

Zum taxonomischen Rang zweier kritischer Sippen der Gattung *Gagea* in Mitteleuropa

Heino John, Angela Peterson und Jens Peterson

1 Einleitung und Fragestellung

Innerhalb der Gattung *Gagea* beanspruchen in Deutschland zwei Fragestellungen die Aufmerksamkeit der Feldbotaniker: Zum einem stellt sich die Frage, ob es in Deutschland neben der Sippe *Gagea bohemica* ssp. *saxatilis* (MERT. & W. D. J. KOCH) ASCH. & GRAEBN. tatsächlich eine „echte“ östliche Sippe der Art *Gagea bohemica* (ZAUSCHN.) SCHULT. & SCHULT. fil. gibt, die als *G. bohemica* ssp. *bohemica* beschrieben wird (ROTHMALER 2002). Zum anderen wird nach der in Deutschland seltenen Sippe *Gagea pomeranica* RUTHE gesucht, die offensichtlich eine Mittelstellung zwischen *G. lutea* und *G. pratensis* einnimmt und die von manchen Autoren auch als Hybrid dieser beiden Arten angesehen wird (ROTHMALER 2002).

Gagea bohemica

Der vom Mittelmeerraum bis hin nach Mittel- und Südosteuropa verbreitete *G. bohemica*-Komplex gilt als formenreich. Für Mitteleuropa sind zwei Sippen nachgewiesen, die teils als Arten: *G. bohemica* (ZAUSCHN.) SCHULT. & SCHULT. fil. und *G. saxatilis* (MERT. & W. D. J. KOCH) SCHULT. & SCHULT. fil. (RICHARDSON 1980), teils als Unterarten: *G. bohemica* ssp. *bohemica* und *G. bohemica* ssp. *saxatilis* (MERT. & W. D. J. KOCH) ASCH. & GRAEBN. (ROTHMALER 2002) aufgefasst werden. *G. bohemica* besitzt in Sachsen-Anhalt noch relativ reiche Vorkommen. Bei den Geländebeobachtungen fiel immer wieder auf, dass die Pflanzen morphologisch uneinheitlich sind, oft innerhalb einer Population, aber auch, wenn man die morphologischen Unterschiede der Pflanzen verschiedener Populationen miteinander vergleicht. Erstmals gab ASCHERSON (1866), der die beiden Sippen auf Artebene trennte, *G. bohemica* von Magdeburg an: „zwischen Buckau und Fermersleben am Schwalbeufer in Gesellschaft der vorigen“ [*Gagea saxatilis*] 4 Ex., gefunden von BANSE & HARTMANN. ZOBEL (1905) gab zusätzlich noch Bernburg als Fundort an. HEGI (1907) gibt neben der allgemein verbreiteten Sippe *Gagea saxatilis* KOCH noch die nur bei Bernburg und Magdeburg vorkommende Sippe *Gagea zauschneri* PASCHER (= *G. bohemica* ssp. *bohemica*) an. EBERT (1929) schreibt: „Bei Bernburg nur die ssp. *bohemica*“. MEUSEL (1937) bemerkte, dass *G. bohemica* in Deutschland in zwei Unterarten vorkommt, die in Mitteldeutschland nicht immer scharf zu unterscheiden sind. Die Flora Europaea (RICHARDSON 1980) führt für das Gebiet Deutschlands die Sippen *G. bohemica* (ZAUSCHNER) SCHULT. & SCHULT. fil. und *G. saxatilis* (MERT. & KOCH) SCHULT. & SCHULT. fil. an. Für den halleischen Raum geben JOHN & ZENKER (1985) ebenfalls beide Unterarten an.

Das Vorkommen einer zu *G. bohemica* ssp. *bohemica* zugehörigen Sippe in Deutschland wird jedoch von anderen Botanikern als keineswegs gesichert angesehen (KORNECK et al. 1996). Hier gibt es Klärungsbedarf, da die Pflanzen der Unterart *bohemica* in den östlichen Gebieten, z.B. in Mähren, Österreich und Ungarn, tatsächlich längere und deutlicher spatelförmige Perigone besitzen als die bisher als ssp. *bohemica* bezeichneten Pflanzen in Mitteldeutschland. Da morphologische Untersuchungen allein zur Entscheidung über den Artrang, die Verwandtschaft und die systematische Stellung nicht ausreichende Antworten liefern können, wurden zusätzlich genetische Untersuchungen durchgeführt.

Gagea pomeranica

Gagea pomeranica wurde von RUTHE (1893) auf Usedom aufgefunden und als neue Art beschrieben, die sowohl von *G. lutea* als auch von *G. pratensis* abweicht. Er war der Auffassung, dass die Merkmale der beobachteten Pflanzen gegen eine Hybridnatur sprächen. Das Aussehen dieser Pflanzen wird sehr genau beschrieben. Nachfolgend wurden durch ASCHERSON & GRAEBNER (1898-1899) sowie HEGI (1907) auch für Anhalt, Thüringen und Mittelfranken Funde dieser Sippe angegeben. PASCHER (1904) sah *G. pomeranica* als Hybrid *G. lutea* × *pratensis* an. HEGI (1907) ordnete sie unter *G. pratensis* als ssp. *pomeranica* R. RUTHE ein. STROH (1937) fasste sie als var. *pomeranica* der sonst vielgestaltigen Art *G. pratensis* auf.

HENKER (2000, 2004, pers. Mitt.) wies bei gründlicher Nachsuche im Gebiet von Mecklenburg-Vorpommern aktuelle Fundorte von Populationen dieser Sippe nach, meist ohne gleichzeitiges Auftreten von *G. lutea* und *G. pratensis*. In dieser Region existiert möglicherweise ein relativ geschlossenes Verbreitungsareal von *G. pomeranica*. Daneben fand HENKER (1985) allerdings auch regelmäßig *G. pomeranica*-ähnliche Pflanzen in Mischbeständen von *G. lutea* und *G. pratensis*, die er an diesen Fundorten als Hybriden ansieht.

