Das bedeutet, dass Winterlauch nur einmal in Kultur genommen wurde und hunderte von *A. fistulosum* Sorten nur aus einer *A. altaicum* - Population, die diese Verdoppelung aufweist, stammen. Leider haben wir diese spezifische Population nicht gefunden; es kann auch sein, dass sie ausgestorben ist. Im Vergleich zu *A. altaicum* zeigen die kultivierten Pflanzen der Winterzwiebel weniger genetische Variabilität, ein Phänomen, das wegen des einmaligen Domestikationsereignisses oft in Kulturarten zu beobachten ist.

4.2 Entstehung des Chinesischen Schnittlauches - *Allium tuberosum* (Blattner & Friesen, 2006).

In China gehört *Allium tuberosum* zu den ältesten kultivierten Pflanzen, die hier und in Japan eine wichtige Rolle spielt und die zweithäufigste Kulturart von *Allium* darstellt. Die Abgrenzung zu der sibirisch-mongolischen Wildart *Allium ramosum* nach morphologischen Merkmalen ist nicht eindeutig. Beide Sippen sind tetraploid (2n=32) und unterscheiden sich nur in ihrer Blütenphenologie: *A. ramosum* ist eine frühblühende Art (Juni) und *A. tuberosum* blüht im Spätsommer.

Eine große Zahl von Akzessionen von beiden Arten in der *Allium* Sammlung hat uns ermöglicht, eine Vergleichsanalyse mit der

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

RAPD Methode durchzuführen. Im Neighbor-Joining (NJ) Stammbaum (Abb. 11) erscheinen *Allium ramosum* und *A. tuberosum* als Schwestergruppen, und nicht, wie es zu erwarten war, dass Akzessionen von *A. tuberosum* innerhalb des vermuteten wilden Vorfahren positioniert sind. Das heißt, dass beide Arten einen gemeinsamen Vorfahren haben, aber seit längerer Zeit getrennte Entwicklungswege gehen. Es ist sehr interessant, das die einzige diploide (2n=16) Akzession Tax 2033 von *A. tuberosum* in der Haupt Komponenten Analyse (principal compound analysis = PCA) räumlich gerade zwischen beiden Arten positioniert ist (Abb. 12). Vermutlich müssen wir den direkten Vorfahren von *A. tuberosum* und *A. ramosum* innerhalb der diploiden Pflanzen suchen, die vor Kurzem in China gefunden wurden (Yang et al. 1998).

Literatur

APG II. The Angiosperm Phylogeny Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: Bot J Linn Soc, 141: 399-436.

Blattner, F.R. & Friesen, N. 2006. Chapter 10. Relationship between Chinese chive (*Allium tuberosum*) and its putative progenitor *A. ramosum* as assessed by random amplified polymorphic DNA (RAPD). In: M.A. Zeder, D. Decker-Walters, D. Bradley, & B.D. Smith (Eds.) Documenting Domestication: New Genetic and Archaeologocial Paradigms. pp. 134-142. University of California Press.

Dahlgren R. & Clifford H. T. 1982. The monocotyledons: A comparative study. Academic Press. London, New York.

Don G. 1832. A monograph of the genus *Allium*. Memoirs of the Wernerian Natural History Society. Volume 6. Edinburgh: Adam Black - North Bridge.

Gregory M., Fritsch R. M., Friesen N., Khassanov F. O. & McNeal D. W. 1998. Nomenclator Alliorum: *Allium* names and synonyms - a world guide. Kew: Royal Botanic Gardens.

Fay, M. F. & M. W. Chase. 1996. Resurrection of Themidaceae for the Brodiae alliance, and recimcumscription of Alliaceae, Amarylidaceae and Agapanthoideae. *Taxon* 45: 441-451.

Friesen N., Fritsch R. & Bachmann K. 1997. Hybrid origin of some ornamental *Alliums* of subgenus Melanocrommyum verified with GISH and RAPD. Theor. Appl. Gen. 95: 1229-1238.

Friesen N. & N. Herrmann. 1998. Taxonomy, chorology and evolution of *Allium lusitanicum* - the European *„A. senescens"*. Linzer Biologische Beiträge. 31: 815-830.

Friesen N. & Klaas M. 1998. Origin of some minor vegetatively propagated *Allium* crops studied with RAPD and GISH. Genetic Resources and Crop Evolution. 45: 511-523.

Friesen N., Pollner S., Bachmann K. & Blattner F. 1999. RAPDs and non-coding chloroplast DNA reveal a single origin of the cultivated *Allium fistulosum* from *A. altaicum*. American Journal of Botany. 86.4: .554-562.

