

# 1 Einleitung

Die Heliotropiaceae Schrad. (= Heliotropioideae [Schrad.] Arn., Boraginaceae *s.l.*) umfassen etwa 450 Arten und sind vor allem in den tropischen, subtropischen und warm-temperierten Zonen aller Kontinente verbreitet. Das Wuchsformenspektrum reicht von annuellen Kräutern bis hin zu mehrere Meter hohen Sträuchern, Bäumen und Lianen. Die tetrazyklischen, pentameren, actinomorphen Blüten zeichnen sich durch verwachsene Kronblätter und ein oberständiges, bicarpellates Gynoeceum aus. Der terminale Griffel endet in einem komplex aufgebauten, konischen Narbenkopf mit ringförmiger Narbe und einem sterilen Apex. Diese in der Literatur als Griffel-Narben-Komplex (GÜRKE 1897, KHALEEL 1978, FÖRTHNER 1998) bezeichnete Struktur ist charakteristisch für die Heliotropiaceae und findet sich bei allen Vertretern dieser Familie (Abbildungen 1-1 bis 1-18).

Traditionell werden die Heliotropiaceae als eine von vier Unterfamilien innerhalb der Boraginaceae *s.l.* Juss. definiert (GÜRKE 1897): Boraginoideae, Cordioideae, Ehretioideae und Heliotropioideae. Verschiedene Autoren haben mehrfach, zum Teil basierend auf morphologisch-anatomischen Untersuchungen, eine oder mehrere Unterfamilien in den Rang eigenständiger Familien erhoben (ROSANOFF 1866, SVENSON 1925, DIFULVIO 1979, COCUCCI 1983, DAHLGREN 1983, TAKHTAJAN 1986). Aktuelle molekularbiologische Analysen zeigen, dass die „Boraginaceae“ *s.l.* (GÜRKE 1897) polyphyletisch sind und die Hydrophyllaceae *s.str.* (z.B. CHASE *et al.* 1993, BÖHLE & HILGER 1997, FERGUSON 1999) wie auch die parasitischen Lennoaceae (SMITH & DEPAMPHLIS 1998, SMITH *et al.* 2000, OLMSTEAD & FERGUSON 2001) einschließen. Folglich sind entweder die Hydrophyllaceae *s.str.* und Lennoaceae in die Boraginaceae zu integrieren oder die Unterfamilien der Boraginaceae *s.l.* als eigenständige Familien anzuerkennen.

*Heliotropium* und *Tournefortia* sind mit jeweils mehr als 100 Arten die artenreichsten und auch nomenklatorisch ältesten Gattungen (LINNÉ 1753) dieser Familie. Herkömmlich wird *Heliotropium* über die trockenen Früchte, die bei Reife in ein- bis zweisamige Merikarpide zerfallen, charakterisiert (Abb. 1-13 bis 15), wohingegen die Arten der ausschließlich pantropisch verbreiteten Gattung *Tournefortia* Steinfrüchte ausbilden (Abb. 1-16 und 18). Aufgrund von Abweichungen in der Wuchsform und der Fruchtanatomie haben verschiedene Autoren (z.B. DECANDOLLE 1845, GÜRKE 1893, JOHNSTON 1935) sukzessiv weitere, oft

monotypische, Gattungen aufgestellt und damit zu einer zunehmenden Verwirrung innerhalb der Heliotropiaceae beigetragen.

Die letzten umfangreichen morphologisch-anatomischen Untersuchungen zur Familie der Heliotropiaceae erfolgten von FÖRTHNER (1998), dessen Ergebnisse zu einer Neuordnung dieser Familie führten. In seiner Arbeit erkennt er folgende acht Gattungen an: *Argusia* Böhm., *Ceballosia* Kunkel, *Heliotropium* L., *Hilgeria* Förther, *Ixorhea* Fenzl, *Nogalia* Verdc., *Schleidenia* Endl. und *Tournefortia* L. Für die Gattung *Heliotropium* L wird eine Unterteilung in insgesamt 19 Sektionen vorgeschlagen und ausführlich beschrieben.

