

Rorippa islandica (Oeder ex Murray) Borbás s. str. in Deutschland

WALTER BLEEKER, ALFRED BUCHHOLZ, ERIK WELK

Zusammenfassung: *Rorippa islandica* s. str. konnte neu für Deutschland nachgewiesen werden. Das Habitat in hochmontan-subalpiner Lage ist eine periodisch überflutete, vegetationsarme Geländemulde und entspricht der Habitatbindung im Gesamtareal. Die Verbreitung muss als unterkartiert charakterisiert werden und ist wegen des Einschlusses der Art in ein weit gefasstes, künstliches *Rorippa-islandica*-Aggregat taxonomisch ungenau dokumentiert. Das isolierte, individuenarme bayerische Vorkommen ist wegen seiner Seltenheit gefährdet, während die Art aus Gesamtarealsicht als ungefährdet gelten kann. Die Identität der Population konnte mittels Ploidieanalysen eindeutig festgestellt werden und die Ergebnisse arealweiter ökologischer Nischenanalysen zeigen, dass das Vorkommen aus ökogeographischer Sicht als natürlich anzusehen ist.

Summary: In the course of habitat mapping fieldwork in the Berchtesgaden National Park, Bavaria, Germany, A. Buchholz succeeded in recovering *Rorippa islandica* s. str., the true Northern Yellowcress, as a new species for the German flora. For this reason, we present information about the recording locality, the habitat conditions, the conservation status, taxonomy and systematic, the global distribution range, and a phytogeographical interpretation of the isolated recording site. In order to confirm the identity and the native status of the newfound population, we applied flow cytometry and ecological niche modelling.

1 Einleitung

Im Zuge der Feldarbeiten für die im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) durchgeführte Alpenbiotopkartierung (ABK) wurde im Nationalpark Berchtesgaden *Rorippa islandica* s. str., die Isländische Sumpfkresse, neu für Deutschland nachgewiesen. Es handelt sich gleichzeitig um den ersten Fund in den Nordalpen überhaupt. Aus diesem Anlass werden hier Fundortdaten und aktuelle biologisch-systematische Informationen vorgestellt. Die Entdeckung der für die Flora Deutschlands neuen Art wirft Fragen zu Identität, Herkunft und Status der betreffenden Population auf. Das war Anlass für Ploidieanalysen und bioklimatische Analysen, die erlauben, die Identität des neuen Vorkommens abzusichern und seine chorologische Bedeutung im ökologischen Kontext des Gesamtareals zu diskutieren.

2 Fundort

R. islandica wurde am 23.09.2005 im Bereich des MTB 8443 von Alfred Buchholz gefunden. Der Fundort liegt auf ca. 1600–1650 m NN in einer abflusslosen Mulde. Der Untergrund besteht laut geologischer Karte aus Dachsteinkalk in Lofertifazies, der durch Einschwemmung mit einem

Anschrift der Autoren: PD Dr. Walter Bleeker, Universität Osnabrück, Abteilung Spezielle Botanik, Barbarastrasse 11, D-49076 Osnabrück; Alfred Buchholz, Bauzenweg 97, D-72108 Rottenburg; Dr. Erik Welk, Institut für Geobotanik und Botanischer Garten, Am Kirchtor 1, D-06108 Halle/Saale

tiefgründigen, nährstoffreichen Boden überdeckt ist. Wegen der Muldenlage ist der Standort durch eine relativ lange Schneebedeckung gekennzeichnet. Das Vorkommen von *R. islandica* ist auf einen kleinen, ca. 14 × 10 m großen Bereich am Grund einer Rinne beschränkt. Die üppige Vegetation aus Nässe- und Verdichtungszeigern wie *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. und *Juncus filiformis* L. wird von vegetationsarmen, temporär überfluteten Freiflächen durchzogen, auf denen neben *Rorippa islandica* noch einige Moose sowie vereinzelt *Rumex alpinus* L. sowie *Epilobium alsinifolium* Villars wachsen.

Die vorhandenen Kryptogamen wurden dankenswerterweise von Dr. H. Preiß (LfU Bayern) bestimmt. Es handelt sich um recht verbreitete Arten: *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) B. S. G., *Bryum pallens* Sw. und *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop.

