Wulfenia 7 (2000): 5–26 © Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

Mitteilungen des
Kärntner Botanikzentrums
Klagenfurt

Warum breitet sich das Drüsen-Springkraut (*Impatiens glandulifera* Royle) in den Alpen aus?

Anton Drescher & Bohdan Prots

Zusammenfassung: Nach einem Kurzüberblick über die Verbreitung von *Impatiens glandulifera* in Europa wird das ursprüngliche Areal im Himalaya umrissen. Es folgen die Geschichte der Ausbreitung in Kärnten sowie die aktuelle Verbreitung. *Impatiens glandulifera* ist bereits in etwa 50% der Quadranten der floristischen Kartierung Mitteleuropas nachgewiesen. Nach der Charakterisierung der Standortsansprüche der Art werden die Faktoren erläutert, die für die Arealbegrenzung verantwortlich sind und Anpassungsmöglichkeiten diskutiert. Abschließend wird auf die Möglichkeiten der Arealausweitung aufgrund von Prognosen aktueller Klimamodelle eingegangen. Naturschutzfragen und die Verringerung der Diversität in der Auenzone werden abschließend angesprochen.

Summary: Why does Himalayan Balsam (*Impatiens glandulifera* Royle) spread in the Alps? A short survey of the distribution area of *Impatiens glandulifera* within Europe and in the Himalayas is followed by the discussion of the history of spreading and the actual distribution pattern in Carinthia. Up to now *Impatiens glandulifera* is reported from about 50% of the squares of the floristic mapping. The response to environmental parameters, attributes related to the reproductive capabilities and to the vegetative production are presented. The limiting factors for the spreading and the possibilities of adaptations in a changing environment are characterized. The relationship between the actual distribution and climate warming tendencies are discussed taking into consideration the aspects of biodiversity protection.

Keywords: plants invasion, distribution patterns, ecology, *Impatiens glandulifera* Royle, changing environment, Europe, Western Himalaya.

Die unerwünschte Ausbreitung fremdländischer Arten stellt weltweit ein zunehmendes Problem dar. Die Unterdrückung und Gefährdung einheimischer Arten und damit die empfindliche Störung natürlicher Ökosysteme sowie die Ausbreitung agrarischer Unkräuter können als die größten Probleme des vergangenen Jahrhunderts angesehen werden (VITOUSEK 1990, DI CASTRI & al. 1990, DE WAAL & al. 1994, WADE & al. 1994). Diese Probleme werden mit der Intensivierung menschlicher Eingriffe und den Klimaänderungen noch drängender. Besonders agressive Arten sollten daher laufend von Biologen, Naturschützern und Agrarwissenschaftlern beobachtet werden. Eine dieser Arten, das Drüsen-Springkraut (*Impatiens glandulifera* Royle) ist als größte in Europa spontan vorkommende annuelle Art ein ernstzunehmender Konkurrent der einheimischen Flora (GRIME 1979). Im Verlauf der vergangenen 40 Jahre hat das Drüsen-Springkraut große Flächen an Flußufern im Ostalpenraum erobert (MELZER 1969, DRESCHER & PROTS 1996) und bringt Probleme bei der Bewirtschaftung der Ufer regulierter Fließgewässer (PERRINS & al. 1990). Sowohl die große Bedeutung der angrenzenden naturnahen Auvegetation als Lebensraum für seltene und bedrohte Tier- und Pflanzenarten als auch die Funktion als Wanderungswege für Organismen können durch die Massenausbreitung einzelner fremdländischer Arten gefährdet sein. In der vorliegenden Untersuchung werden in diesem Zusammenhang vor allem folgende Fragen behandelt:

Das Verbreitungsmuster von *Impatiens glandulifera* im Gebirgsland Kärnten.

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

Wie kann die Besetzung der ökologischen Nische mit der aktuellen Verbreitung in Verbindung gebracht werden?
Welche Eigenschaften von *Impatiens glandulifera* ermöglichen das Vordringen ins Gebirge.
Können Ausmaß und Richtung der weiteren Invasion vorausgesagt werden?

Geschichte der Invasion in Europa — geographische Verbreitung und Höhenverbreitung

Die Sendung von Samen des Drüsen-Springkrauts aus Britisch-Indien durch Dr. Royle im Jahre 1839 an den Botanischen Garten in Kew stellt den ersten Schritt in der 150 jährigen Ausbreitungsgeschichte dar. Schon bald danach finden sich Notizen über die erste Einbürgerung: 1855 in Middlesex und Hertfordshire, 1859 nahe Manchester (BEERLING & PERRINS 1993). Der Botanische Garten Kew stellte also den Ausgangspunkt für die Ausbreitung dar. Wichtige Gründe hiefür sind der Zierwert und – aufgrund der hohen Nektarproduktion im Spätsommer – die Nutzungsmöglichkeit als Bienenweide. Erste Verwilderungen fanden schon im 19. Jahrhundert auch auf dem europäischen Festland an mehreren Stellen statt. Heute ist *Impatiens glandulifera* in der Tschechischen Republik aus fast 50% der Rasterfelder gemeldet und besetzt 56% der Länge der größeren Flußsysteme (PYŠEK & PRACH 1995). Mehr als 600 der 10 km²-Rasterfelder Großbritanniens bzw. 107 der Grafschaften („vice-counties") weisen Fundpunkte des Drüsen-Springkrauts auf (BEERLING & PERRINS 1993). *Impatiens glandulifera* ist heute in unterschiedliche Lebensräume und Vegetationstypen wie Flußufer, Bachbetten ganzjährig wasserführender Flußläufe, Überschwemmungsebenen, feuchte Sanddünen, mesotrophes Grasland, Niedermoore, Wälder, feuchte Straßenränder und Gräben eingedrungen bzw. hat diese unterwandert. In mindestens 26 Staaten Europas zwischen 40° und 65° nördlicher Breite ist das Drüsen-Springkraut heute eingebürgert: z.B. Schweden (KARLSSON 1978), Dänemark (VESTERGAARD & HANSEN 1989), Finnland (HÄMET-AHTI & al. 1986), Litauen (GUDŽINSKAS 1998), Russland (MOORE 1968; GUSIEV 1973; VYUKOVA 1983; KOMZHA & POPOV 1990; PAPCHENKOV 1993), Ukraine (KOTOV 1954; BERKO 1963; BURDA & RJABOCKON 1994; PROTS & DRESCHER 1997; PROTOPOPOVA & SHEVERA 1998), Polen (JASNOWSKI 1961; ZAJĄC & ZAJĄC 1972), Deutschland (BENKERT & al. 1998; HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988; SEBALD 1976), Belgien (DE LANGHE & al. 1992), Frankreich (CHASSAGNE 1957), Spanien/Katalonien (BOLÒS & al. 1998), Italien (PIGNATTI 1982; POLDINI 1991), Schweiz (HESS & al. 1970; LAUBER & WAGNER 1996), Kroatien (LUKAČ 1989), Tschechien (LHOTSKÁ & KOPECKÝ 1966; PYŠEK & PRACH 1995), Slowakei (ZAHRADNIKOVÁ 1984). Das Gesamtareal bzw. den Mediterranraum behandeln GREUTER & al. (1984) bzw. MOORE (1968) (Abb. 1). Aus jüngerer Zeit datieren auch Angaben aus Mittel-Sibirien (ZARUBIN & al. 1993), aus dem Fernen Osten Russlands (VOROSHILOV 1982) und von den Japanischen Inseln (Honshu, Yamanashi Pref. [35°27'N 138°51E]; WU, leg. Togashi 1986).

Die Ausbreitungsrate kann als sehr hoch bezeichnet werden (PYŠEK & PRACH 1995), das neosynanthrope Areal von *Impatiens glandulifera* ist in Europe heute schon mehr als 25 mal so groß wie das ursprüngliche Areal im westlichen Himalaya (Abb. 1). Auch die Höhenverbreitung hat sich von wenigen Dutzend Metern der ersten Verwilderungen auf mehr als 1200 Meter (in den Ostalpen) ausgeweitet; *Impatiens glandulifera* ist heute in allen Gebirgen West- und Mitteleuropas anzutreffen (Pyrenäen, Französisches Zentralmassiv, West- und Ostalpen, Dinarisches Gebirge, West- und Ostkarpaten, Transsylvanien).

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

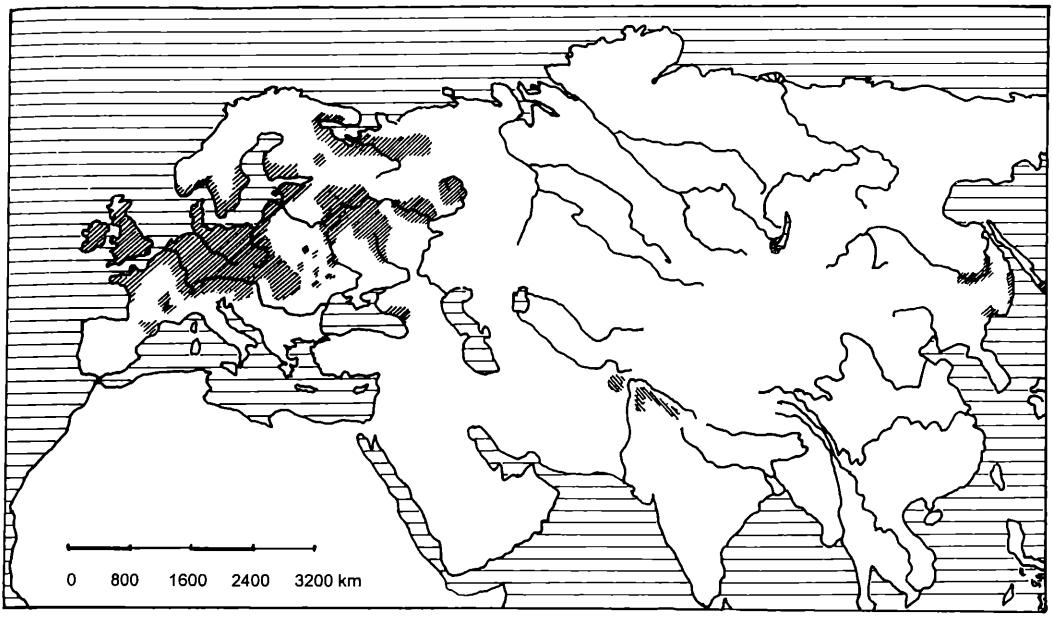


Abbildung 1: Ursprüngliches Areal von *Impatiens glandulifera* im Himalaya (\\\\\\) und synanthropes Areal in Eurasien (//////). — Primary distribution range of *Impatiens glandulifera* in the Himalayas (\\\\\\) and synanthropic distribution in Eurasia (//////).

Die Ausbreitungsgeschichte in Österreich begann in den 70er und 80er Jahren des 19. Jahrhunderts mit der Kultivierung in den Botanischen Gärten Wiens und Innsbrucks, von dort gelangten Pflanzen in Klostergärten (z.B. Jesuitenkolleg Kalksburg; J. Wiesbaur 1881 – WU), erste Verwilderungen wurden schon vor der Jahrhundertwende bekannt: Pichler 1884 (WU); A. Ginzberger, "entlang des Weidlingbaches bei Klosterneuburg verwildert; 1898, 1902 (WU). Aus Österreich liegen neben publizierten Verbreitungskarten aus Salzburg (WITTMANN & al. 1987), Kärnten (HARTL & al. 1992), Steiermark (DRESCHER & PROTS 1996), Tirol und Vorarlberg (POLATSCHEK 1997) auch Vegetationsaufnahmen aus dem Burgenland (HOLZNER 1971), Salzburg (KRISAI & al. 1999), Tirol (KREWEDL 1992) und der Steiermark (DRESCHER & PROTS 1996) vor. Auffallend ist der höchste Grad der Ausbreitung in Kärnten, wo das Drüsen-Springkraut aus mehr als 45% der Quadranten gemeldet war (HARTL & al. 1992), Salzburg mit weniger als einem Viertel der Quadranten mit Vorkommen von *Impatiens glandulifera* hat allerdings auch die älteste Datenlage (WITTMANN & al. 1987).