Außerhalb Mecklenburg-Vorpommerns scheint diese Sippe nur selten oder sehr selten aufzutreten. Neuere Angaben über das Auffinden von *G. pomeranica* liegen von WITTENBERGER (1977) aus Offenbach in Hessen und Radobyl im Böhmisches Mittelgebirge, nach ROTHMALER (1976) von Tantow und Carolinenthal und von GATTERER & NEZADAL (2003) für Mittelfranken vor.

Für Sachsen-Anhalt wurde *G. pomeranica* von ZOBEL (1905): „Gebüsch a. d. Wipper b. Giersleben“ und von EBERT (1929): „zwischen Eickendorf und Zens, an der Wipper bei Giersleben“ angegeben. Aktuelle Nachweise von diesen Fundorten gelangen bisher nicht, und Belege konnten bisher von diesen Fundorten nicht gesehen werden.

Nach GROßE & JOHN (1987) sowie JOHN & ZENKER (1978) wurde *G. pomeranica* bzw. dieser Sippe ähnliche Pflanzen auch bei Halle gefunden. WEINERT (1977) hat einen Fund einer *G. pratensis*-Form mit angenäherten *G. pomeranica*-Merkmalen am Pfingstberg bei Latdorf unweit Bernburg zum Anlass genommen, die Frage nach dem Vorkommen der Sippe *G. pomeranica* erneut aufzuwerfen und zur Suche nach dieser Sippe und ihrer gründlichen Untersuchung aufzurufen. Bei dieser Sippe sind zahlreiche morphologisch-taxonomische und Chromosomenuntersuchungen (HENKER 2004) vorgenommen worden, die noch immer nicht zu einer endgültigen Klärung des Status und der Herkunft dieser Art geführt haben. Wir haben versucht, diese Fragen durch gezielte Untersuchung von DNA-Sequenzen in bestimmten, phylogenetisch informativen Bereichen der Erbsubstanz zu lösen.

2 Ausgewählte Pflanzen und Fundorte

Gagea bohemica

Bei den Geländebegehungen in Sachsen-Anhalt wurden Pflanzen bewusst nach morphologisch-taxonomischen Gesichtspunkten ausgewählt (Tab. 1, 2 und 3). Diese sollten nach ihren morphologischen Merkmalen entweder den Unterarten *saxatilis* oder *bohemica* zuzuordnen sein oder aber Formen angehören, die beiden Sippen nicht eindeutig zuordenbar sind. Zur Ergänzung wurden Pflanzen von einigen Fundorten aus Rheinland-Pfalz (mit freundlicher Unterstützung von D. KORNECK, Wachtberg) herangezogen. Zum Vergleich wurden einer Population bei Ivančice (Eibenschütz) in Mähren; Tschechische Republik, (vgl. HEGI 1907) ebenfalls Pflanzen zur Untersuchung entnommen. In Tab. 3 sind die morphologisch-taxonomischen Beispiele des Komplexes *G. bohemica*, die von den verschiedenen Fundorten ausgewählt wurden, mit den morphologischen Hauptunterscheidungsmerkmalen zusammengestellt.

Gagea pomeranica

Aus Sachsen-Anhalt lagen einige eigene Aufsammlungen vor, die aber hinsichtlich der taxonomischen Zuordnung unsicher erschienen. Die Suche nach dieser Sippe wurde von uns intensiviert, nachdem Herr HENKER aus Neukloster zur Lieferung von lebendem *G. pomeranica*-Material aufgerufen hatte, das zur Zählung der Chromosomen dienen sollte. Zunächst wurden alle von uns an Herrn HENKER gesandten Pflanzen von ihm als Formen von *G. pratensis* revidiert. Daraufhin baten wir um Zusendung lebenden, authentischen Materials von *G. pomeranica* aus Mecklenburg-Vorpommern. Herr HENKER kam dieser Bitte nach mit einer Aufsammlung aus Stolpe bei Anklam (Tab. 4, *G. pom.* 3). Erst nach genauem Augenschein der lebenden Pflanze, die im Blumentopf gezogen wurde, gelang es am 30. April 2000, einen Fundort in Sachsen-Anhalt im Waldsaum NNO Rothenschirmbach aufzufinden. An diesem Fundort konnte *G. pomeranica* bisher jährlich wieder gefunden werden.

Herr HENKER bestätigte die Zugehörigkeit der bei Rothenschirmbach gefundenen Pflanzen (Tab. 4, *G. pom.* 1 und 2) zur Sippe *G. pomeranica*. Nachträglich konnte Herr HENKER beim Studium von Belegen des Gaterslebener Herbars einen Fund von SCHUSTER im Jahre 1895, der die Pflanze als *G. pratensis* einordnete, als *G. pomeranica* identifizieren („Zwischen Rothenschirmbach und Hornburg unweit Eisleben“) (HENKER, mündl. Mitt.).

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Morphologische Befunde

Gagea bohemica

In Tabelle 1 sind die morphologischen Hauptunterscheidungsmerkmale der *G. bohemica*-Unterarten dargestellt (siehe auch Abb. 1, Tab. 3).

Tab. 1: Morphologische Hauptunterscheidungsmerkmale der bestimmungskritischen Sippen

| | <i>G. bohemica</i> ssp. <i>bohemica</i> | <i>G. bohemica</i> ssp. <i>saxatilis</i> |
|---|---|---|
| Form der Perigonblätter | spatelförmig, verlängert, vorn verbreitert und abgerundet | lanzettlich, vorn nicht verbreitert, zugespitzt |
| Länge der Perigonblätter | 13-17 mm | 10-13 mm |
| Behaarung der Blütenstiele und des Stängels | fast unbehaart bis locker absteheend behaart | dichte striegelige, dem Stängel anliegende, silberglänzende Behaarung |

Wenn diese Differenzierungen zutreffen, müssten die Pflanzen gut zuzuordnen sein. Weitere Merkmale, die in den Florenwerken genannt werden, wie Höhe der blühenden Pflanzen, Form des Fruchtknotens und Form der Grundblätter, können zur Unterscheidung mit betrachtet werden, sind aber nach unseren Erfahrungen weniger charakteristisch.