Die Isländische Sumpfkresse war im Fundjahr am 23.9.2005 vorwiegend in Form von sterilen Rosetten angetroffen worden. Blühende Exemplare waren nur wenige cm hoch, bereits vom Grund an verzweigt und nur teilweise mit Fruchtsatz. 2006 wurde der Standort am 20.8. erneut aufgesucht. Obwohl einen Monat früher, waren viele Pflanzen deutlich größer (bis ca. 15 cm), verzweigt, im Wuchs dem Boden anliegend, mit reichlichem Fruchtsatz. Darüber hinaus war wieder eine große Zahl steriler Rosetten zu verzeichnen.

Der Unterschied ist auf den völlig unterschiedlichen Klimaverlauf der beiden Jahre zurückzuführen. Der insgesamt recht kühle, wiederholt von Kälteeinbrüchen mit Schnee in den Hochlagen geprägte Sommer 2005 ermöglichte *Rorippa islandica* in der schattigen Mulde gerade eben, ihren Lebenszyklus abzuschließen. 2006 folgte auf die lange Schneebedeckung im Frühsommer eine lange heiße Phase im Juni und Juli. Der anschließende kühle und regnerische August gewährleistete eine ausreichende Wasserversorgung bis in den wiederum recht warmen September.

Der Wuchsort von *R. islandica* liegt in einem seit ca. 1850 offen gelassenen Almbereich. Das ehemalige Weidevieh, ob nun Schafe, Ziegen oder Kühe, stammte aus der Ramsau (G. Götde mdl.), von einer Beweidung von österreichischer Seite aus ist nichts bekannt. Eine Einschleppung der Pflanze aus Österreich durch Schafherden, wie sie für *Horminum pyrenaicum* wahrscheinlich ist, ist in diesem Fall höchst unwahrscheinlich, zumal *Rorippa islandica* im Salzburgerland nicht vorkommt.

3 Biologisch-systematische Informationen

3.1 Taxonomie und Nomenklatur

In zahlreichen Florenwerken und anderen Datenquellen wird noch heute der Name *Rorippa islandica* (Oeder ex Murray) Borbás synonym für *R. palustris* (L.) Besser verwendet. Die Trennung von *R. islandica* und der weit verbreiteten *R. palustris* in klar definierte Taxa von Artrang wurde aber bereits Ende der 60er Jahre durch die beispielhaft gründliche Bearbeitung von Bengt Jonsell (JONSELL 1968, 1969) klar dargelegt, an die sich die nachfolgenden Ausführungen anlehnen.

Die taxonomische „Geschichte“ von *Rorippa islandica* ist nach Meinung von JONSELL (1968) durch geringes Interesse und durch die morphologisch relativ klare Abgrenzbarkeit der weiter gefaßten Art bestimmt. Tatsächlich wurde die Eigenständigkeit schon relativ frühzeitig erkannt. Das Basionym *Sisymbrium islandicum* wurde erstmals 1768 durch OEDER verwendet und zeigt, dass neben der im Gültigkeitsbereich des Florenwerkes häufigeren *R. palustris* (s. str.) die isländischen Pflanzen durchaus als eigenständig angesehen wurden (OEDER 1768). Dasselbe gilt für GUNNERUS (1772) und VILLARS (1786). Da OEDER in seiner Veröffentlichung nicht klar der binären Nomen-

klatur folgte, wird die Auflistung der Oederschen Beschreibung in MURRAY (1773) als gültige Erstveröffentlichung angesehen. Da MURRAY (op. cit.) aber auch *R. palustris* s. str. in die Oedersche Art einschloss, begann die bis heute andauernde Verwirrung um den Namen *Rorippa islandica*.

Die häufigsten Synonyme der Art i. e. S. lauten:

- Sisymbrium islandicum* Gunnerus (1772),
- Sisymbrium pusillum* Villars (1785),
- Rorippa palustris* auct., non (L.) Besser (1822),
- Nasturtium palustre* (L.) DC. var. *montanum* Brügger (1860),
- Rorippa islandica* (Oeder ex Murray) Borbás subsp. *islandica* (sensu JONSELL 1968).