Verbreitung im Himalaya

Da uns keine Verbreitungskarten für *Impatiens glandulifera* aus dem Himalaya bekannt sind, benutzten wir für die Darstellung in Abbildung 1 Angaben aus Florenwerken (GURTA 1984, POLUNIN & STAINTON 1984, HOOKER 1875, NASIR & RAFIQ 1995, ASWAL & MEHROTRA 1994, DHAR & KACHROO 1983, HARA & WILLIAMS 1979) und unpublizierte Daten von B. Dickoré (Göttingen), dem wir sowohl für die Überlassung der Daten als auch weitere Angaben zu Ökologie und Höhenverbreitung herzlich danken. Das Gesamtareal im westlichen Himalaya reicht nach derzeitigen Kenntnisssen von N-Pakistan (Provinzen Chitral, Swar, Hazara) über Kashmir (mit einer größeren Zahl von Punkten z.B. im Kishenganga-Tal, Astor) (NASIR & ALI 1972) bis Indien (Himachal Pradesh bis Garhwal im E). Das Vorkommen in

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

W-Nepal ist nicht geklärt (HARA & WILLIAMS 1979). Die Höhenamplitude reicht von 1800–3200 m, nach Angaben in NASIR & RAFIQ (1995) von 1600–4300 m. Als Standortsangaben finden sich: Straßengräben und -böschungen (Abb. 3), Umrahmung von Ackerland (GURTA 1989); Wälder, Lichtungen und Feldraine (NASIR & RAFIQ 1995); Strauchwerk, Gebüsche, Weideland im Bereich der *Cedrus deodara*-Mischwad-Zone (POLUNIN & STAINTON 1984) (Abb. 4); entlang ganzjährig wasserführender Flüsse in weniger vom Monsun beeinflussten Gebirgsketten (ASWAL & MEHROTRA 1994). Es sind dies zum größeren Teil vom Menschen oder durch Naturkatastrophen ± stark gestörte und daher lückige, frische bis feuchte, oft nährstoffreiche, potentielle Nadelmischwaldstandorte und Waldersatzgesellschaften (Abb. 5). Dichte Grasbestände werden jedenfalls gemieden (B. Dickoré mündl. Mitt.).

Habitat/vegetation type	Häufigkeit des Vorkommens im Himalaya/Frequency of occurance in Himalaya	Häufigkeit des Vorkommens in Europa/Frequency of occurance in Europe
Niedermoore, Sümpfe/fen	fehlend/missing	selten (nur W- and NW-Europa)/ rare (only in W- and NW-Europe)
Gebüsch/shrub	selten/rare	häufig/frequent
(Baumfreie) Feuchtstellen/wetland	häufig/frequent	häufig/frequent
Nadel-, Laubmischwälder/mixed deciduous forests	häufig/frequent	selten/rare
Ablagerungen von (Garten)abfällen/ garbage places	selten/rare	selten/rare
Feldsäume/ridges between fields	häufig/frequent	selten/rare
Waldränder/forest edges	häufig/frequent	häufig/frequent
Weideland/pasture	häufig/frequent	selten/rare
mesotrophes Grasland/mesotrophic grassland	selten/rare	selten/rare
Betten ganzjährig wasserführender Bäche/river beds of perennial streams	selten/rare	häufig/frequent
Flußufer/river banks	bisher nicht nachgewiesen/has not been found	häufig/frequent
Straßengräben/roadside ditches	häufig/frequent	häufig/frequent
Auflichtungen in Waldbeständen, Schläge/forest gaps	häufig/frequent	selten/rare
feuchte und nasse Sanddünen/moist and wet sand dunes	fehlend/missing	selten/rare

Tabelle 1: Vergleich der Abundanz von *Impatiens glandulifera* in unterschiedlichen Habitattypen im Himalaya and in Europa. — Comparison of frequency of *Impatiens glandulifera* occurance by habitat type in Himalaya and in Europe.

Es stellt sich nun die Frage warum *Impatiens glandulifera* im Himalaya nicht so invasiv reagiert wie in Europa, wo große Uferbereiche von Dominanzbeständen eingenommen werden (Abb. 6). Das Drüsen-Springkraut ist eines der wenigen Beispiele für Arten mit kleinem ursprünglichem Areal und großer Invasionskraft. Dieses große Invasionspotential in Europa scheint nach bisherigen Studien durch folgende Faktoren begründet zu sein:

Verfügbarkeit großer Flächen mit passenden Klimabedingungen.
zusagende Landschaftsformen und deren Vernetzung, die die Möglichkeit der Ausbreitung bieten.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Vorhandensein entsprechender Substrate und Böden entlang der Flüsse als Hauptwanderungskorridore.
Nährstoffanreicherung durch Umweltverschmutzung.
Höhere Bevölkerungsdichte in den europäischen Gebirgsländern und die hohe Mobilität der Bewohner.
Intensive Bewirtschaftung großer Flächen behindert die Regeneration durch Elemente der Klimaxvegetation.
Vorhandensein freier ökologischer Nischen während der Vegetationszeit.
geringerer Druck durch Fraßfeinde und parasitische Pilze als im ursprünglichen Verbreitungsgebiet.

Impatiens glandulifera besiedelt in Europa ähnliche Habitate wie in seiner Heimat (vgl. Tab. 1). Die Ähnlichkeit bei einem Vergleich beträgt 78,6%, unter Einbeziehung der Frequenz auf den jeweiligen Standortstypen immerhin noch 45,5%. Die am häufigsten besiedelten Standorte im Himalaya sind Auflichtungsstadien in feuchten Nadelwäldern (Abb. 5), in Europa sind die am häufigsten besetzten Standorte Flußufer mit fehlender Gehölzvegetation oder stark aufgelockerte Auwaldsäume. In der Regel handelt es sich um feuchte, nährstoffreiche Standortstypen. Die ökologische Nische, die *Impatiens glandulifera* auf Schlagflächen im Himalaya besetzt, entspricht etwa der von *Epilobium angustifolium* L. in montanen Schlaggesellschaften mittel- und osteuropäischer Gebirge.

Folgende Landschaftsmerkmale fördern die Ausbreitung von *Impatiens glandulifera*:

Geringe Diversität von Ökotopen (χ-Diversität)
Verfügbarkeit von großflächig ebenen oder wenig stark geneigten Flächen (z.B. Muldentäler nicht Kerbtäler) – *Impatiens glandulifera* meidet Hänge mit Neigungen > 40°
geringe Flußdynamik und damit einhergehende Körnungsmerkmale der Sedimente im Uferbereich.

Stark reliefiertes Gelände mit steilen, der Erosion durch Starkniederschläge ausgesetzten Hängen, Flüsse mit stark schwankenden Durchflußverhältnissen (KOLB 1994) erklären das Fehlen von *Impatiens glandulifera* an Flußufern im Himalaya. Diese Merkmale sowie krasse Klimaunterschiede mit sommerlichen Trockenperioden sind Faktoren, die im Himalaya das Areal der Art stark einschränken und als Barriere für eine weitere Ausbreitung fungieren.

In Europa sind es aber gerade die Flußufer bzw. deren anthropogen gestörte und aufgelichtete Vegetation, die die Ausbreitung fördern (PYŠEK & PRACH 1994). Feine Decksedimente im Überschwemmungsbereich (Feinsand, Schluff und Lehm) und erhöhte Nährstoffgehalte sind im Ufer- und Überschwemmungsbereich von rektifizierten und verbauten Flüssen (in Kärnten sind alle Flüsse mit einem Einzugsgebiet von > 500 km² reguliert) häufig anzutreffen. Gestörte Vegetation als Folge von Verbauungsmaßnahmen und Kraftwerksbauten und die zumindest von 1950 bis etwa 1980 zunehmende Eutrophierung fördern das Eindringen und Etablieren von *Impatiens glandulifera*. Im Himalaya hingegen sind die Fließgewässer durch stark schwankende Abflüsse und damit verbunden grobe Sedimente (Schotter) charakterisiert (KOLB 1994). Diese eher nährstoffarmen Standorte sind außerdem aufgrund der extremen Wasserführung recht instabil und werden daher von *Impatiens glandulifera* nicht besiedelt.

Der Erfolg dieser schnellwüchsigen einjährigen Art beruht auf der Nutzung einer freien ökologischen Nische für den Zeitraum der Vegetationsperiode. Das Vermögen der Nutzung der hohen Einstrahlung in Verbindung mit Schnellwüchsigkeit bei ausreichender Nährstoff- und Wasserversorgung sind Eigenschaften, mit deren Hilfe sie die Konkurrenz mit anderen Arten,

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

die gerne monodominante Bestände bilden (z.B. *Urtica dioica* L., *Solidago gigantea* Ait. und *Solidago canadensis* L.) zu vermeiden sucht.

Im ursprünglichen Verbreitungsgebiet erreicht *Impatiens glandulifera* durchschnittlich geringere Höhen als in Europa (PYŠEK & PRACH 1995), wahrscheinlich ist auch die Zahl der Blüten pro Pflanzen geringer (Abb. 2). Dies ist charakteristisch für eine Reihe von fremdländischen Arten, die in ihrer Heimat anderen Konkurrenzverhältnissen unterworfen sind. Pilz- und Virusinfektionen, Pflanzensäfte saugende Insekten (Hemiptera), phytophage Insekten (Käfer, Schmetterlingsraupen), Fraß durch Säugetiere etwa schädigen Blätter und Sproß. Die Schäden sind mit einer Verringerung der Assimilationsleistung und Gesamtphytomasseproduktion verbunden. Im westlichen Himalaya, wo *Impatiens glandulifera* an diese Konkurrenzbedingungen gut angepaßt ist, bilden klimatische Parameter und die hohe Flußdynamik in den Tälern eine natürliche Barriere für die Ausbreitung.

In Österreich wurden zwar an einigen Population auch Chlorophyllschäden an Blättern beobachtet, das Ausmaß war aber sehr gering. Über Insektenfraß an europäischen Populationen wurde bisher nicht berichtet.

Verbreitung in Kärnten

Impatiens glandulifera ist eine nicht zu übersehende Art, die keine Schwierigkeiten bei der Bestimmung macht und stellt schon allein aus diesen beiden Gründen ein gutes Objekt für die Rekonstruktion des Invasionsprozesses dar (PYŠEK 1991). Weiters war die floristische Erforschung Kärntens auch in den vergangenen hundert Jahren so intensiv, daß eine Rekonstruktion der Wanderwege ausgehend von ersten beobachteten Verwilderungen lohnend erschien.