Pflanzen, die *G. b.* ssp. *bohemica* vollkommen entsprechen, finden sich tatsächlich in Mähren. Die Population von Ivančice (Population 6) zeigt alle o. g. Hauptmerkmale von ssp. *bohemica*. Die dortigen Pflanzen haben ganz ausgeprägt spatelige, verlängerte Perigonblätter, die vorn verbreitert und abgerundet sind.

In Deutschland stellen sich die Pflanzen, zumindest in Sachsen-Anhalt, morphologisch uneinheitlich dar (Tab. 3). Es finden sich welche, die ssp. *bohemica* sehr nahe kommen. Häufiger sind jedoch solche, die ssp. *saxatilis* nahe kommen oder dieser entsprechen. Dazwischen gibt es mitunter ein Kontinuum mit fließenden Übergängen. Das trifft teilweise auf ganze Populationen zu, in denen die Pflanzen sowohl mit Merkmalen von ssp. *bohemica* als auch mit Merkmalen



Abb. 1: Morphologische Unterschiede in der Form der Perigone und der Behaarung der Blütenstiele zwischen *Gagea bohemica* ssp. *bohemica* (A) und ssp. *saxatilis* (B).

von ssp. *saxatilis* auftreten. Seltener sind auch Populationen mit relativ uniformer Ausprägung anzutreffen, deren sämtliche Merkmale von ssp. *bohemica* weitgehend entsprechen. Insbesondere die Population 7 von den Lunzbergen ist sehr einheitlich und kommt den Pflanzen von Ivančice in der Ausprägung ihrer Merkmale am nächsten. Die Populationen von Wetzlin 8 und 9 sind ebenfalls der ssp. *bohemica* sehr nahestehend. In den letzteren Populationen lassen sich jedoch mitunter deutlich auch Pflanzen mit Merkmalen der ssp. *saxatilis* feststellen. Solche Pflanzen mit dem Charakter der ssp. *bohemica*, die aber nicht vollkommen den mährischen Pflanzen entsprechen, finden sich in Sachsen-Anhalt im Porphyrgelände nördlich von Halle und im Einetal zwischen Sylta und Aschersleben. Weitere Fundorte von *G. bohemica*-Populationen, in denen Pflanzen vorkommen, die Merkmale der ssp. *bohemica* besitzen, konnten wir bei Wengelsdorf in der Nähe von Weißenfels (Population 12) und an der Steinklöße bei Nebra finden. Pflanzen mit Charakter der ssp. *bohemica* fanden wir aber auch in der Population 10 in Rheinhessen, so dass die Merkmale der Unterart *bohemica* nicht nur auf Populationen in Sachsen-Anhalt beschränkt sind. Alle übrigen Populationen, die wir in Sachsen-Anhalt (Nordharz, Unstrut), Rheinhessen und an der Mosel antrafen, entsprachen dem Charakter der ssp. *saxatilis*.

Zusätzlich soll auf eine nicht in unsere detaillierten Untersuchungen einbezogene *G. bohemica*-Population an den Gabower Bergen im Odertal hingewiesen werden. Diese ist sehr monomorph. Es sind kleinblütige Pflanzen mit relativ hell- bis grünlichgelben Perigonen. Die Perigonblätter sind nur etwa 12 mm lang und mehr oder weniger spatelförmig, die Blütenstiele und der Stängel sind nicht striegelig anliegend, sondern mehr schütter abstehend behaart. Sie würden demnach am ehesten einem kleinblütigen Typ der ssp. *bohemica* entsprechen. Sie unterscheiden sich jedoch von der mährischen Population gerade durch ihre kurzen Perigonblätter und kommen in diesem Merkmal wiederum *G. bohemica* ssp. *saxatilis* nahe.

Gagea pomeranica

Pflanzen dieser Sippe sind außerhalb der Hauptverbreitung in Mecklenburg-Vorpommern erst dem geübten *Gagea*-Kundigen erkennbar. Die Pflanzen könnten auf den ersten Blick sowohl als *G. pratensis* als auch als kleine *G. lutea* angesprochen werden. Innerhalb von gemeinsam wachsenden *G. lutea*- und *G. pratensis*-Populationen deuten Pflanzen mit relativ kleinen Blüten, die häufig erst in den letzten Apriltagen erscheinen und oft breite, scheidige, den Gesamtblütenstand nicht überragende Tragblätter aufweisen, auf das Vorkommen von *G. pomeranica* hin. Eine Darstellung findet sich bei WITTENBERGER (1977).

Sicherheit über das Vorliegen einer „echten“ *G. pomeranica* gewinnt man aber erst, wenn man die Zwiebelmerkmale eingehend betrachtet (Abb. 2). Nach ROTHMALER (1976) kann man die Art daran erkennen, dass diese Sippe nur über eine einzige Nebenzwiebel verfügt. *G. lutea* zeigt keine großen, nackten Nebenzwiebeln (Abb. 2C), weist aber um die Hauptzwiebel herum und im Wurzelgeflecht oft winzige Bulbillen auf. *G. pratensis* entwickelt dagegen gewöhnlich zwei nackte Nebenzwiebeln (Abb. 2B), eine davon ist meist deutlich gestielt. *G. pratensis*-Pflanzen mit nur einer gestielten Zwiebel kommen öfter vor, sowohl innerhalb normaler *G. pratensis*-Populationen als auch als Populationen mit einigermaßen homogener Ausprägung (wohl bedingt durch Klonbildung), bei denen die Einzelpflanzen tatsächlich nur eine einzige (gestielte) nackte Nebenzwiebel besitzen. Solche Populationen wurden auch schon fälschlicherweise als *G. pomeranica* angesprochen. An dem Fundort am Grabhügel (Pfungstberg) bei Latdorf (WEINERT 1977) findet man neben der normalen *G. pratensis* mit zwei nackten Nebenzwiebeln auch solche mit nur einer einzigen Nebenzwiebel, die auch durch die Bildung von auffallend viel Anthozyan im Zwiebel- und unterem Stängelbereich auffielen. Dennoch können diese nicht als *G. pomeranica* angesprochen werden.