3.2 Systematische Stellung

Die diploide *R. islandica* ($2n = 16$) wurde erst durch JONSELL (1968) wieder von der tetraploiden *R. palustris* ($2n = 32$) getrennt. JONSELL (op. cit.) ging davon aus, dass die beiden Arten nah verwandt sind und *R. palustris* möglicherweise aus *R. islandica* entstanden ist. Molekularsystematische Studien zeigten jedoch, dass *R. islandica* und *R. palustris* wahrscheinlich unterschiedlichen Entwicklungslinien innerhalb der Gattung *Rorippa* angehören (BLEEKER et al. 2002). Die diploide *R. islandica* bildet demnach eher eine Gruppe mit anderen diploiden Taxa aus Eurasien und Nordamerika (*R. curvipes* Greene, *R. sinuata* (Nutt.) A.S. Hitchc., *R. dogadovae* Tzvelev, *R. pyrenaica* (L.) Rchb. [?]), während die tetraploide *R. palustris* diploiden und polyploiden Arten aus der *R. amphibia*-Gruppe nahe steht (op. cit.).

3.3 Standorte und Habitate

Die im Rahmen der Arealanalyse festgestellten Habitatbeschreibungen geben kein besonders genaues Bild über das standörtliche Verhalten der Art. Allerdings scheint die Art in viel geringerem Maße Ruderalstandorte zu besiedeln als *R. palustris*. Für Großbritannien werden anthropogene Habitate (Gräben, Halden, Aufschüttungen etc.) als selten besiedelt angegeben (PRESTON et al. 2002). Allgemein werden offene, feuchte Substrate verschiedener Korngrößen (lehmig bis kiesig) am Rande kleinerer, oft temporärer Gewässer genannt. Als Habitate werden uferbegleitende Lavakiesbänke, temporäre Felstümpel, felsige Flussufer, Ufer kleinerer Bergseen, Senken und Gräben in Feuchtwiesen sowie periodische Seen (irische Turloughs, vgl. auch BREIVIK & DANIELSEN 2007) aufgeführt. Als potentielle Vegetationseinheiten könnten Agropyro-Rumicion und Eleocharition acicularis genannt werden. Die wichtigsten Komponenten scheinen offenes Substrat und dauerhafte Feuchtigkeit bei mindestens mittlerer Nährstoffversorgung zu sein. Die entsprechenden Ellenberg-Indikator Werte für den hochmontan-subalpinen Wuchsort in Deutschland wären: L8 T3 F8 R8 N6.

3.4 Wuchs- und Lebensform

R. islandica ist ähnlich wie *R. pyrenaica* oder *R. palustris* (vgl. hier besonders KLIMEŠOVÁ et al. 2004) als kurzlebige, aber potentiell polykarpe, teilimmergrüne Halbrosettenpflanze zu bezeichnen. Ihre kleinen, zweigeschlechtigen Blüten sind zur Autogamie befähigt, können aber auch von Insekten bestäubt werden. Die zahlreichen Samen (0,6–0,9 mm Länge) können durch Wasser und Anhaften (epizoochor) ausgebreitet werden und bilden möglicherweise langlebige Diasporenbanken.