Die Durchsicht der Herbarien GJO, GZU, KL, W und WU erbrachte erste Nachweise als Gartenpflanze für das Jahr 1874 ("Pfarrhofgarten in Obervellach", leg. R. Benz, KL Nr. 2708) bzw. 1892 ("in Bauerngärten im Lavanttale kultiviert", leg. R. Benz, KL Nr. 10479). Bis in die Mitte des 20. Jh. liegen Herbarbelege und Fundmeldungen aus unterschiedlichen Landesteilen vor (Abb. 8); vor allem aus Gärten, Schloßparken, von Friedhöfen und Pfarrhöfen. Wohl an vielen dieser Stellen verwilderte die Art und konnte sich entlang von Bächen und Flüssen ausbreiten. Vor allem die baldige Nutzung als spätsommerliche Tracht für die Imkerei begünstigte die Ausbreitung.

Abbildungen 2-7: 2) Blütenstand von *Impatiens glandulifera*, Rohtang Paß, Western Himalaya. — Inflorescence of *Impatiens glandulifera,* Rohtang pass, Western Himalaya. (Foto: M. Kriechbaum)

3) *Impatiens glandulifera*-Bestand in feuchtem Straßengraben im Bereich des Rohtang-Passes, West-Himalaya. — *Impatiens glandulifera* in a moist roadside ditch, Rohtang pass, Western Himalaya. (Foto: M. Kriechbaum)

4) Weidegelände im Bereich der *Cedrus deodara*-Mischwaldzone mit *Impatiens glandulifera*, West-Himalaya. — Grazing ground in the zone of *Cedrus deodara* mixed forests with *Impatiens glandulifera.* (Foto: M. Kriechbaum)

5) Auflichtungsstadien in feuchten Nadelwäldern des West-Himalaya. — Clearings within moist coniferous forests of the Western Himalayas. (Foto: M. Kriechbaum)

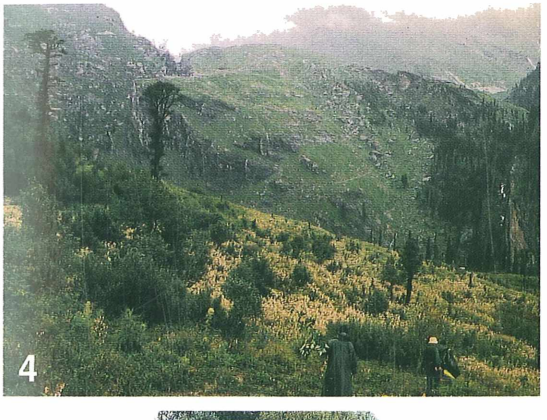
6) Flußufer mit anthropogen aufgelockertem Weidenauwaldstreifen und Dominanzbeständen von *Impatiens glandulifera.* — River bank with strip of willows and dominant *Impatiens glandulifera.* (Foto: A. Drescher)

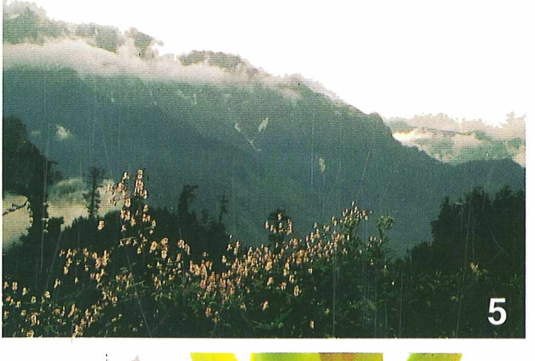
7) Sproßbürtige Wurzeln an *Impatiens glandulifera.* — Adventitious roots of *Impatiens glandulifera.* (Foto: B. Prots)

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

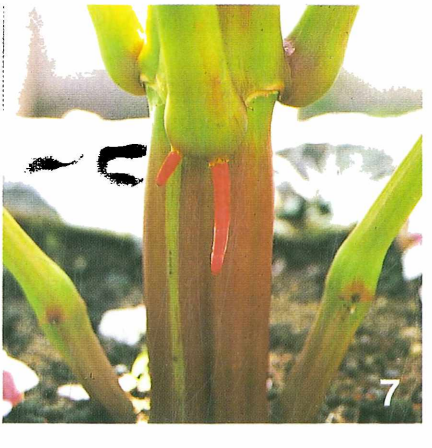
2

3


4


5

6


7

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

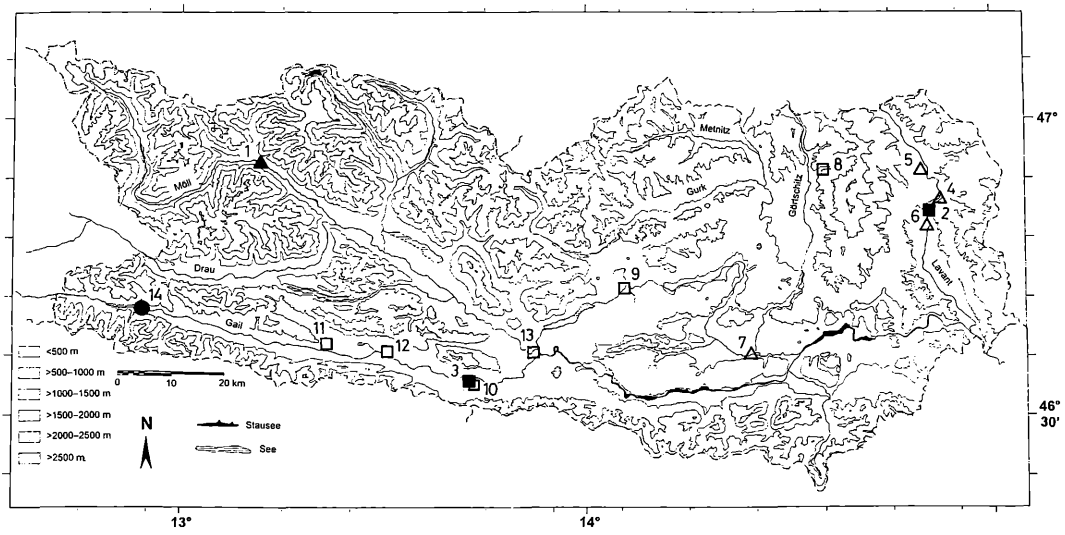


Abbildung 8: Fundmeldungen bzw. Herbarangaben von nicht eingebürgertem *Impatiens glandulifera* in Kärnten bis 1950. — Reports and herbarium specimens of not established *Impatiens glandulifera* in Carinthia till 1950.

1: Obervellach; Garten [685 m s.m.] – 1874 (KL)
2: in Bauerngärtnen des Lavanttales kultiviert – 1892 (KL, leg. R. Benz)
3: am Seltschacher Bache nächst Arnoldstein – 1899 (GJO, leg. K. Prohaska)
4: Frantschach [480 m s.m.] – 1907 (KL, leg. R. Benz)
5: Prebl [880 m s.m.] – 1907 (KL, leg. R. Benz)
6: bei Wolfsberg [ca. 450 m s.m.] – 1907 (KL, leg. R. Benz)
7: Klagenfurter Becken, Gurnitz südöstlich Klagenfurt [ca. 450 m s.m.] – 1918 (KL, leg. Pokorny)
8: Lölling [> 900 m s.m.] – 1921 (handschriftl. Notizen v. Sabidussi, Kärntner Landesmuseum)
9: Tiebelbachufer bei Feldkirchen [570 m s.m.] – 1922 (PROHASKA 1922: 36)
10: Seltschacher Bache in Arnoldstein [ca. 590 m s.m.] – 1922 (PROHASKA 1922: 36)
11: Hermagor – (PROHASKA 1922: 36)
12: St. Stephan – (PROHASKA 1922: 36)
13: Gärten bei Villach, selten verwildert [500–600 m s.m.] – (PEHR 1932: 14)
14: Kornat bei Birnbaum im Lesachtal; bei der Kirchhofsmauer [1030 m s.m.] – 1942 (W, leg. Cufodontis).

▲ –1880; ■ 1881–1900; Δ 1901–1920; □ 1921–1940; ● 1941–1950.

Die ältesten Dokumente echter Verwilderung sind Herbarbelege vom Seltschacher Bach bei Arnoldstein ("am Seltschacher Bache nächst dem Schloße Arnoldstein" leg. 23.8.1899, K. Prohaska, GJO). Bis 1999 sind Vorkommen aus fast der Hälfte der Kärntner Quadranten der floristischen Kartierung Mitteleuropas bekannt, 2% mehr als in HARTL & al. (1992) für das Gebiet gemeldet sind (Neufunde und einzelne übersehene Angaben, vgl. Abb. 9).

Aufgrund der Herbarbelege und Fundangaben kann die Ausbreitung in drei Phasen geteilt werden (Abb. 10):

(A) Die lag-Phase (Verzögerungsphase) mit einer Dauer von 69 Jahren (1899–1967), beschrieben durch die Gleichung

$$y = 1E\text{-}25e^{0,0306x} \; (R^2 = 0,8395).$$

Während dieser Phase ist die Art nur von einer beschränkten Anzahl von Habitaten gemeldet, im wesentlichen aus Siedlungen und von Flußufern. Das bedeutet Verwilderung an mehreren Stellen.

© Landesmuseum für Kärnten, download unter www.biologiezentrum.at

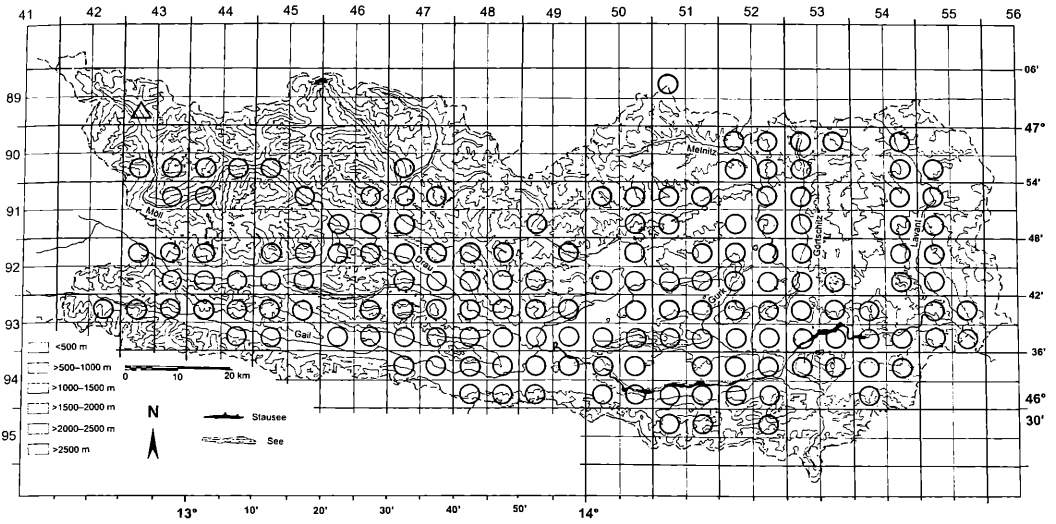


Abbildung 9: Rasterkarte der aktuellen Verbreitung von *Impatiens glandulifera* in Kärnten. Zusammengestellt aus den Kartierungslisten der Zentralstelle der floristischen Kartierung Mitteleuropas in Wien (H. Niklfeld), Einzelbelegkarten der floristischen Kartierung der Regionalstelle in Klagenfurt (G. H. Leute) und unter Nutzung der Literatur (HARTL & al. 1992; KOWATSCH 1989; MELZER 1969a, 1969b; PEHR 1932; PROHASKA 1922), handschriftlichen Notizen von Sabidussi (Kärntner Landesmuseum), der Herbarien GJO, GZU, KL, W, WU und eigenen Beobachtungen (1991–1999). Zweifelhafte Angaben aus Höhen über 1000 m, die einer Kontrolle im Gelände bedürfen, wurden weggelassen. (Δ = unbeständig) — Grid map showing the actual spread of *Impatiens glandulifera* in Carinthia. Compilation using the field protocols of the floristic mapping of central Europe in Vienna (H. Niklfeld) and the special cards in Klagenfurt (G. H. Leute), cited literature (HARTL & al. 1992; KOWATSCH 1989; MELZER 1969a, 1969b; PEHR 1932; PROHASKA 1922), handwritten notes by Sabidussi (Kärntner Landesmuseum), the herbaria GJO, GZU, KL, W, WU and own data (1991–1999). Doubtful data especially from altitudes > 1000 m, which need field control have been omitted. (Δ = casual)

(B) Die Exponential-Phase, die mit der Gleichung

$$y = 2E\text{-}47e^{0,0564x} \quad (R^2 = 0,9833)$$

beschrieben werden kann. Sie dauert 25 Jahre (1968–1992) und ist gekennzeichnet durch ein rasantes Ansteigen von Fundmeldungen und Quadranten. Dies hängt einerseits mit der 1967 beginnenden systematischen Kartierungstätigkeit in Kärnten zusammen (NIKLFELD 1971), anderseits kann ein Zusammenhang mit der Eutrophierung und Verschmutzung der Flußufer im Zuge des Wirtschaftsaufschwunges nach dem Ende des 2. Weltkrieges und den nach Überschwemmungskatastrophen auch in Kärnten rasch vorangetriebenen Uferverbauten und Flußkorrektionen (WIESER 1996, EGGER & WIESER 1998) nicht übersehen werden.