Abb. 2: Entsprechend der Zwiebelmerkmale ist *G. pomeranica* (A) intermediär zwischen *G. pratensis* (B) mit zwei nackten Tochterzwiebeln und *G. lutea* (C), der Tochterzwiebeln fehlen.

Tab. 2: Ausgewählte Pflanzen von *Gagea bohemica* unter Angabe der Fundorte und Fundkoordinaten

| Nr. | Sammler | Fundort | MTB-Quadrant Fundkoordinaten: Rechts-/Hochwert | Funddatum |
|-----|---------|--|--|------------|
| 1 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Halle-Kröllwitz, Felsen an der Bergschenke | 4437-4 449673/570768 | 04.03.2001 |
| 2 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Halle-Lunzberge, ca. 250 m N Gr. Lunzberg, Hügel im Feld | 4437-3 449250/571056 | 18.02.2001 |
| 3 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Halle-Lunzberge, ca. 200 m NW Gipfel Gr. Lunzberg | 4437-3 449236/571053 | 18.02.2001 |
| 4 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Ostrau | 4338-3 450113/571873 | 18.03.2001 |
| 5 | KORNECK | Rheinland-Pfalz: Trollbachtal bei Münster-Sarmsheim | 6013-3 - | 14.03.2001 |
| 6 | JOHN | Tschechische Republik, Mähren: Ivan ice bei Brno, 20 m östlich der Straße ca. 500 m N Ortsausgang | - - | 22.03.2001 |
| 7 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Halle-Lunzberge, ca. 500 m NW Gipfel Gr. Lunzberg | 4437-3 449192/571072 | 18.02.2001 |
| 8 | JOHN | Sachsen-Anhalt: westexponierter Porphyrrhang W Wettin | 4436-2 448843/571537 | 10.02.2001 |
| 9 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Wettin, westwärts gerichteter Hang S Mücheln | 4436-2 448425/5715339 | 10.02.2001 |
| 10 | KORNECK | Rheinland-Pfalz: Haarberg bei Neu-Bamberg | 6113-4 - | 14.03.2001 |
| 11 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Felsen am Teich O Hohen | 4438-1 450486/5714658 | 18.03.2001 |
| 12 | JOHN | Sachsen-Anhalt: 1 km S Wengelsdorf am Wetberg | 4738-1 450298/568167 | 15.02.2001 |
| 13 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Brachwitz, Wegböschung NW Brachwitz nach Friedrichsschwerz zu | 4437-3 4490483/571217 | 24.03.2001 |
| 14 | KORNECK | Rheinland-Pfalz: Neuwald, Klotten | 5809-1 - | 06.03.2001 |

Die Pflanzen aus Stolpe bei Anklam in Mecklenburg-Vorpommern weisen dagegen eine Nebenzwiebel auf, die am Anfang des Wachstums als seitliche Ausstülpung der Hauptzwiebel erscheint, und dabei noch von der gemeinsamen Hülle umgeben ist. Später wächst diese Nebenzwiebel aus der Hauptzwiebel heraus und bekommt ein ähnliches, nacktes Aussehen wie das der Nebenzwiebeln der *G. pratensis*. Die alte, vorjährige Zwiebel trocknet allmählich ein und vergeht, während sich aus der neuen Zwiebel Blätter und Blütenstand der nächsten Saison entwickeln. Außerdem findet man um die Hauptzwiebel im Wurzelwerk, ähnlich wie bei *G. lutea*, hin und wieder winzige Bulbillen.

In Sachsen-Anhalt konnten wir bisher nur bei Rothenschirmbach Pflanzen dieser Ausprägung finden (vgl. Abb. 2A). An diesem Fundort kommen auch *G. pratensis*, *G. lutea*, *G. minima* und *G. villosa* vor.

3.2 Genetische Befunde

Zur Klärung von Verwandtschaftsbeziehungen eignen sich ausgewählte nicht kodierende Regionen der DNA. Bei den Untersuchungen zur molekularen Phylogenie mitteleuropäischer *Gagea*-Arten erwiesen sich die im Chloroplasten-Genom enthaltenen Regionen *trnL-trnF* und *psbA-trnH* und die kernkodierte ITS ("internal transcribed spacer")-Region, eine DNA-Region die im Genom in vielen Kopien auftritt, als besonders geeignet (PETERSON et al. 2004).

Tab. 3: Ausgewählte Pflanzen von *Gagea bohemica* sowie Angaben zu den morphologischen Merkmalen und zur taxonomischen Zuordnung.

+ Merkmal vorhanden, - unbehaart, (x) nahezu unbehaart, x schütter behaart, xx dicht behaart

| Nr. | Länge der Perigonblätter (mm) | Form der Perigonblätter lanzettlich | Form der Perigonblätter spatelig | Behaarung des Blütenstiels | Behaarung des Stängels | Versuch einer taxonomischen Zuordnung nach Morphologie |
|-----|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------|--|
| 1 | 10-13 | + | | xx | xx | ssp. <i>saxatilis</i> |
| 2 | 10-13 | + | | xx | xx | ssp. <i>saxatilis</i> |
| 3 | 10-13 | + | | xx | xx | ssp. <i>saxatilis</i> |
| 4 | 13.5 | + | | xx | xx | ssp. <i>saxatilis</i> |
| 5 | 13 | + | | xx | x | ssp. <i>saxatilis</i> |
| 6 | 14-16.5 | | + | x | - | ssp. <i>bohemica</i> |
| 7 | 13.5 | | + | x | (x) | ssp. <i>bohemica</i> |
| 8 | 13.5 | | + | x | (x) | ssp. <i>bohemica</i> |
| 9 | 13.5 | | + | x | (x) | ssp. <i>bohemica</i> |
| 10 | 13 | | + | x | (x) | ssp. <i>bohemica</i> |
| 11 | 13 | + | + | xx | xx | ssp. ? |
| 12 | 10-13 | + | + | x | x | ssp. ? |
| 13 | 13 | + | + | x | x | ssp. ? |
| 14 | 13 | + | + | x | (x) | ssp. ? |

Gagea bohemica

Von *G. bohemica* wurden insgesamt 14 Individuen unterschiedlicher Herkunft untersucht (Tab. 2 u. 3), die morphologisch z.T. *G. bohemica* ssp. *bohemica*, z.T. *G. bohemica* ssp. *saxatilis* zugeordnet werden konnten bzw. bei denen auf Grund intermediärer morphologischer Merkmale keine eindeutige Zuordnung zu einer der beiden Unterarten möglich war (Tab. 3).