3.5 Verbreitung und floristische Datenlage

R. islandica s. str. ist eine hauptsächlich boreo-mittelatlantisch und alpisch verbreitete Art, die zusätzlich disjunkte cantabrische, pyrenäische, ligurische und illyrische Einzelvorkommen aufweist (Abb. 1A). Durch die immer noch weit verbreitete Auffassung der beiden Arten als *Rorippa-islandica*-Aggregat sind die Vorkommen in vielen Gebieten nur unvollständig bekannt. In Großbritannien hat sich die Zahl der Fundorte seit der besseren Beachtung der Sippe von 3 (bis 1970) über 9 (bis 1986) auf 60 (bis 1999) und schließlich auf über 100 (2006) erhöht, so dass sich hier der – neben Island – quantitativ wichtigste Verbreitungsschwerpunkt befindet. Allerdings hat sich zum Beispiel die Zahl der norwegischen Vorpostenvorkommen trotz intensiver floristischer Durchforschung nur unwesentlich auf 18 Populationen erhöht, die noch immer auf drei Gebiete beschränkt sind. Der Vergleich der im Alpenraum erfassten Vorkommenspunkte mit dem Verbreitungsschema in Flora Alpina (AESCHIMANN et al. 2004) zeigt, dass die uns zugängliche ausgewertete Literatur nicht ganz dem tatsächlichen Wissenstand entspricht. Regionen in denen nach Flora Alpina (loc. cit.) *R. islandica* zusätzlich vorkommt, wurden in der Verbreitungskarte wie die groben Atlas Florae Europaeae-Angaben mit einer gesonderten Signatur gekennzeichnet. Doch müssen wegen der schwierigen Datenlage alle Angaben, auch die renommierter Kartierungsprojekte kritisch beurteilt werden. Zum Beispiel fehlen in der ZDSF/GEOSTAT Karte von 03/2007 (ZDSF 2007) der von JONSELL (1968) aufgeführte Unterwaldner Fundort (1893, Frutt) und alle bis auf ein Graubündner Vorkommen. Schwerer interpretierbar als fehlende Informationen sind allerdings widersprüchliche Informationen, die in einigen Internet-Ressourcen zu finden sind. So wird in MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE (2003-2006) für *R. islandica* subsp. *islandica* ein zusammenhängendes westfranzösisches Teilareal im Bereich der Regionen Ile-et-Vilaine, Massif Armoricaïn und Limousin angegeben. Die Kartendarstellung für *R. islandica* s. str. in PROYECTO ANTHOS (2007) zeigt neben den Hochgebirgsvorkommen in den Pyrenäen, Kantabrien und Asturien auch zweifelhafte Flachlandvorkommen in den Provinzen León, Zamora und Salamanca an. Schwierig zu beurteilen ist auch die Identität einzelner illyrischer Vorkommen, die teilweise vielleicht nur wegen entsprechender Höhenangaben *R. islandica* s. str. zugeordnet wurden.

3.6 Bestandssituation und Gefährdung

3.6.1 Arealweite Einschätzung

Gefährdung ist für offensichtlich unterkartierte Arten generell schwer einzuschätzen. Isolierte Einzelpopulationen wie sie für die südeuropäischen Gebirge nachgewiesen sind, unterliegen generell einer potentiellen Gefährdung durch stochastische Einzelereignisse. So sind nach Flora Alpina (loc. cit.) die Vorkommen in Osttirol und Nordtirol nachweislich erloschen. Nach FISCHER et al. (2005) ist die Art in Österreich insgesamt ausgestorben. HOILAND (1994) schildert geplante Baumaßnahmen als Gefährdungsfaktor für die norwegischen Vorkommen. Die Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz (BUWAL 2002) schätzt die Art für die biogeographische Region „Alpen Nordflanke“ als gefährdet, für das Mittelland und „Alpen Südflanke“ als stark gefährdet und für die westlichen und östlichen Zentralalpen als ungefährdet ein.

Dem derzeitigen Kenntnisstand zufolge kann die Art als insgesamt ungefährdet (NT) angesehen werden, da die boreo-mittelatlantischen Hauptarealteile stabile Bestände aufweisen und tendenziell auch mit weiteren Nachweisen neuer Fundorte gerechnet werden kann.