(C) Die sigmoidale Phase, die mit dem Jahr 1993 beginnt, kann mit der Gleichung

$$y = 4E\text{-}08e^{0,011x} \quad (R^2 = 0,8483)$$

beschrieben werden. Wie bei vergleichbaren Invasionen sinkt die Ausbreitungsgeschwindigkeit mit dem Rückgang der zur Verfügung stehenden besiedelbaren ökologischen Nischen und Habitate. Eine Ausbreitung in weitere Quadranten wird den Tendenzen der sigmoidalen Phase folgen. Lokal werden die Populationen und damit das besiedelte Areal vor allem entlang von Flüssen und an flußnahen Standorten vergrößert, von Dominanzbeständen dringt das Drüsen-Springkraut in Auwälder und andere Waldbestände mit

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

lückigem Kronendach über frischen bis feuchten, nährstoffreichen Böden ein. Anthropogene Maßnahmen wie Uferbefestigungen, Brückenbauten, Korrektion von noch naturnahen Laufstrecken fördern die Ausbreitung in den Vegetationskomplexen der Auen.

Die Zahl der Fundpunkte in den Höhenstufen folgt einer exponentiellen Verteilung, die mit zunehmender Höhe abnimmt (Abb. 11), wobei keine Korrelation zwischen zeitlicher und Höhenverbreitung festzustellen ist (Abb. 12). Das bedeutet, daß das wichtigste Ausbreitungsagens der Mensch selbst bzw. seine Arbeits- und Baumaschinen sind. Die Art ist zwar auch in größeren Höhen als Zierpflanze und Bienentracht gepflanzt worden (und auch verwildert), die Ausbreitung erfolgt aber nicht generell von höheren Lagen abwärts, wie man annehmen könnte. Eine größere Dichte von Populationen in der mittleren Montanstufe konnte erst in jüngerer Zeit als Folge von einer Vielzahl von Baumaßnahmen auch in mittleren Höhenlagen (bis etwa 1200 m) festgestellt werden. Die Verwendung von Baumaschinen d.h. der Transport von einer Baustelle zur anderen fördert die Ausbreitung von *Impatiens glandulifera.*

Die wichtigsten biologischen Merkmale von *Impatiens glandulifera*, die eine Ausbreitung in mittlere Gebirgslagen fördern

Der Invasionserfolg bei der Ausbreitung in Gebirgslagen wird durch folgende Eigenschaften bestimmt:

die Fähigkeit zur Reaktion auf Veränderung von Umweltparametern
die Reproduktionsfähigkeit
die vegetative Produktion

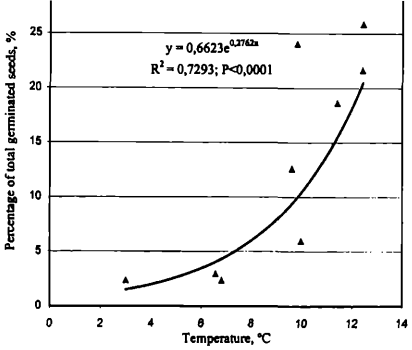
Umweltparameter

Besondere Aufmerksamkeit muß in diesem Zusammenhang den Klimafaktoren wie Einstrahlung, Temperatursummen, Extremtemperaturen, O_2-/CO_2-Konzentration, Wasser- und Nährstoffverhältnisse und Bodenverhältnisse geschenkt werden, die im Verlaufe von Invasionsprozessen fremdländischer Arten steuernd wirken.

Wärme- oder Temperatursumme

Wärmesummen werden schon seit längerer Zeit in der Agrarklimatologie und für phänologische Vorhersagen (z.B. Pollenwarndienst) verwendet. BEERLING (1993) verwendet den

Abbildungen 10-16: 10) Ausbreitungsphasen von *Impatiens glandulifera* in Kärnten: A: lag-Phase; B: exponentielle Phase; C: sigmoidale Phase. — Phases of spreading of *Impatiens glandulifera* in Carinthia: A: lag-phase; B: exponential phase; C: sigmoidal phase.
11) Höhenverteilung der Fundangaben von *Impatiens glandulifera* in Kärnten. — Elevation classes and numbers of localities of *Impatiens glandulifera* in Carinthia.
12) Höhenangaben und erstes Auftreten von *Impatiens glandulifera* in Kärnten. — Elevation and time of first establishment of *Impatiens glandulifera* in Carinthia.
13) Keimungsfrequenz in % einer alpischen Population von *Impatiens glandulifera.* — Frequency of germination (%) of alpine population of *Impatiens glandulifera.*
14) Verhältnis zwischen der mittleren Tagestemperatur und 25% der gekeimten Samen von *Impatiens glandulifera.* — Relationship between mean daily temperature and 25% of total germinated seeds of *Impatiens glandulifera.*
15) Verhältnis zwischen der mittleren Tagestemperatur und 50% der gekeimten Samen von *Impatiens glandulifera.* — Relationship between mean daily temperature and 50% of total germinated seeds of *Impatiens glandulifera.*
16) Verhältnis zwischen der mittleren Tagestemperatur und 75% der gekeimten Samen von *Impatiens glandulifera.* — Relationship between mean daily temperature and 75% of total germinated seeds of *Impatiens glandulifera.*



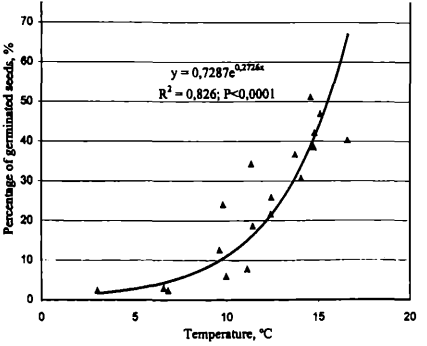
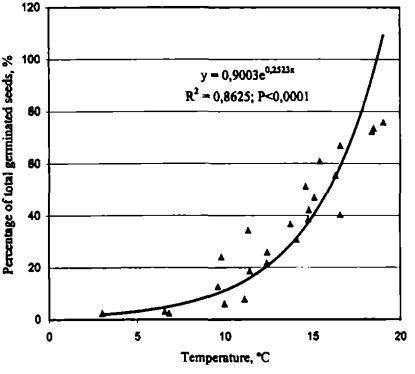


Fig. 16



© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

Fig. 10

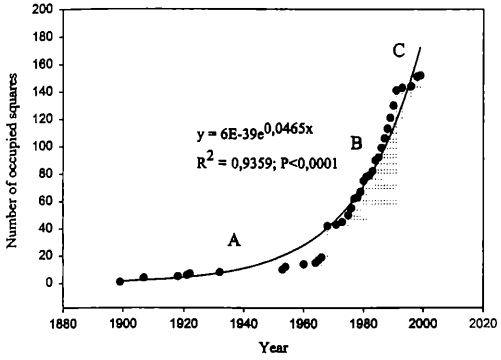


Fig. 11

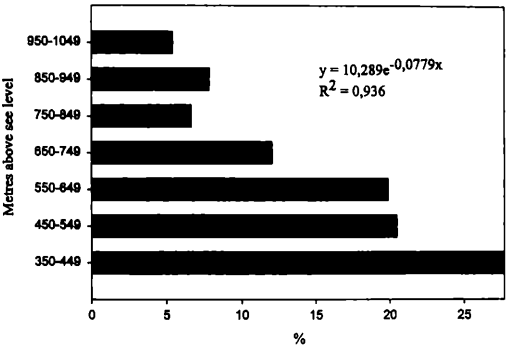


Fig. 12

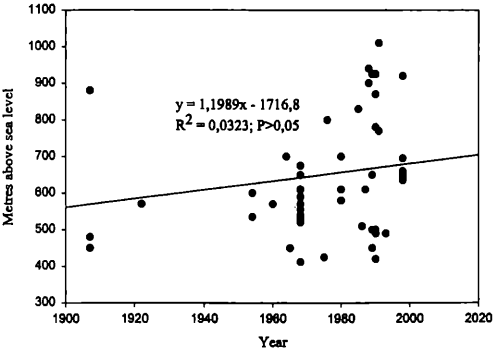


Fig. 13

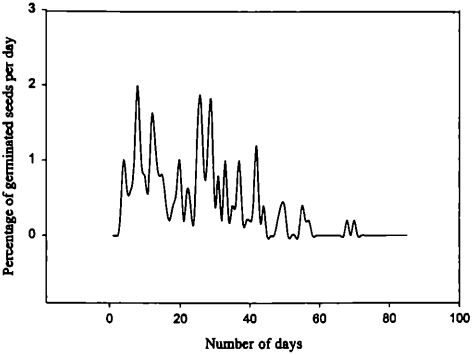


Fig. 14

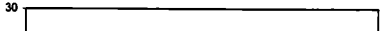
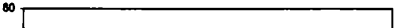