Die untersuchte kernkodierte ITS-Region aller 14 *G. bohemica*-Proben war identisch in der DNA-Sequenzlänge, wobei 5 variable Basenpositionen gefunden wurden. Weiterhin wiesen alle 14 *G. bohemica*-Proben eine identische *psbA-trnH* Chloroplasten-Region auf. Mit beiden DNA-Regionen war keine Trennung der einzelnen *G. bohemica*-Proben innerhalb der phylogenetischen Bäume möglich (PETERSON et al. 2004).

Dagegen wurden bei der Untersuchung der *trnL-trnF* Region 4 Haplotypen gefunden, die die untersuchten *G. bohemica*-Proben in zwei Gruppen unterteilten. In die eine Gruppe fielen dabei alle morphologisch als ssp. *saxatilis* zugeordneten Individuen (*G. bohemica* Proben 1-5), in die andere alle ssp. *bohemica* zugeordneten Individuen (*G. bohemica* Proben 6-10). Die nach morphologischen Kriterien auf Grund intermediärer Merkmale nicht den beiden Unterarten zuzuordnenden Pflanzen (*G. bohemica*-Proben 11-14) wurden entsprechend ihrer *trnL-trnF* Sequenz einer der beiden Unterarten zugeordnet (Abb. 3).

Gagea pomeranica

Alle *G. pomeranica*-Individuen enthielten *G. pratensis* zuzuordnende Chloroplasten-Sequenzen in der *trnL-trnF* Region (siehe Abb. 3) und der *psbA-trnH* Region (PETERSON et al. 2004). In den beiden *G. pomeranica*-Individuen aus Rothenschirmbach (*G. pom.* 1 und 2) war die Sequenz beider Chloroplasten-Regionen identisch zu den Sequenzen des dort vorkommenden *G. pratensis* (*G. prat.* 4; für *trnL-trnF* gezeigt in Abb. 3). Da die Plastiden bei *Gagea* (gezeigt für *G. lutea*: BOHDANOWICZ & LEWANDOWSKA 1999) wie bei nahezu allen Samenpflanzen mütterlicherseits

Tab. 4: Ausgewählte Pflanzen von *Gagea pomeranica* sowie Vergleichspflanzen von *Gagea lutea* und *Gagea pratensis* (Bezeichnung nach PETERSON et al. 2004) unter Angaben zur Aufsammlung und taxonomischen Zuordnung

| Bezeichnung | Sammler | Fundort | MTB-Quadrant Fundkoordinaten: Rechts-/Hochwert | Datum | Taxonomische Zuordnung |
|-------------------|---------|---|--|---|---------------------------|
| <i>G. pom.</i> 1 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Waldsaum NNO Rothenschirmbach | 4535-1 446891/570267 | 24.04.2002 | <i>G. pomeranica</i> |
| <i>G. pom.</i> 2 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Waldsaum NNO Rothenschirmbach | 4534-1 446891/570267 | 24.04.2002 | <i>G. pomeranica</i> |
| <i>G. lut.</i> 2 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Waldsaum NNO Rothenschirmbach | 4534-1 446891/570267 | 28.04.2002 | <i>G. lutea</i> |
| <i>G. prat.</i> 4 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Waldsaum NNO Rothenschirmbach | 4534-1 446891/570267 | 01.05.2001 | <i>G. pratensis</i> |
| <i>G. pom.</i> 3 | HENKER | Mecklenburg-Vorpommern: Stolpe bei Anklam. Straße von der B 110 nach Stolpe, westl. Straßenrand kurz nach dem Abzweig, Grasfläche | 2174-1 540525/597164 | (2000 gesammelt) im Blumentopf gezogen | <i>G. pomeranica</i> |
| <i>G. lut.</i> 1 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Zörnitz | 4436-2 448535/571474 | 01.04.2001 | <i>G. lutea</i> |
| <i>G. prat.</i> 1 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Hegegrund bei Volkstedt | 4435-1 446829/571485 | 04.04.2001 | <i>G. pratensis</i> |
| <i>G. prat.</i> 2 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Pfungstberg bei Latdorf | 4136-4 448554/574133 | 07.04.2001 | <i>G. pratensis</i> |
| <i>G. prat.</i> 3 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Oberwiederstedt | 4335-1 446743/572594 | 08.04.2001 | <i>G. pratensis</i> |
| <i>G. prat.</i> 5 | JOHN | Sachsen-Anhalt: Laweketal | 4436-323 448106/571043 | 12.04.2001 | <i>G. pratensis</i> |
| <i>G. prat.</i> 6 | JOHN | Brandenburg: Milower Berg | 3439-4 452059/582003 | 07.04.2001 | <i>G. pratensis</i> |

Tab. 5: Untersuchung der ITS-Region (ITS 1, 5.8S rRNA, ITS 2) in *G. pomeranica* (modifiziert nach PETERSON et al. 2004).

| Position (bp) innerhalb der ITS-Region (EMBL-Sequenzdatenbank) / | ITS 1 (54) | ITS 1 (110) | ITS 1 (144) | ITS 2 (491) | ITS 2 (608) | ITS 2 (617) |
|---|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Gagea-Art (Anzahl identischer ITS-Klone) | | | | | | |
| <i>G. pratensis</i> * | C | C | G | C | T | - |
| <i>G. lutea</i> * | T | T | T | T | C | C |
| <i>G. pomeranica</i> * | Y (C/T) | Y (C/T) | K (G/T) | Y (C/T) | Y (C/T) | -/C |
| <i>G. pomeranica</i> 1: (1 ITS-Klon) | T | T | T | T | C | C |
| <i>G. pomeranica</i> 1: (4 ITS-Klone) | C | C | G | C | T | - |
| <i>G. pomeranica</i> 2: (2 ITS-Klone) | T | T | T | T | C | C |
| <i>G. pomeranica</i> 2: (3 ITS-Klone) | C | C | G | C | T | - |
| <i>G. pomeranica</i> 3: (1 ITS-Klon) | T | T | G | T | T | - |
| <i>G. pomeranica</i> 3: (3 ITS-Klone) | T | T | T | C | T | - |
| <i>G. pomeranica</i> 3: (16 ITS-Klone) | C | C | G | C | T | - |