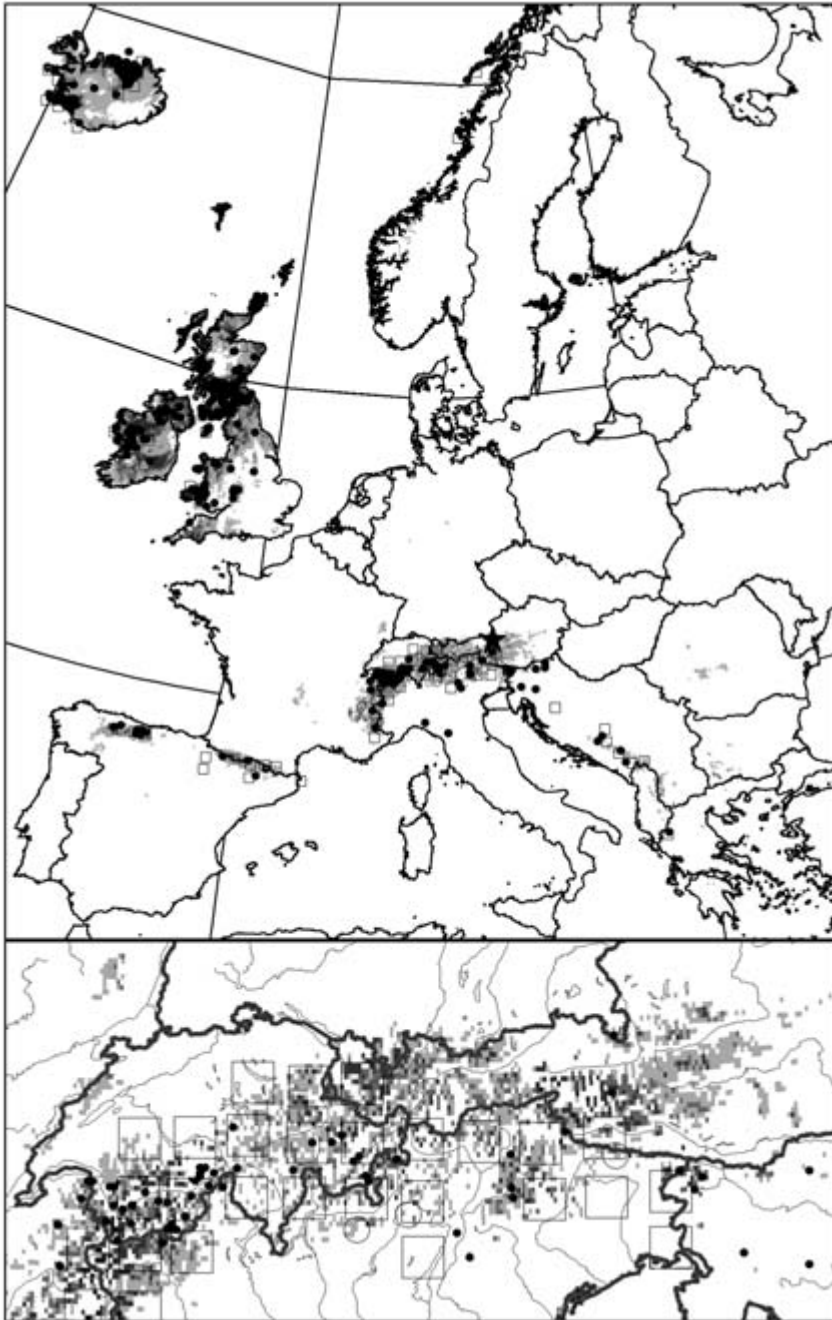


Abb. 1: A: Karte der europäischen Verbreitung von *Rorippa islandica* s. str. ●: lokalisierte Nachweise, □: AFE Rasternachweise (JALAS & SUOMINEN 1996, ○ nicht lokalisierte Nachweise nach Flora Alpina (zitiert im Text), Stern: Neufund. B: Vergrößerter Kartenausschnitt für die Verbreitung im Alpenraum. Rasterung in Graustufen: Klimabasiertes potentiellies Areal auf Basis der Vorkommenspunkte ohne Neufund.

3.6.2 Einschätzung der deutschen Population

Die Population wächst in einer kleinen Vernässung von 14 × 10 m Größe und auch dort nur in den von dichter Vegetation freien Rinnen. Diese umfassen in der Summe kaum mehr als 10 qm. Auf dieser kleinen Fläche wachsen rund 100 Individuen, z. T. sehr dicht gedrängt vorwiegend am Rand der Freiflächen. Die konkurrenzschwache, kleinwüchsige Art ist kurzlebig, und somit auf regelmäßig günstige Keimungsbedingungen angewiesen. Eine nur leichte Verschiebung im Wasserhaushalt der Fläche, insbesondere aber ein Zuwachsen der Rinnen könnte das Ende der Population bedeuten. Die sehr kleine Bandbreite der ökologischen Nische zeigen die phänologischen Beobachtungen (s. o.). Da aber noch keine Informationen zum Bestandstrend vorliegen und davon ausgegangen werden kann, dass das Vorkommen relikitärer Art ist, wäre für den Bezugsraum Deutschland die Gefährdungskategorie R*, (durch extreme Seltenheit gefährdet, IUCN: EN D1) zuzuweisen.

4 Analysen zu Identität und Status der Population

4.1 Vorbemerkungen

Die Trennung der Arten kann nach den Schlüssel in JONSELL (1969), SCHULTZE-MOTEL (1986) oder FISCHER et al. (2005) durchgeführt werden. Abbildungen sind in JONSELL (1968) und AESCHIMANN et al. (2004) zu finden. Da die beiden Arten in den differenzierenden Merkmalen durchaus auch variieren können, wurde wegen des hohen Stellenwertes des Neufundes zusätzlich eine Ploidieanalyse mittels Flow Cytometry zur Verifizierung der Artbestimmung durchgeführt.