Fig. 15

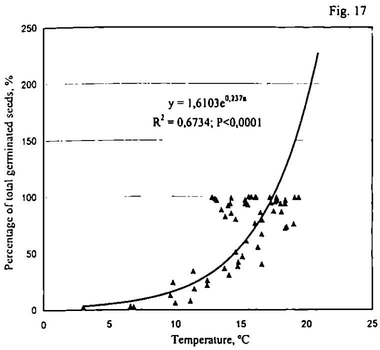


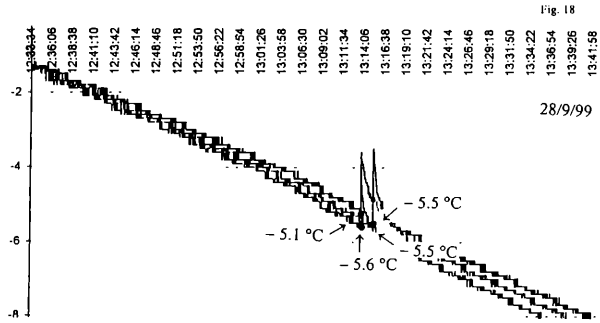
© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

mechanistischen Ansatz (WOODWARD 1988) für die Korrelationsberechnungen zwischen nördlicher Arealgrenze und Jahreswärmesumme. Anders als für ausdauernde Pflanzen, bei denen neben der Jahreswärmesumme auch winterliche Temperaturminima von Bedeutung sein können (etwa wenn eine schützende Schneedecke fehlt) stellen für annuelle Arten Spätfröste am Beginn der Vegetationsperiode einen begrenzenden Faktor dar (BEERLING 1993). Er versuchte damit die nördliche Verbreitungsgrenze von *Impatiens glandulifera* vorherzusagen. Er errechnete eine Jahrestemperatursumme von 2195°C, d.h. *Impatiens glandulifera* kann ihr Areal nicht auf Punkte ausdehnen, die nördlich einer gedachten Verbindungslinie der Punkte mit einer Jahrestemperatursumme von 2195°C während der Vegetationsperiode liegen. Er testete seine Berechnungen, indem er sie mit den erhobenen Klimadaten einiger hoch gelegener Vorkommen des Drüsen-Springkrauts in der Schweiz verglich. Die vorhergesagten Höhengrenzen stimmten gut mit den Daten der nächstgelegenen Klimastationen überein. Für Vergleiche mit BEERLING's Ergebnissen und Berechnungen mit Datenmaterial aus Österreich müssen die Unterschiede in der Wärmesummenberechnung beachtet werden. Während BEER-LING (1993) alle Werte über 0°C einbezieht, sind z.B. die Summenwerte, die von der Österreichischen Bodenschätzung verwendet werden, anders errechnet. Die Wärmesumme ergibt sich aus der Summierung aller 14-Uhr Temperaturen über das gesamte Jahr, wenn das tägliche Minimum +5°C nicht unterschreitet und das tägliche Maximum nicht unter +15°C liegt. Bei Anwendung dieser Berechnungsart nimmt die Jahrestemperatursumme/100 Höhenmeter bis 1000 m um 178°C, darüber um 144°C/100 m zu, der Durchschnittswert beträgt 159°C (HARLFINGER & KNEES 1999). Ein direkter Vergleich zwischen der Berechnungsmethode von BEERLING (1993) und der Methode, die im Klimahandbuch für die Böden Österreichs vorgelegt wird, ist nicht möglich. Unsere Berechnungen ergaben eine Obergrenze für die Vorkommen in Kärnten bei 945 m s.m. auf der Grundlage von Temperaturmittelwerten von 1961–1990. Wenn man nun die Erwärmung im vergangenen Jahrzehnt einkalkuliert, erhöht sich diese Grenze auf aktuell 966 m s.m. Wir benutzten für die Berechnungen die lineare Regression y = 2,0786x + 2952,9 (Klimastation Lienz). Dabei bedeutet x die Zahl der Jahre im Bereich zwischen 1961–1990, y die Temperatursumme in °C/Jahr (HARLFINGER & KNEES 1999). Dies bedeutet für die vergangenen 40 Jahre eine Erhöhung der Jahrestemperatursumme um 21°C/10 Jahre. Wenn man nun die bekannten Kärntner Fundpunkte vergleicht, überschreitet nur einer (Patergassen im Gurktal) diese Obergrenze um 44 m, was durch meso- und mikroklimatische Faktoren erklärt werden kann. Der Test mit der berechneten Jahrestemperatursumme von 2195°C (BEERLING 1993) hat für *Impatiens glandulifera* in Kärnten ein signifikantes Ergebnis geliefert und kann sicher auch für andere Gebiete der Ostalpen verwendet werden.

Die Temperatur ist auch ein Schlüsselfaktor für die Keimung der Samen. *Impatiens glandulifera* benötigt eine Kälteperiode um die Keimruhe zu beenden. GRIME & al. (1981) reihen das Drüsen-Springkraut in die Gruppe von Arten mit ungewöhnlicher Reaktion auf trockene Lagerung: Die Keimungsrate steigt bei einer Lagerung um +5°C, nicht aber bei +20°C. Zur Keimung benötigen die Samen der letzten Vegetationsperiode eine kühle Lagerung bei 4–5°C für einen Zeitraum von 30–45 Tagen (GRIME & al 1981; MUMFORD 1988, 1990). Unsere Versuche ergaben ähnliche Ergebnisse. Es stellte sich jedenfalls heraus, daß Saatgut unterschiedlicher Herkunft verschiedene Lagerungsbedingungen bevorzugt. Die "Hochlagen"-Population aus dem Mölltal (920 m s.m.) keimt sowohl nach trockener als auch nach feuchter Lagerung. Saatgut aus Ustrzyki Dolne, 450 m s.m. (Karpaten, Bieszczady Gebirge) wies nach trockener Lagerung eine fünf mal geringere Keimungsrate auf, als das Saatgut aus dem Mölltal. Über das

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at





Abbildungen 17-18: 17) Verhältnis zwischen der mittleren Tagestemperatur und der Gesamtsumme der gekeimten Samen von *Impatiens glandulifera*. — Relationship between mean daily temperature and total germinated seeds of *Impatiens glandulifera*.
18) Bestimmung der ice nucleation temperature (INT) von *Impatiens glandulifera*-Blättern. — Determination of ice nucleation temperature (INT) for *Impatiens glandulifera* leaves.

Keimverhalten von *Impatiens glandulifera* über einen Zeitraum von 80 Tagen gibt Abb. 13 Auskunft (PROTS & BEERLING 2000, in Vorbereitung). Die Keimungsrate pro Tag schwankt zwischen 0 und 2%. Die über einen langen Zeitraum ausgedehnte Keimung stellt eine wichtige Anpassung dar, die dazu beiträgt, das Überleben der Population bei stark schwankenden Witterungsbedingungen, wie sie etwa Spätfröste im Frühjahr darstellen, zu sichern. Das Verhältnis von Tagesmittel der Temperatur und der Keimungsrate ist in den Abb. 14–17 dargestellt. Der steigende Wert des Regressionskoeffizienten beweist die gute Korrelation zwischen höherer Keimungsrate bei steigenden Keimungstemperaturen. Die restlichen 25% des gekeimten Samenmaterials sind nicht mit höheren Temperaturen (Durchschnittstemperatur +16,1°C) korreliert ($R^2 = 0{,}012$).

Extremtemperaturen

BEERLING (1993) konnte feststellen, daß die absolute Minimumtemperatur keinen signifikanten Einfluß auf die Verbreitung von *Impatiens glandulifera* hat. Im ursprünglichen Areal sind die Samen durch eine Streuschicht bzw. durch die Schneedecke während der kalten Jahreszeit geschützt. Nach Abschluß seiner Tests und Vorhersagen kam er zur Schlußfolgerung, daß noch immer keine Klarheit über die Mechanismen besteht, die die Keimung von *Impatiens glandulifera* steuern/kontrollieren. Wir nehmen an, daß neben der Jahreswärmesumme auch die Frostfreiheit in der Vegetationsperiode und die Dauer der frostfreien Periode für die Begrenzung des Areals in die Höhe und gegen Norden eine Rolle spielen.

Die wassergesättigten Samenkörner in feuchter Umgebung oder in 5–7 mm tiefem Wasser gelagert sind sehr frostempfindlich. Experimente zeigten einen 100%igen Ausfall bei der Keimung bei einer Lagerung unter –1 bis –3°C. Das bedeutet, daß feuchte, auf der Bodenoberfläche liegende Samen praktisch keinen Frost ertragen, trockenes Saatgut überlebt hingegen Temperaturen bis –9°C. Spätfröste im Frühjahr schädigen oder eliminieren Sämlinge und juvenile Pflanzen. Die bisherigen Untersuchungen verschiedener Autoren ergaben in dieser Hinsicht aber stark unterschiedliche Ergebnisse.

KOENIES & GLAVAČ (1979) konnten mit einfachen Versuchen die Abhängigkeit der Frostüberlebensrate von der Größe der Sämlinge (4–7 cm) zeigen – leider ohne Angabe der Tem-

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

peraturen. PERRINS & al. (1990) haben die drei *Impatiens*-Arten, *I. glandulifera, I. balfourii* und *I. parviflora* beim Grenzwert –5°C vergleichend untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß 97% von *Impatiens glandulifera*, 75% von *Impatiens balfourii*, aber nur 33% von *Impatiens parviflora* diese Temperatur überlebten. Freilandbeobachtungen ergaben, daß das lokale Mikrorelief einen großen Einfluß hat: In kleinen abflußlosen Hohlformen, in denen sich nachts die kalte Luft sammelt, waren die Frostschäden größer als in ebenen Lagen oder an Hängen. Auffallend war außerdem, daß die größten Individuen, die früher gekeimt hatten, keine Schäden erlitten. PERRINS (1990) folgerte, daß nur bis zu einem Alter von etwa einer Woche nach der Keimung Frostschäden auftreten. Bisher unveröffentlichte Versuche (PROTS & BEERLING 2000 in Vorbereitung) ergaben eine Frostresistenz von adulten Pflanzen bis –5,1 bis –5,6°C (Abb. 18). Nach bisherigen Untersuchungen scheint jedenfalls die Frostresistenz von *Impatiens glandulifera* komplizierter zu sein als bisher angenommen. Größere interspezifische Konkurrenz sowie der Ernährungszustand scheinen eine nicht unbedeutende Rolle zu spielen. Einer Klärung kann nur im Rahmen weiterer Versuche nähergekommen werden.

Wasserversorgung

Impatiens glandulifera ist auf feuchte bis sehr feuchte Standorte beschränkt, was die rasche Ausbreitung entlang der Flüsse und Bäche in Europa erklärt. Auch während der Keimungsphase ist ausreichende Feuchtigkeit notwendig. Trockenheit stresst die Sämlinge besonders, bei längeren Trockenperioden sterben diese. Schon LHOTSKÁ & KOPECKÝ (1966) stellten fest, daß frische und unter feuchten Bedingungen gelagerte Samen im Wasser rasch absinken, die Art also nicht, wie lange angenommen, als nautohydrochor bezeichnet werden darf. Die Diasporen werden vielmehr wie die Elemente des Geschiebes am Boden des Bachbettes transportiert. Um nun die Auswirkungen der Lagerung unter Wasser auf die Diasporen zu prüfen, wurden versuchsweise 100 Samen von *Impatiens glandulifera* in 20 cm tiefem Wasser während sechs Monaten (Oktober 1999 bis März 2000) in Sheffield (U.K.) unter Freilandbedingungen gelagert (die täglichen Temperaturmittelwerte bewegten sich zwischen +1° und +6°C, keine Eisdecke auf der Wasserfläche). Im April wurden diese Samen auf Gartenerde gesät. Nach mehr als eineinhalb Monaten waren lediglich 10% gekeimt. Das bedeutet aber, daß Überflutungen keine so große Bedeutung bei der Ausbreitung von *Impatiens glandulifera* beigemessen werden darf wie bisher angenommen. Die Bedeutung der feuchten Flußufer für die Etablierung von Populationen bleibt aber unbestritten.

Fehlende Bodenfeuchte oder längere Trockenperioden stellen hingegen einen begrenzenden Faktor für die Arealausweitung dar. Dies betrifft vor allem ruderale Standorte in Siedlungen, wie Müll- und Abfallplätze.