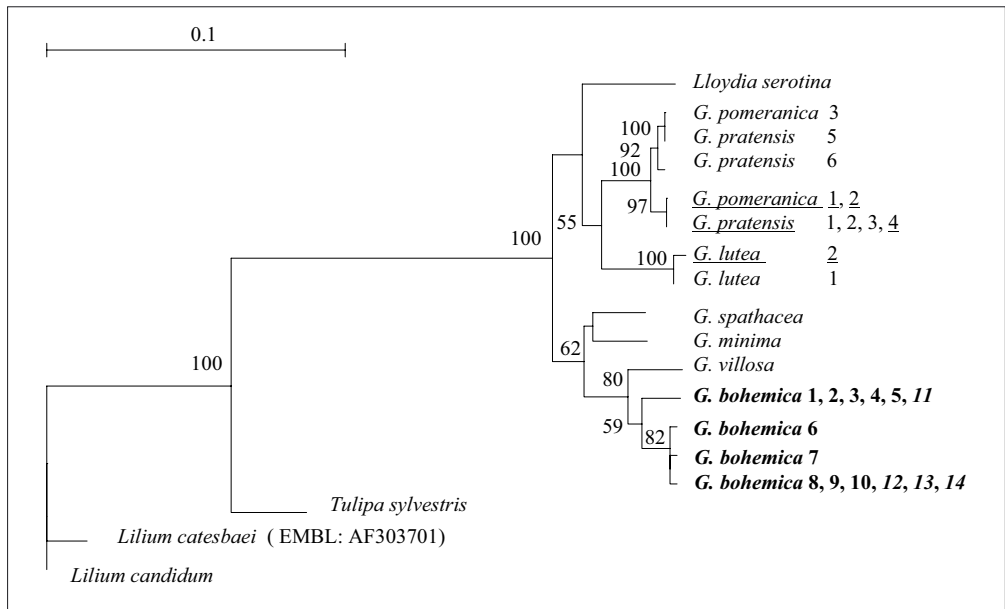


Abb. 3: (modifiziert nach PETERSON et al. 2004): Phylogenetischer Baum der Chloroplasten-Region *trnL-trnF* (erzeugt mit dem Programm TREECON: VAN DE PEER & DE WACHTER 1994, 2000 Bootstrap-Analysen). In den Proben aus Rothenschirmbach, unterstrichen dargestellt, wurden identische Sequenzen für *G. pomeranica* 1, 2 und *G. pratensis* 4 gefunden. Die 14 *G. bohemica*-Proben (fett dargestellt) werden entsprechend ihrer *trnL-trnF* Sequenz in 2 Gruppen unterteilt.

vererbt werden, spricht dieser Befund für *G. lutea* als Pollenspender und für *G. pratensis* als mütterlicher Elternteil der untersuchten *G. pomeranica*-Individuen.

In der kernkodierten ITS-Region (ITS 1 und ITS 2) unterschieden sich *G. pratensis* und *G. lutea* in 6 DNA-Positionen. In Tab. 5 werden diese 6 informativen Sequenzpositionen innerhalb der ITS-Region von *G. pratensis* (insgesamt 662 bp lang), *G. lutea* (insgesamt 663 bp lang) und *G. pomeranica* (662 und 663 bp lange Kopien innerhalb eines Individuums) dargestellt. Bei Direktsequenzierungsversuchen (Tab. 5, mit „*“ markiert), d.h. bei der gleichzeitigen Sequenzierung aller im Individuum enthaltenen ITS-Kopien, wurden in allen *G. pomeranica*- Individuen multiple Basen in den informativen Positionen innerhalb der ITS-Region gefunden. So findet man z. B. in der Position 54 in ITS 1 in *G. lutea* ein T, in *G. pratensis* dagegen ein C; in *G. pomeranica* lassen sich an dieser Position beide Basen: C und T (entspricht Y im IUB Code) nachweisen. Das Auftreten solcher multipler Positionen an exakt den Stellen der DNA, in welchen sich die Elternarten in ihrer Sequenz unterscheiden, ist ein Hinweis auf den möglichen Hybridcharakter einer Art (BOOY et al. 2000, MES et al. 1999). Zur detaillierten Untersuchung einzelner ITS-Kopien innerhalb der *G. pomeranica*- Individuen wurden Klonierungsversuche durchgeführt und insgesamt 30 Klone sequenziert (Tab. 4). In den beiden *G. pomeranica*-Individuen von Rothenschirmbach (*G. pomeranica* 1 und 2) wurden sowohl mit *G. pratensis* als auch mit *G. lutea* vollständig übereinstimmende ITS-Kopien gefunden. Im *G. pomeranica* 3 aus Mecklenburg-Vorpommern wurde 16 mal die *G. pratensis* ITS-Sequenz gefunden; vier weitere Klone zeigten dagegen eine Rekombination zwischen bzw. innerhalb der beiden ITS-Regionen ITS 1 und ITS 2 der beiden Elternarten *G. pratensis* und *G. lutea*.

4 Schlussfolgerungen

Gagea bohemica

Die Vermutung, die sich aus den morphologischen Analysen ergab, dass innerhalb des *G. bohemica*-Komplexes zwei als Grenzfälle auftretende Unterarten, die als ssp. *bohemica* (die östliche Sippe) und ssp. *saxatilis* (die westliche Sippe) beschrieben worden sind, existieren, konnte durch genetische Untersuchungen bestätigt werden. Die genetischen Untersuchungen zeigen die sehr enge Verwandtschaft beider Sippen, die nach unserer Auffassung die Aufstellung von Unterarten, jedoch nicht den Artrang für beide Sippen rechtfertigt.