Friesen N., R. Fritsch, S. Pollner and F. R. Blattner. 2000. Molecular and morphological evidence for an Origin of the Aberrant Genus *Milula* within Himalayan Species of *Allium* (Alliacae). Molecular Phylogenetics and Evolution. 17: 209-218.

Friesen N. & F. R. Blattner. 2000. Geographical isolation predominates over ecological differentiation in the phylogeny of *Allium* section Schoenoprasum (Alliaceae). Plant Biology. 2: 297-305.

Friesen N., Fritsch R. M. & Blattner F. R. 2006. Phylogeny and new infrageneric classification of *Allium* L. (Alliaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences. Aliso. 22, pp. 372-395.

Fritsch R. M. 2005. Arznei- und Gewürzpflanzen in der Gattung *Allium* L. Ihre systematische Einordnung von Linné bis zur Gegenwart. Z. Arzn. Gew.Pfl., 10: 125-132.

Fritsch R. M. & N. Friesen, N. 2002. Chapter 1. Evolution, domestication, and taxonomy. IN: H. D. Rabinowitch and L. Currah, Eds., Advances in Allium Science, CABI Publishing, Wallingford, U.K., pp. 5-30.

Gurushidze M., S. Mashayekhi, F. R. Blattner, N. Friesen & R. M. Fritsch. 2007. Phylogenetic relationships of wild and cultivated species of *Allium* section *Cepa* inferred by nuclear rDNA ITS sequence analysis. Pl Syst Evol 269: 259-269.

Hanelt, P., Schultze-Motel, J., Fritsch, R., Kruse, J., Maaß, H.I., Ohle, H. & Pistrick, K. (1992) Infrageneric grouping of *Allium* - the Gatersleben ap-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

proach. In: Hanelt, P., Hammer, K. and Knüpffer, H. (eds.) The Genus *Allium* - Taxonomic Problems and Genetic Resources. (Proc. Int. Symp. Gatersleben, June 11-13, 1991). IPK, Gatersleben, pp. 107-123.

Hanelt P. 2001. Alliaceae. In: Hanelt P, IPK Gatersleben, editor. Mansfeld's encyclopedia of agricultural and horticultural crops (except ornamentals). Berlin: Springer; pp. 2250-2269.

Hanelt, P. and R. Fritsch. 1994. Notes on some infrageneric taxa in *Allium* L. Kew Bulletin 49: 559-564.

Kamelin R. V. 1973. Florogeneticheskij Analiz Estestvennoj Flory Gornoj Srednej Azii. Leningrad: Nauka, 355.

Kamenetsky R. & R. M. Fritsch, 2002. Chapter 19. Ornamental *Alliums*. In: H. D. Rabinowitch and L. Currah, Eds., Advances in Allium Science, CABI Publishing, Wallingford, U.K., pp. 459-491.

Ledebour, C. F. 1830. Flora Altaica, vol. 2. Types et impensis G. Reimeri, Berolini (Berlin).

Li, H.-L. 1970. The origin of cultivated plants in Southeast Asia. Economic Botany 24: 3-19.

Linné, C. von (1753) Species Plantarum. Holmiae, pp. 294-302.

Maaß H., Klaas M. 1995. Infraspecific differentiation of garlic (*Allium sativum* L.) by isozyme and RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 91: 89-97.

Prochanov, J. I. 1930. A contribution to the knowledge of the cultivated *Alliums* of China and Japan. *Trudy prikladnoi botaniki, genetiki i selekcii* 24, 123–188.

Regel, E. 1875. Alliorum adhuc cognitorum monographia. Acta Horti Petropolitani 3, 1-266.

de Sarker, D., Johnson, M. A. T., Reynolds, A. and Brandham, P. E. 1997. Cytology of the highly polyploid disjunct species, *Allium dregeanum* (Alliaceae), and of some Eurasian relatives. Bot. J. Linn. Soc. 124 (4), 361-373.

Stearn, W. T. 1978. European species of *Allium* and related genera of Alliaceae: a synonymic enumeration. Ann. Mus. Goulandris 4: 83-198.

Traub H. P. 1972. Genus *Allium* L. - subgenera, sections and subsections. Plant Life. 28: 132-136.

Wendelbo P. 1969. New subgenera, sections and species of *Allium*. Bot. Notiser. 122,1:25-37.

Yang L., Xu j-M., Zhang X-L. and Wan H-Q. 1998. Karyotypical studies of six species on the genus *Allium*. Acta Phytotaxonomica Sinica 36: 36-46.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 2008

Band/Volume: 33-34

Autor(en)/Author(s): Friesen Nikolai W.

Artikel/Article: Die Gattung Allium – Taxonomischer Überblick und wissenschaftliche Sammlung im Botanischen Garten der Universität Osnabrück 95-110