Nährstoffversorgung

Impatiens glandulifera wurde schon in den 50er Jahren entlang von stark verschmutzten Flüssen in Industriegebieten beobachtet (GILMOUR & WALTERS 1954, BEERLING 1990), was eine gewisse Toleranz gegenüber Verschmutzung von Wasser, Boden und Luft verrät. Versuche, die in diesem Zusammenhang in Sheffield (UK) durchgeführt wurden (PROTS unveröff.) zeigen, daß die Ausbildung von Merkmalen im reproduktiven und vegetativen Bereich in hohem Maße von zusätzlichen Düngergaben abhängig ist. Auch im Untersuchungsgebiet ist die Ausbreitung gut mit den nährstoffreichen Standorten entlang der Flüsse korreliert, speziell an Abschnitten, wo intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen direkt an Flußufer angrenzen.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Ansprüche an den Boden

Der pH-Wert hat keinen großen Einfluß auf die Ausbreitung von *Impatiens glandulifera.* Die Bandbreite an gemessenen pH-Werten reicht von 3,5 bis 7,7 (BEERLING & PERRINS 1993). An Standorten mit Boden-pH-Werten unter 3,5 konnte die Art bisher nicht beobachtet werden (PERRINS & al. 1993).

Auch gegenüber einer großen Bandbreite von Korngrößenspektren ist die Art tolerant, bevorzugt aber alluviale Lehme und Schluffe bis hin zu Niedermoortorf. Wichtig erscheint uns, daß die Begradigung und Eindämmung aller größeren Flüsse und die Verbauung der Wildbäche, eine Steigerung des Anteiles feinerer Fraktionen (Sand und Schluff) im Sediment mit sich brachte und auch den Nährstoffgehalt anhob (Auswaschung aus landwirtschaftlichen Flächen und Schlagflächen). Die Bevorzugung dieser feineren Fraktionen ermöglichte die Ausbreitung von *Impatiens glandulifera* entlang der Ufer seit dem Beginn der 60er Jahre.

Lichtgenuß

Impatiens glandulifera benötigt eine gewisse Lichtstärke, damit sie ihren Entwicklungszyklus abschließen und reife Früchte liefern kann. Beobachtungen an Populationen in Grauerlenbeständen im oberen Drautal zeigten, daß Individuen in Lücken der Baumschicht sich kaum unterschiedlich zu solchen außerhalb des Waldbestandes entwickelten, 1,4–1,6 m Höhe erreichten und zur Blüte kamen. Individuen in 1 bis 3 Meter Entfernung von der Lücke im Kronendach erreichten nur noch 40–70 cm Höhe, in 4–7 Meter Entfernung im Schatten des geschlossenen Kronendaches waren die Individuen nur mehr 20–30 cm hoch und kamen nicht mehr zur Blüte.

Kohlendioxid und Sauerstoff

Über die Wirkung von erhöhten Kohlendioxid- und Sauerstoffanteilen in der Atmosphäre auf das Wachstum von *Impatiens glandulifera* ist bisher wenig bekannt. Unsere Versuche mit erhöhten CO_2-Konzentrationen unter Gewächshausbedingungen zeigten sowohl Auswirkungen auf die Photosyntheserate, wie auch auf das Wachstum im generativen und vegetativen Bereich.

Über die Wirkungen erhöhter CO_2- bzw. O_2-Konzentrationen im Boden gibt es unterschiedliche Angaben. Ob die Ausbildung von adventiven "Luft"wurzeln (Abb. 7) eine Reaktion auf O_2-Mangel im Boden darstellt, kann aufgrund fehlender Versuche nicht beurteilt werden.

Reproduktionsfähigkeit und Ausbreitungsdynamik

Die wichtigsten Merkmale für die Potenz zur Arealausweitung sind Größe und Gewicht der Samen, Produktionsrate, Art der Samenausbreitung, die Ausbreitungsmedien und die Diasporenbank.

Die Kapseln von *Impatiens glandulifera* enthalten 4–16 Samen von 4–7 mm Länge und 2–4 mm Breite. Als Trockengewicht wurden Werte zwischen 2 und 35 mg gewogen (Mittelwert bei 100 Samen: 21,8 ± 1,2 mg) (BEERLING & PERRINS 1993). Größe, Form und Gewicht der Samen erleichtern das Durchdringen der Streu und das Erreichen der Bodenoberfläche. Sowohl die Streubedeckung als auch das Überwintern in kleinen Hohlräumen an der Bodenoberfläche erhöhen die Chance stärkere Fröste auch ohne Schneebedeckung zu überstehen. Die hohe Samenproduktion (unter optimalen Umständen kann ein Individuum bis zu 2500 Samen produzieren) ermöglicht eine hohe Ausbreitungsrate (KOENIES & GLAVAČ 1979). Je höher die

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

Bestandesdichte innerhalb eines monodominanten Bestandes, desto niedriger ist die Rate der pro Individuum gebildeten Samen. BEERLING (1990) beschreibt die Beziehung zwischen Bestandesdichte (PD/m²) und Samenproduktion pro Pflanze (SP) mit der folgenden Gleichung: $SP = 1886 \times 2PD^{(-0,367)}$; $R^2 = 0,9663$. Bei der Überschreitung einer realistischen Bestandesdichte ergeben sich allerdings zu hohe Werte für die Samenproduktion.

Impatiens glandulifera besitzt zudem noch einen Mechanismus zur effektiveren Ausbreitung der Samen. Der Aufbau der Fruchtwand, unterschiedliche Druckverhältnisse in den Geweben ergeben einen Spannungszustand. Bei der Fruchtreife reißt die Ansatzstelle der einzelnen Karpelle am Fruchtstiel ab und die sich durch die Spannungsunterschiede in den Geweben uhrfederartig einrollenden Karpelle schleudern die Samen in Abhängigkeit von der Höhe der Pflanze und den Windverhältnissen bis zu 5 Meter weit ab. Die Dichte der ausgeschleuderten Samen ist in etwa 1–2 Meter Entfernung von der Pflanze am größten und nimmt mit der Entfernung von der Pflanze ab (BEERLING & PERRINS 1993). Die von diesen beiden Autoren ermittelte mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit beträgt im ebenen Gelände 2,47 m/Jahr. An stark geneigten Standorten bzw. durch Starkregen oder Flut kann dieser Betrag um ein Vielfaches überschritten werden.

In den vergangenen Jahrzehnten hat eine Arealerweiterung auch in höhere Lagen stattgefunden. Eine Reihe von Literaturangaben und Herbarnachweise belegen, daß *Impatiens glandulifera* sich von höhergelegenen Siedlungen über den Weg als verwilderte Zierpflanze ausgebreitet hat (z.B. Lavanttal, Angaben von R. Benz). In jüngster Zeit hat vor allem die Mobilität des Menschen und der Einsatz von Baumaschinen auch auf kleinsten Baustellen zur Ausbreitung in wenig intensiv genutzte Landesteile beigetragen. Der rasche Transport auf verschiedene Baustellen und der damit verbundene Transport von Erdmaterial in Reifenrillen und Caterpillarketten sind die Ursache für die Ausbreitung über größere Distanzen. Auf neu eroberten Standorten können auch Kleinnager wie Mäuse für die Weiterverbreitung über kürzere Distanzen verantwortlich sein (STODDART 1979).

Impatiens glandulifera hat eine hohe Samenproduktionsrate – BEERLING & PERRINS 1993 berichten von bis zu 6000 Samen/m² – baut aber keine Samenbank im Boden auf (GRIME & al. 1988). Unsere Versuche unter *Impatiens*-Beständen Ende Mai keimfähige Samen im Boden zu finden, verliefen erfolglos. Beobachtungen von BEERLING & PERRINS (1993) lassen den Schluß zu, daß unter bestimmten Bedingungen Samen aber bis zu 18 Monate im Boden keimfähig bleiben können. Bisher unveröffentlichte Beobachtungen am Don-Fluß (Sheffield, U.K.) zeigen, daß im Schluff zusammen mit Holzresten begrabene *Impatiens*-Samen trotz hoher Aktivität von Invertebraten mehr als zwei Jahre keimfähig überdauert haben. Unter den kühleren Bedingungen im Alpenraum sollten die Samen noch länger keimfähig überleben können. An Flüssen mit periodischen auftretenden Überschwemmungen könnte die Samenbank einen wichtigen Faktor für die Ausbreitung der Art darstellen.

Merkmale im Zusammenhang mit der vegetativen Produktion

Lebensdauer und Biomasseproduktion sind die wichtigsten Merkmale im Zusammenhang mit der vegetativen Produktion. *Impatiens glandulifera* ist ein sommerannueller Therophyt ohne vegetative Reproduktion. Die Strategie der Art ist eine hohe Samenproduktion kombiniert mit einem schnell abgeschlossenen Lebenszyklus, ein Vorteil vom Standpunkt der Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen. Je kürzer der Lebenszyklus, in dem eine Art noch keim-

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

fähige Samen produzieren kann, desto höher ist der Invasionserfolg fremdländischer Arten (PYŠEK & PRACH 1993).

Für *Impatiens glandulifera* können folgende Mindestzeiträume genannt werden:

Zeitraum bis zur Keimung (abhängig von den Temperaturen): 14 Tage.
Zeitraum von der Keimung bis zur Blüte: 88 Tage.
Blütezeit: 5 Tage.
Zeitraum bis zur Fruchtreife: 27 Tage.

Impatiens glandulifera benötigt also eine Periode von mindestens 120 frostfreien Tagen, um ein Minimum an keimfähigen Samen zu produzieren und eine Population stabil erhalten zu können.

Daneben scheint der Invasionserfolg auch mit der Konkurrenzfähigkeit zusammenzuhängen, die wiederum mit der Höhe und der Biomasseproduktion der Individuen korreliert ist. Bemerkenswert ist etwa die Konkurrenzkraft gegenüber mehrjährigen Stauden wie etwa der Brennessel (*Urtica dioica*), die an nährstoffreichen Flußuferstandorten hohe Biomasseproduktion erreicht (GRIME & al. 1988).

Die Dominanz von *Impatiens glandulifera* an Flußuferstandorten steht oft im Zusammenhang mit der herabgesetzten Konkurrenzkraft der heimischen Auen-Arten in der Folge der Veränderung der Standortsbedingungen nach menschlichen Eingriffen (Flußkorrektion, Düngereintrag usw.).

Klimaveränderungen

Die kontinuierlich ansteigenden CO_2-Gehalte in der Atmosphäre bewirken nach den gängigen Klimamodellen eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur, des Auftretens von Extremereignissen wie Starkniederschläge und Trockenperioden. Diese Veränderungen erleichtern aufgrund der Streßsituationen für die heimische Flora fremdländischen Arten die Ausbreitung in bisher noch nicht eroberte Teile ihrer potentiellen Areale.

Unveröffentlichte Versuche unter kontrollierten Klimabedingungen (PROTS & BEERLING 2000 in Vorbereitung) zeigten eine gute Korrelation zwischen der Fruchtbarkeitsrate von *Impatiens glandulifera* und steigenden CO_2-Gehalten. Die erhöhte Konkurrenzkraft wird sich in einer aggressiveren Ausbreitung äußern. Auf die Alpen übertragen bedeutet dies eine Ausweitung des Areals, das durch thermische Parameter und ausreichende gleichmäßige Wasserversorgung während der Vegetationsperiode begrenzt ist.

Eine Erhöhung der Temperatur hat eine Ausweitung der oberen Arealgrenze in Gebirgen zur Folge. Ein Ansteigen der Jahresmitteltemperatur in Bodennähe um 2°C schiebt die obere Verbreitungsgrenze in den Ostalpen auf etwa 1100 m s.m.