Obwohl *G. bohemica* ssp. *bohemica* aus Mähren sich habituell durch die verlängerten Perigonblätter von der deutschen ssp. *bohemica* abhebt, kommen doch Pflanzen und Populationen in Deutschland vor, die genetisch dem mährischen Typus sehr ähnlich oder im Einzelfall mit ihm fast identisch sind. In Sachsen-Anhalt, wo östliche und westliche Florenelemente aufeinander treffen, kam es zur Überschneidung der Verbreitungsgebiete der Unterarten und zu einem räumlichen Durchdringen beider Unterarten mit weitgehender Vermischung der Merkmale nach einem genetischen Austausch. Hin und wieder findet man noch Populationen oder Pflanzen, die den typischen Unterarten *bohemica* oder *saxatilis* nahe kommen. Offensichtlich scheinen, wie die genetische Analyse der *trnL-trnF* Region zeigt, für die ssp. *bohemica* typische Haplotypen vereinzelt sogar bis in die Populationen der Trockengebiete in Rheinhessen vorgedrungen zu sein. Dass insbesondere die Maximalwerte der Perigonblattlänge südost-mitteleuropäischer *G. bohemica* ssp. *bohemica*-Populationen in Deutschland nicht zu beobachten sind, liegt möglicherweise darin begründet, dass dieses Merkmal modifikativ bedingt ist. An der Nordgrenze ihres Areals sind die Pflanzen aufgrund der hier herrschenden, suboptimal kurzen phänologischen Entwicklungsphase eventuell nicht in der Lage, solche luxuriösen Blüten zu entwickeln. Durch Verpflanzungsexperimente könnte diese Frage vermutlich geklärt werden.

Unsere Aussagen mögen durch die nur fragmentarische genetische Untersuchung von Pflanzen der östlichen Sippe noch den Charakter einer Arbeitshypothese haben, sind aber durch die in sich schlüssigen Untersuchungsergebnisse schon gut begründet. Weitere Sicherheit bei der phylogenetischen Bewertung könnte die Untersuchung von Pflanzen des östlichen Verbreitungsgebiets (um Prag, weitere Fundorte in Mähren, österreichische und ungarische Fundorte), aber auch die von Pflanzen aus dem westlichen und südwestlichen Verbreitungsgebiet (Frankreich, Spanien) bringen.

Gagea pomeranica RUTHE

Gagea pomeranica ist eine Sippe, die in Mecklenburg-Vorpommern offensichtlich mehrfach vorkommt. Außerhalb dieses Gebietes findet man sie in Mitteleuropa nur sporadisch. In Sachsen-Anhalt konnte bis jetzt nur ein Vorkommen bei Rothenschirmbach eindeutig belegt werden, wo diese Sippe gemeinsam mit *G. lutea* und *G. pratensis* auftritt.

Das durch Klonierung nachgewiesene gemeinsame Auftreten von sowohl *G. lutea*- als auch *G. pratensis*-Sequenzen bei den kerncodierten Markern (ITS 1 und ITS 2) in allen untersuchten *G. pomeranica*-Individuen beweist, dass es sich bei *G. pomeranica* um einen Hybriden dieser beiden Arten handelt. Als Ergebnis der mütterlichen Vererbung der Chloroplasten weisen alle untersuchten *G. pomeranica*-Individuen die Chloroplasten-DNA nur einer Elternart auf. Die mütterliche Elternart war jeweils *G. pratensis*. Diese Ergebnisse stimmen mit den morphologischen Befunden überein, die ebenfalls für den Hybridcharakter von *G. pomeranica* sprechen. Die *G. pomeranica*-Individuen aus Rothenschirmbach zeigen keinerlei Rekombination von *G. lutea*- und *G. pratensis*-Sequenzen bei den kerncodierten Markern. Es handelt sich vermutlich

um Primärhybriden; an ihrem Fundort kommen sowohl *G. lutea* als auch *G. pratensis* vor. Das *G. pomeranica*-Individuum aus Mecklenburg-Vorpommern zeigt Rekombinationen der *G. lutea*- und der *G. pratensis*-Sequenzen bei den kerncodierten Markern. Am Fundort kommt eine "reine" *G. pomeranica*-Population vor, die Elternarten fehlen (HENKER, mündl. Mitt.). Vermutlich finden dort Rückkreuzungen der *G. pomeranica*-Hybriden untereinander statt. HENKER (1985) weist darauf hin, dass ein Großteil der von ihm beobachteten Hybriden zwischen *G. lutea* und *G. pratensis* gut ausgebildete Samen hervorbringt, deren Keimfähigkeit jedoch noch nicht überprüft wurde. Möglicherweise zeigt in Mecklenburg-Vorpommern eine hybridogen entstandene *G. pomeranica*-Sippe nach genetischer Stabilisierung die Tendenz zur Ausbildung reiner, von den Vorkommen der Elternarten unabhängiger Populationen. Die Untersuchung weiterer Pflanzen von anderen Fundorten sowie Geländebeobachtungen an *G. pomeranica*-Populationen zur Standortbindung, zur Reproduktion und zur Phänologie des Blühverhaltens im Vergleich mit benachbarten *G. lutea*- und *G. pratensis*-Vorkommen könnten dazu beitragen, einen noch tieferen Einblick in die phylogenetische Entwicklung der Sippe zu gewinnen.

5 Danksagung

Wir danken Herrn Dr. Heinz HENKER (Neukloster) für die Zulieferung von Pflanzen der Sippe *G. pomeranica* aus Mecklenburg-Vorpommern und den anregenden Gedankenaustausch. Herrn Dr. Dieter KORNECK (Niederbachem, Gemeinde Wachtberg) danken wir für die Zulieferung von Pflanzenmaterial des *G. bohemica*-Komplexes aus Rheinland-Pfalz. Frau Dr. Eileen KOCH arbeitete an den molekularen Analysen mit, wofür wir ihr danken.