<b>Gattung</b>	<b>Artenzahl</b>	<b>Verbreitung</b>
<i>Argusia</i> Böhm.	2-3 Arten	Mittelasien
<i>Ceballosia</i> Kunkel	1 Art, 2 subsp.	Makaronesien
<i>Heliotropium</i> L.	ca. 300 Arten in 19 Sektionen	weltweit
<i>Hilgeria</i> Förther	3 Arten	Westindien
<i>Ixorhea</i> Fenzl	1 Art	Argentinien
<i>Nogalia</i> Verdc.	1 Art, 2 subsp.	Somalia und SW-Arabien
<i>Schleidenia</i> Endl.	6-8 Arten	M/S-Amerika, Karibik, Afrika, Madagaskar, Indien
<i>Tournefortia</i> L	ca. 150 Arten in 2 Sektionen	pantropisch

Tab. 1-1. Gattungsübersicht der Heliotropiaceae mit Artenzahl und Verbreitung nach FÖRTHNER (1998).

Zur systematisch-phylogenetischen Gliederung innerhalb der Heliotropiaceae liegen bislang keine Untersuchungen vor. Die Monophylie einzelner Taxa wurde jedoch von verschiedenen Autoren in Frage gestellt. So weisen die beiden von JOHNSTON (1930) aufgestellten Sektionen der Gattung *Tournefortia* bis auf die definitionsgemäße Ausbildung von Steinfrüchten und eine mehr oder weniger lianenförmige Wuchsform große Unterschiede in der Frucht- und Blütenmorphologie auf, die bereits JOHNSTON (1930) an der Einheitlichkeit dieser Gattung hat zweifeln lassen. Er erwähnt, dass die von ihm aufgestellte *Tournefortia* Sektion *Cyphocyema* möglicherweise näher mit der *Heliotropium* Sektion *Orthostachys* verwandt sein könnte, ohne jedoch seine Überlegungen näher auszuführen. Weitere Hinweise finden sich in der Arbeit von FÖRTHNER (1998). Er zweifelt die Monophylie der Gattung *Heliotropium* an. Aus der bereits von

JOHNSTON (1928) bearbeiteten Sektion *Orthostachys*, die durch ein Merkmalsspektrum definiert ist, das sich stark von den übrigen Arten der Gattung unterscheidet, gliederte FÖRTHER (1998) die von JOHNSTON (1928) aufgestellte Subsektion *Axillaria* aus. Er führte für diese Arten die Gattung *Schleidenia* wieder ein. Zur dieser Gattung merkt FÖRTHER (1998) an, daß sie vermutlich verwandtschaftlich weiter von der Gattung *Heliotropium* entfernt steht als von der Gattung *Tournefortia*.

Innerhalb der Heliotropiaceae stellt nach wie vor die Fruchtmorphologie (Merikarpid vs. Steinfrucht) das wesentliche Schlüsselmerkmal zur Gattungsdefinition dar. Dies führte möglicherweise dazu, dass andere Merkmale, die phylogenetisch-systematische Zusammenhänge aufzeigen könnten, nicht weiter beachtet wurden. Mit Hilfe der molekularen Systematik werden phylogenetische Hypothesen erstellt, die es ermöglichen, sich von den etablierten Merkmalen, wie zum Beispiel der Fruchtmorphologie, zu lösen. Anschließend erfolgt eine erneute Überprüfung der aufgestellten Hypothesen unter Einbezug morphologisch-anatomischer Daten.

Die Ziele der Arbeit lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Das von FÖRTHER (1998) aufgestellte Gattungskonzept für die Heliotropiaceae wird auf molekularer Ebene überprüft. Dazu werden Sequenzen der ITS1-Region der nrDNA sowie des *trnL<sub>UAA</sub>* introns der cpDNA untersucht.
- Im Rahmen der molekularen Untersuchungen wird ermittelt, welche Rolle die Sekundärstruktur der ITS1-Sequenzen für eine optimale Datenauswertung spielt.
- Die molekularen phylogenetischen Hypothesen werden unter Einbezug morphologisch-anatomischer Daten überprüft. Hierzu erfolgen umfangreiche morphologisch-anatomische Untersuchungen. Das Ziel ist eine robuste Hypothese zur Phylogenie der Heliotropiaceae.
- Das abschließende Ziel ist eine zusammenfassende Charakterisierung der Heliotropiaceae. Die identifizierten, robusten Monophyla werden definiert, wobei insbesondere auf bislang unbeachtete morphologisch-anatomische Merkmalskomplexe eingegangen wird.

Dieser Doktorarbeit zugrunde liegende Publikationen und Manuskripte sind jeweils in den einzelnen Kapiteln als Fußnote angeführt.