Die Erhöhung des CO_2-Gehaltes beeinflußt den Wasserhaushalt der Pflanzen. Die von MORISON 1993 studierten Arten zeigten eine Erhöhung der Photosyntheserate bei gleichzeitigem Sinken der "stomatalen Leitfähigkeit" (stomatal conductance). Auf *Impatiens glandulifera* übertragen, würde eine Anhebung der CO_2-Konzentration eine Arealausweitung auf früher, aufgrund des beschränkten Wasserangebotes nicht besiedelbare Flächen bedeuten (BEERLING & WOODWARD 1994). Jedenfalls kann festgestellt werden, daß *Impatiens glandulifera* im Rahmen der klimatischen Veränderungen seine nach oben sich ausdehnende Arealgrenze noch nicht erreicht hat. Auch die in der Folge der Klimaveränderungen unregelmäßigere

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at; www.biologiezentrum.at

Niederschlagsverteilung und häufigere Überschwemmungskatastrophen können zur weiteren Ausbreitung beitragen.

Naturschutzaspekte

Menschliche Eingriffe verändern gewöhnlich die Struktur von Pflanzengesellschaften, was in den meisten Fällen zu einer größeren Empfindlichkeit gegenüber externen Einflüssen und der Minderung der Konkurrenzkraft gegenüber fremdländischen Arten führt. Individuenreiche, stabile Populationen invasiver Arten können das Eindringen in naturnahe Gesellschaften begünstigen. Flußtäler wirken in diesem Zusammenhang wie Korridore für das Vordringen von *Impatiens glandulifera* und ermöglichen die Unterwanderung selbst von Gebieten, die vom Menschen wenig gestört sind. Obgleich *Impatiens glandulifera* weniger invasiv erscheint als etwa *Polygonum japonicum* (Syn.: *Reynoutria japonica*) haben Massenbestände an Ufern vor allem an kleineren Flüssen negative Auswirkungen auf das Abflußverhalten im Laufe von Hochwasserereignissen (WADE & al. 1994) und verursachen Probleme beim Management an regulierten Flußabschnitten (TREWICK & WADE 1986).

Die Verdrängung heimischer Arten mit geringerer Wuchshöhe durch Ausdunkelung und die damit einhergehende Verringerung der Artendiversität (GILBERT 1989) ist gerade an Flußufern ein häufig zu beobachtendes Phänomen.

Während der vergangenen Jahrzehnte hat *Impatiens glandulifera* in Kärnten große Flußufer- und Auenflächen erobert, die als Wanderroute für eine Vielzahl unterschiedlicher Lebewesen fungierten. Lediglich 5% der Auenstufe werden von Auwaldkomplexen eingenommen, die nicht durch Kraftwerksbauten oder Abdämmung beeinträchtigt sind (EGGER & WIESER 1998). Durch die Verringerung der Artendiversität und das Ausfallen von Futterpflanzen für Schmetterlingsraupen, Käfer, Wanzen u.a. phytophage Insekten werden diese Standorte in ihrer Funktion und biologischen Bedeutung beeinträchtigt.

Auch der Wettbewerb mit heimischen Arten von Auengesellschaften in Bezug auf Blütenbesucher und –bestäuber sollte nicht vernachlässigt werden. PROWSE & GOODRIDGE (2000, im Druck) konnten zeigen, daß *Impatiens glandulifera* während der Monate Juli bis September eine im Vergleich zu einheimischen Arten viel höhere Zahl von Blütenbesuchen aufweist.

BEERLING & PERRINS (1993) berichten auch von einer Verarmung an Phytophagen im Zuge der Ausbreitung von *Impatiens glandulifera*. Unsere Studien lassen die Ausbreitung von Kulturpflanzenschädlingen wie *Aphis fabae* und *Macrosiphum euphorbiae* als sehr wahrscheinlich erscheinen.

Diese Tatsachen sollten Grund genug sein, das extrem invasive Drüsen-Springkraut einer besseren Kontrolle durch Naturschützer, Land- und Forstwirte zu unterwerfen.

Kurzfassung der Ergebnisse

Bisher hat *Impatiens glandulifera* in Kärnten fast die Hälfte aller Quadranten der Florenkartierung Mitteleuropas besetzt. Die Einwanderungsgeschichte wurde durch drei Phasen beschrieben: die lag-Phase, die exponentielle und die sigmoidale Phase. Der Mensch stellt im untersuchten Gebiet den wichtigsten Faktor für die Ausbreitung in größere Höhenlagen dar.

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

Die Einbürgerung und die hohe Invasionspotenz in Europa im Vergleich zum ursprünglichen Areal ist durch die Kombination vor allem der Faktoren wie Klimacharakteristika, geomorphologische, hydrologische und Bodenmerkmale, den biologischen Artmerkmalen sowie Art und Ausmaß der anthropogenen Veränderungen der Vegetationsdecke bedingt.

Das europäische Areal erfüllt eine große Zahl von Anforderungen und Erfordernissen der Art besser, als das ursprüngliche Areal im Himalaya. Das neosynanthrope Areal ist um ein vielfaches größer als das ursprüngliche.

Der Invasionserfolg in Kärnten ist begründet durch:

die Erfüllung der erforderlichen Umweltparameter
das Vorhandensein von Standorten für eine optimale Reproduktion
das Vorhandensein von Standorten für ein optimales vegetatives Wachstum
die Kombination dieser drei Parameter verbessert das Invasionspotential.

Impatiens glandulifera hat in Kärnten und den gesamten Ostalpen seine obere Verbreitungsgrenze noch nicht erreicht. Die aktuelle Tendenz der Erwärmung und die diesbezüglichen Prognosen lassen die weitere Ausbreitung und damit auch die Gefährdung heute intakter Ökosysteme erwarten. Unter den derzeitigen Bedingungen ist eine Ausdehnung in weitere Quadranten nach dem sigmoidalen Muster wahrscheinlich. Heute nicht vorhersehbare Klimaänderungen könnten einen noch größeren Ausbreitungsschub dieser fremdländischen Art bewirken.

Dank

Univ.-Prof. Dr. H. Niklfeld (Wien) stellte das gesamte österreichische Datenmaterial der Zentralstelle der floristischen Kartierung Mitteleuropas zur Verfügung und unterstützte uns bei der Auswertung, ebenso Dr. G. H. Leute, Leiter der Regionalstelle in Klagenfurt, der auch wertvolle Hinweise auf ältere Literatur lieferte. Univ.-Prof. Dr. H. Hartl half bei der Klärung von fraglichen Kartierungsdaten. Frau Dr. M. Kriechbaum (Universität für Bodenkultur, Wien) danken wir für die Überlassung der Farbdiapositive aus dem West-Himalaya und die Erlaubnis diese zu publizieren, Dr. A. Terry (University of Bradford, UK) für die Unterstützung bei der Bestimmung der "ice nucleation temperatures" Zuletzt sei noch R. Drescher-Schneider für die Zeichnung der Vorlagen für die Abbildungen 1, 8 und 9 herzlich gedankt.

Literatur

Aswal, B. S & B. N. Mehrotra (1994): Flora of Lahaul-Spiti (A cold desert in North West Himalaya). – Dehra Dun: Bishen Singh Mahendra pal Singh.

Beerling, D. J. (1990): The ecology and control of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica* Houtt.) and Himalayan balsam (*Impatiens glandulifera* Royle) on river banks in South Wales. – PhD thesis, University of Wales, Cardiff.

Beerling, D. J. (1993): The impact of temperature on the northern distribution limits of the introduced species *Fallopia japonica* and *Impatiens glandulifera* in north-west Europe. – Journ. of Biogeography **20**: 45–53.

Beerling, D. J. & Perrins, J. M. (1993): *Impatiens glandulifera* Royle (*Impatiens roylei* Walp.). – Journal of Ecology **81**: 367–382.

Beerling, D. J. & F. I. Woodward (1994): Climate change and the British scene. – Journal of Ecology **82**: 391–397.

© Landesmuseum für Kärnten; download unter www.biologiezentrum.at

BENKERT, D., FUKAREK, F. & H. KORSCH (1998): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen). – Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm: G. Fischer.

BERKO, O. M. (1963): The locality of Himalayan Balsam (*Impatiens roylei* Walp.) near L'viv. – Ukr. Bot. Journal **20**: 102–103. (Ukrainisch)

BURDA, R. I. & A. A. RJABOCKON (1994): Naturalisation of adventive species *Impatiens glandulifera* Royle in Kharkiv City.– Ukr. Bot. Journal **51**: 140–145. (Ukrainisch)

BOLÒS, O. DE, FONT I CASTELL, X., PONS I FERNANDEZ, X. & J. VIGO I BONADA (1998): Atlas corològic de la flora vascular dels països Catalans. vol. 8. – Barcelona: Limpergraf.

CHASSAGNE, M. (1957): Inventaire analytique de la flore d'Auvergne et contrées limitrophes des départements voisins. – Paris: P. Lechevalier.

DE LANGHE, J.-E., DELVOSALLE, L., DUVIGNEAUD, J., LAMBINON, J. & C. VANDEN BERGHEN (1992): Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines. – Meise: Jardin botanique national de Belgique.

DE WAAL, L. C., CHILD, L. E., WADE, P. M. & J. H. BROCK (1994): Ecology and management of invasive riverside plants. – Chichester: J. Wiley.

DI CASTRI, F. & R. H. GROVES [eds.] (1991): Biogeography of mediterranean invasions. – Cambridge: Univ. Press.

DHAR, U. & P. KACHROO (1983): Alpine Flora of Kashmir Himalaya. – Jodhpur: Scientific Publ.

DRESCHER, A. & B. PROTS (1996): *Impatiens glandulifera* Royle im südöstlichen Alpenvorland – Geschichte, Phytosoziologie und Ökologie. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark **126**: 145–162.

EGGER, G. & H. WIESER (1998): Verbreitung und Gefährdung der Auwälder Kärntens. – Kärntner Naturschutzblätter **3**: 3–28.

GILBERT, O. L. (1989): Ecology of urban habitats. – London: Chapman & Hall.

GREUTER, W., BURDET, H. M. & G. LONG (1984): Med-Checklist vol. 1. – Genève: Atar S.A.

GRIME, J. P. (1979): Plant strategies and vegetation processes. – Chichester: J.Wiley.

GRIME, J. P., HODGSON, J. G. & R. HUNT (1988): Comparative Plant Ecology. A Functional Approach to Common British Species. – London: Unwin Hyman.

GRIME, J. P., MASON, G., CURTIS, A. V., RODMAN, J., BAND, S. R., MOWFORTH, M. A. G., NEAL, A. M. & S. SHAW (1981): A comparitive study of germination characteristics in a local flora. – Journal of Ecology **69**: 1017–1059.

GUDŽINSKAS, Z. (1998): Conspectus of alien plant species of Lithuania. 8. Aceraceae, Balsaminaceae, Elaeagnaceae, Geraniaceae, Hippocastanaceae, Linaceae, Lythraceae, Onagraceae, Oxalidaceae, Rutaceae, and Vitaceae. – Botanica Lithuanica **4**: 363–377.

GUSIEV, Y. D. (1973): Supplements for the adventive flora of the northwest regions of European Russia.– Bot.Journ. **58**: 904–909. (Russisch)

HÄMET-AHTI, L., SUOMINEN, J., ULVINEN, T., UOTILA, P. & S. VUOKKO (1986): Retkeilykasvio. – Helsinki: Soumen Luonnonsuojelun Tukl Oy.