6 Literatur

- ASCHERSON, P. (1866): Die wichtigeren von 1862 bis August 1866 entdeckten und bekannt gewordenen Fundorte in der Flora des Vereinsgebiets. Erstes Verzeichniss. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg (Berlin) **8**: 105.
- ASCHERSON, P. & GRAEBNER, P. (1898-1899): Flora des Nordostdeutschen Flachlandes, 2. Aufl. von ASCHERSON's Flora der Provinz Brandenburg. Berlin.
- BOHDANOWICZ, J. & LEWANDOWSKA, B. (1999): Participation of endoplasmic reticulum in the unequal distribution of plastids during generative cell formation in *Gagea lutea* (L.) Ker-Gaw. (Liliaceae). Acta Biol. Cracoviensia Series Bot. (Krakow) **41**: 177-183.
- BOOY, G.; VAN DER SCHOOT, J. & VOSMAN, B. (2000): Heterogeneity of the internal transcribed spacer 1 (ITS1) in *Tulipa* (Liliaceae). Plant Syst. Evol. (Wien) **225**: 29-41.
- EBERT, W. (1929): Flora des Kreises Bernburg und der angrenzenden Gebiete. Bernburg.
- GATTERER, K. & NEZADAL, W. (Hrsg.), zusammen mit FÜRNRÖHR, F., WAGENKNECHT, J. & WELß, W. (2003): Flora des Regnitzgebietes. Die Farn- und Blütenpflanzen im zentralen Nordbayern. 2 Bände. IHW-Verlag, Eching.
- GROBE, E. & JOHN, H. (1987): Zur Flora von Halle und Umgebung. Mitt. flor. Kart. (Halle) **13** (1/2): 85-114.
- HEGL, G. (1907): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. 1. Aufl. Bd. II. Monocotyledones (II. Teil). *Gagea* Salisb. Gelbsterne. J. F. Lehmann's Verlag, München. S. 205-213.
- HENKER, H. (1985): Mecklenburgs *Gagea*-Arten. Bot. Rundbr. Bezirk Neubrandenburg (Waren) **17**: 41-49.
- HENKER, H. (2000): Bemerkenswerte Ergebnisse floristischer Untersuchungen in Mecklenburg-Vorpommern. Bot. Rundbr. Mecklenburg-Vorpommern (Waren) **34**: 77-88.
- HENKER, H. (2004): Die Goldsterne von Mecklenburg-Vorpommern unter besonderer Berücksichtigung kritischer und neuer Sippen. Bot. Rundbr. Mecklenburg-Vorpommern **39** (im Druck).
- JOHN, H. & ZENKER, E. (1978): Beobachtungen zum Auftreten der Gattung *Gagea* SALISB. in der Umgebung von Halle. Mitt. flor. Kart. (Halle) **4** (1): 44-50.
- JOHN, H. & ZENKER, E. (1985): Bemerkenswerte Pflanzenfunde in den Bezirken Halle und Magdeburg, 3. Beitrag. Mitt. flor. Kart. (Halle) **11** (1/2): 42-48.
- KORNECK, S.; SCHNITTLER, M. & VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta & Spermatophyta) Deutschlands. Schr.-R. f. Vegetationskunde. (Bonn-Bad Godesberg) **28**: 21-187.
- MES, T. H. M.; FRITSCH, R. M.; POLLNER, S. & BACHMANN, K. (1999): Evolution of the chloroplast genome and polymorphic ITS regions in *Allium* subg. *Melanocrommyum*. Genome (Ottawa) **42**: 237-247.
- MEUSEL, H. (1937): Mitteldeutsche Vegetationsbilder I. Die Steinklöbe bei Nebra und der Ziegelrodaer Forst. Hercynia (Halle-Berlin) **1** (1): 8-98.

- PASCHER, A. A. (1904) Übersicht über die Arten der Gattung *Gagea*. Sitzungsberichte des deutschen naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins für Böhmen. Lotos (N. F) (Prag) **24**: 109-131.
- PETERSON, A.; JOHN, H.; KOCH, E. & PETERSON, J. (2004): A molecular phylogeny of the genus *Gagea* (Liliaceae) in Germany inferred from non-coding chloroplast and nuclear DNA sequences. *Plant Syst. Evol. (Wien)* **245**: 145-162.
- RICHARDSON, I. B. K. *Gagea* Salisb. In: TUTIN, T. G.; HEYWOOD, V.H.; BURGESS, N. A.; MOORE, D.M.; VALENTIN, D. H.; WALTERS, S. M. & WEBB, D. A. (eds.) (1980): *Flora Europaea* **5**: 26-28. Cambridge University Press u.a.
- ROTHMALER, W. (Begr.); SCHUBERT, R. & VENT, W. (1976): *Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD*, Bd. 4 Kritischer Bd. 4. Aufl. Verlag Volk und Wissen, Berlin.
- ROTHMALER, W. (Begr.); JÄGER, E. J. & WERNER, K. (2002): *Exkursionsflora von Deutschland*, Bd. 4 Gefäßpflanzen: Kritischer Band. 9. Aufl. Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- RUTHE, R. (1893): Eine unbeachtete deutsche Liliacee. *Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg (Berlin)* **34**: 15-18. Jg. 1892.
- STROH, G. (1937): Die Gattung *Gagea*. Beiheft Botanisches Zentralblatt (Dresden) **57**, Abt. B.
- VAN DE PEER, Y. & DE WACHTER, R. (1994): Treecon for Windows: a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment. *Comput. Applic. Biosci.* **10**: 569-570.
- WEINERT, E. (1977): Was ist *Gagea pomeranica* Ruthe? *Mitt. flor. Kart. (Halle)* **3** (1): 75-79.
- WITTENBERGER, G. (1977): *Gagea pomeranica* Ruthe. *Mitt. flor. Kart. (Halle)* **3** (2): 49-52.
- ZOBEL, A. (1905): Verzeichnis der im Herzogtume Anhalt und in dessen näherer Umgegend beobachteten Phanerogamen und Gefäßkryptogamen, Teil I, 106 S.

Anschriften der Autoren

Dr. Heino John
Nikolaus-Weins-Str. 10
D-06120 Halle (Saale)

Dr. Angela Peterson
Biozentrum der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Weinbergweg 22
D-06120 Halle (Saale)

Dr. Jens Peterson
Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
Reideburger Straße 47
D-06116 Halle (Saale)