HAEUPLER, H., SCHÖNFELDER, P. & F. SCHUHWERK (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – Stuttgart: E.Ulmer.

HARA, H. & WILLIAMS, L. H. J., WHITMORE, T. C., SUTTON, S. Y. & A. O. CHATER (1979): An enumeration of the flowering plants of Nepal. vol. 2. – Bungay: Chaucer Press.

HARLFINGER, O. & G. KNEES (1999): Klimahandbuch der österreichischen Bodenschätzung. – Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges. **58**: 1–196.

HARTL, H., KNIELY, G., LEUTE, G. H., NIKLFELD, H. & M. PERKO (1992): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Kärntens. – Klagenfurt: Naturwiss. Verein für Kärnten.

HESS, H. E., LANDOLT, E. & R. HIRZEL (1970): Flora der Schweiz. Vol. 2. – Basel, Stuttgart: Birkhäuser.

HOOKER, J. D. (1875): Flora of British India. vol. 2. – London: Reeve & Co.

JASNOWSKI, M. (1961): *Impatiens roylei* Walpers – eine neue Auenwaldpflanze in Polen. – Fragm. florist. geobot. **7**: 77–80.

KARLSSON, T. (1978): Floristic notes. – Svensk botanisk Tidskrift **72**: 149–159.

KOENIES, H. & V. GLAVAC (1979): Über die Konkurrenzfähigkeit des Indischen Springkrautes (*Impatiens glandulifera* Royle) am Fuldaufer bei Kassel. – Philippia **IV/1**: 47–59.

© Landesmuseum für Burgenland, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

KOLB, H. (1994): Abflußverhalten von Flüssen in den Hochgebirgen Nordpakistans. Grundlagen, Typisierung und bestimmende Einflußfaktoren an Beispielen. – Beiträge u. Materialien z. Geogr. **7**: 21–114.

KOMZHA, A. L. & K. P. POPOV (1990): New data for adventive flora from North Ossetia. – Bot. Journ. **75**: 108–110. (Russisch)

KOWATSCH, J. (1989): Standortsmosaik, Sukzessions- und Vegetationsdynamik im Uferbereich des Edlinger-Stausees. – Diss. Univ. Graz.

KOTOV, M. I. (1954): Notes on some new and interesting plant species of the Precarpathians.– Bot. Journal of Acad. Sci. Ukr. SSR **11**: 113–115. (Ukrainisch)

KREWEDL, G. (1992): Die Vegetation von Naßstandorten im Inntal zwischen Telfs und Wörgl. Grundlagen für den Schutz bedrohter Lebensräume. – Ber. naturwiss.-med. Ver. Innsbruck, Suppl. **9**: 1–464.

KRISAI, R., VOITLEITHNER, B., ENZINGER, M. & P. SCHREILECHNER (1999): Teilbericht der Bundesländer Oberösterreich: Die Vegetation des Talraumes der Salzach. – In: Arbeitsgr. der ständigen Gewässerkomm. nach dem Regensburger Vertrag (Hrsg.): 67–173. – Laufen: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege.

LAUBER, K. & G. WAGNER (1996): Flora Helvetica. – Bern: P. Haupt.

LHOTSKÁ, M. & K. KOPECKÝ (1966): Zur Verbreitungsbiologie und Phytozönologie von *Impatiens glandulifera* Royle an den Flußsystemen der Svitava, Svratka und oberen Odra. – Preslia, Praha **38**: 376–385.

LUKAČ, G. (1989): Nova nalazišta vrste *Impatiens glandulifera* Royle u Hrvatskoj. – Acta Bot. Croat. **48**: 165–168.

MELZER, H. (1969a): Beiträge zur Flora von Kärnten. – Verh. zool.-bot. Ges. Wien **108/109:** 127–137.

MELZER, H. (1969b): Neues zur Flora von Kärnten. – Carinthia II **159/79**: 181–190.

MOORE, D. M. (1968): *Impatiens* L. – In: TUTIN T. G. HEYWOOD V H., BURGES N. A., MOORE D. M., VALENTINE D. H., WALTERS S. M. & D. A. WEBB: Flora Europaea vol. **2**: 240–241. – Cambridge: Univ. Press.

MORISON, J. I. L. (1993): Responses of plants to CO_2 under water limiting conditions. – Vegetatio **103/104:** 193–209.

MUMFORD, P. M. (1988): Alleviation and induction of dormancy by temperature in *Impatiens glandulifera* Royle. – New Phytologist **109**: 107–110.

MUMFORD, P. M. (1990): Dormancy break in seeds of *Impatiens glandulifera* Royle. – New Phytologist **115**: 171–175.

NASIR, Y. J. & R. A. RAFIQ (1995): Wild flowers of Pakistan. – Karachi, Oxford, New York, Delhi: Univ. Press.

NIKLFELD, H. (1971): Bericht über die Kartierung der Flora Mitteleuropas. – Taxon (Utrecht) **20:** 545–571.

PAPCHENKOV, V. G. (1993): On the new and rare species of the Tatarstan flora. – Bot. Journ. **78**: 73–79. (Russisch)

PEHR, F. (1932): Die Ruderalflora von Villach. – Carinthia II **121-122/41-42**: 12–17.

PERRINS, J., FITTER, A. & M. WILLIAMSON (1993): Population biology and rates of invasion of three introduced *Impatiens* species in the British Isles. – Journ. of Biogeography **20**: 33–44.

PIGNATTI, S. (1982): Flora d'Italia. Vol. 2. – Bologna: Edagricole.

POLDINI, L. (1991): Atlante corologico delle Piante vascolari nel Friuli-Venezia Giulia. Inventario floristico regionale. – Udine: Arti Grafiche Friulani.

POLUNIN, O. & A. STAINTON (1984): Flowers of the Himalaya. – Delhi: Oxford Univ. Press.

PRISZTER, S. (1978): Die Einschleppung fremder Pflanzenarten nach Ungarn in der Vergangenheit und nach dem II. Weltkrieg. – Acta botanica slovaca Acad. Sci. slovacae, ser. A **3**: 65–69.

PROHASKA, K. (1922): Notizen zur Flora des Gailtales. – Carinthia II **111/31**: 35.

PROTOPOPOVA, V. & M. SHEVERA (1998): Expansion of alien plants in settlements of the Tisa river basin (Transcarpathia, Ukraine). – Thaiszia J. Bot., Košice **8**: 33–42.

PROTS, B. & D. BEERLING (2000): The density dependence of *Impatiens glandulifera* Royle responses to elevated CO_2. – Functional Ecology (in Vorbereitung).

PROTS, B. & A. DRESCHER (1997): *Impatiens glandulifera* Royle in the south-eastern Austria and the Transcarpathians (Ukraine). – In: SYTNYK, M. & al.: Problems of botany and mycology on the threshold of the third millenium.: 44–45. – Kyiv: Naukova Dumka Publ. (Ukrainisch)

© Landesmuseum für Kärnten, download unter www.biologiezentrum.at

PROWSE, A. & GOODRIDGE, F. (2000): Pollinator visitation rates to *Impatiens glandulifera* and other native riparian vegetation. – Aspects of Applied Biology **58** (im Druck).

PYŠEK, P. (1991): *Heracleum mantegazzianum* in the Czech Republic: the dynamics of spreading from the historical perspective. – Folia geobot. Phytotax. (Praha) **26**: 439–454.

PYŠEK, P. & K. PRACH (1994): How important are rivers for supporting plant invasions? In: DE WAAL, L. C., CHILD, L. E., WADE, P. M. & J. H. BROCK (eds.): Ecology and management of invasive riverside plants: 19–26. – Chichester: J. Wiley.

PYŠEK, P. & K. PRACH (1995): Invasion dynamics of *Impatiens glandulifera* – a century of spreading reconstructed. – Biological Conservation **74**: 41–48.

SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF (1981): Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. Second Edition. – New York: Freeman.

SOÓ, R. (1964–1973): Synopsis systematico-geobotanica florae vegetationisque Hungariae. **I–IV.** Budapest: Akademiai Kiadó.

STEWART, R. R. (1972): An annotated catalogue of the vascular plants of West Pakistan and Kashmir. – In: NASIR, Y. J. & S. I. ALI [eds.] (1970–): Flora of West Pakistan. – Karachi: Fakhri Printing Press.

STODDART, D. M. [ed.] (1979): Ecology of small mammals. – London: Chapman and Hall.

TREWICK, S. & P. M. WADE (1986): The distribution and dispersal of two alien species of *Impatiens*, waterway weeds in the British Isles. – Proceedings EWRS/AAB Symposium on Aquatic Weeds 1986: 351–356.

VESTERGAARD, P. & K. HANSEN (1989): Distribution of vascular plants in Denmark. – Opera Botanica **96**: 1–163.

VITOUSEK, P. M. (1990): Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. – Oikos **57**: 7–13.

VOROSHILOV, V. N. (1982): Flora of the Soviet Far East. – Moscow: Nauka Publ. (Russisch)

VYUKOVA, A. (1983): New materials for characterisation of adventive flora of the Lipetsk region. – Bull. Mosc. Soc. N.R., Biol.Ser. **88**: 128–133. (Russisch)

WADE, P. M., DE WAAL, L. C., CHILD, L. E. & E. J. DARBY (1994): Control of invasive riparian and aquatic weeds. – NRA Report, R & D Project Record 294/7W. – Loughborough: Intern. Centre of Landscape Ecology.

WIESER, H. (1996): Auwaldstandorte in Kärnten – Vorkommen und Gefährdung. – Dipl.-Arb. Univ. Graz.

WITTMANN, H., SIEBENBRUNNER, A., PILS, P. & P. HEISELMAYER (1987): Verbreitungsatlas der Salzburger Gefäßpflanzen. – Sauteria **2:** 1–403.

WOODWARD, F. I. (1988): Temperature and the distribution of plant species. – In: **LONG, S. P. & F. I. WOODWARD [eds.]:** Plants and temperature, Symp. Soc. Exp. Biol. vol XXXII: 59–75. – Cambridge: Company of Biologist.

ZAHRADNÍKOVÁ, K. (1984): Balsaminaceae. – In: BERTOVÁ, L., HLAVAČEK, A., HOLUB, J., JASIČOVÁ M., ŠURKOVÁ, M. & K. ZAHRADNÍKOVÁ: Flóra Slovenska vol. **IV/1**: 26–32. – Bratislava: Slovenskej akadémie vied Veda.

ZAJĄC, E. U. & A. ZAJĄC (1972): Studies on the distribution od synanthropic plants. 3. *Corydalis lutea* DC. 4. *Linaria cymbalaria* (L.) Mill. 5. *Impatiens roylei* Walp. – Prace Botaniczne **316**: 41–55.

ZARUBIN, A. M., IVANOV, M. M., LYAKHOVA, I. C., BARITSKAYA, V. A. & V. I. IVELSKAYA (1993): Floristic findings in Pribaikalje (West Baikal Region). – Bot. Journ. **78**: 93–101. (Russisch)

Anschrift der Verfasser:

Dr. Anton C. Drescher
Institut für Botanik
Karl-Franzens-Universität Graz
Holteigasse 6
A-8010 Graz

Dr. Bohdan Prots
Institute of Ecology of the Carpathians
National Academy of Sciences of Ukraine
4, Kozelnytska St.
Lviv-26, 79 026 Ukraine

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wulfenia

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Drescher Anton, Prots Bogdan

Artikel/Article: Warum breitet sich das Drüsen-Springkraut (Impatiens glandulifera Royle) in den Alpen aus? 5-26