Die Entdeckung eines national neuen Pflanzenvorkommens wirft immer auch Fragen zur Herkunft bzw. zum Status der betreffenden Population auf. Deshalb wurde eine einfache makroklimatische Nischenanalyse durchgeführt, um die Einschätzung des Vorkommens im räumlichen und ökologischen Kontext vornehmen zu können. Außerdem kann eine derartige Analyse Informationen zu potentiellen Fundgebieten und für Prognosen unter Berücksichtigung von Klimawandel-Szenarien liefern.

4.2 Methoden

4.2.1 Flow Cytometry

Flow Cytometry ermöglicht die Bestimmung des relativen DNA-Gehaltes von Zellen in fließenden Lösungen. Zur Analyse der Pflanzen wurde frisches Blattmaterial eingesetzt. Die Präparation ist denkbar einfach: Das Blattmaterial wird in einem Puffer zerkleinert und die sich nun in Lösung befindenden Zellkerne werden mit einem Fluoreszenzfarbstoff gefärbt. Im Ploidy Analyser werden die gefärbten Nukleinsäuren mittels eines Lasers angeregt und die Fluoreszenzemission gemessen. Setzt man neben der zu untersuchenden Probe zusätzlich Zellen einer nah verwandten Art mit bekannter Ploidiestufe ein, kann man die Ploidiestufe leicht errechnen.

Zum Einsatz kam ein Partec Ploidy Analyser I (Fa. Partec, Münster), als Farbstoff wurde DAPI verwendet. Flow Cytometry wurde in der Gattung *Rorippa* erfolgreich zur Ermittlung der Ploidiestufe von Hybriden zwischen *R. austriaca* und *R. sylvestris* eingesetzt (BLEEKER & MATTHIES 2005). Bei diesen Studien wurde *R. islandica* aus Wales (CHATER & RICH 1995) als diploider Standard verwendet. Diese Pflanzen wurden im Jahr 2002 auf einer Exkursion von T. Rich, A. Chater und W. Bleeker gesammelt. Zur Ermittlung der Ploidiestufe der Pflanzen aus dem NP Berchtesgaden wurde nun umgekehrt eine seinerzeit als pentaploid bestimmte Hybride zwischen *R. austriaca* und *R. sylvestris* verwendet.

4.2.2 Arealweite ökologische Nischenanalyse

Arealweite Nischenmodelle beschreiben die makroökologischen Ansprüche und die realisierte Nische von Arten in Form statistischer oder logik-basierter Modellformulierungen. Sie quantifizieren den Zusammenhang zwischen dem Artenvorkommen und der Umwelt (Klima, Geologie, Boden, etc.). Verändern sich Umweltvariablen, so lässt sich mit gut angepassten Modellen schätzen, wie sich die Vorkommenswahrscheinlichkeit ändert. Voraussetzung ist, dass möglichst vollständige Fundortdaten vorliegen bzw. dass die vorliegenden Daten eine Stichprobe aus der ganzen Breite der ökologischen Amplitude repräsentieren.

Zum Einsatz kam das Modellierungssystem MAXENT 2.3.0 (Maximum Entropy Modelling, PHILLIPS et al. 2006), das die bekannten Vorkommen mit den lokal herrschenden Klimaverhältnissen kombiniert. Als Klimavariablen wurden 19 bioklimatische Variablen in einer Rasterauflösung von 0.041667° verwendet (HIJMANS et al. 2004).

Der Vorkommensdatensatz wird in der Folge vielfach wiederholt in Trainings- und Testpunkte unterteilt und der Programmalgorithmus sucht nach der Klimadatenkombination, mit der aus der Kenntnis der Trainingspunkte die Testpunkte am besten vorhergesagt werden können. Damit dieser Optimierungsprozess effektiv arbeitet, bedient sich das Programm eines speziellen Suchalgorithmus', der auf einem Prinzip aus der Informationstheorie basiert: der maximalen Entropie (max Ent). Dabei werden aus den unzähligen Lösungsmöglichkeiten, die das Programm ausprobieren könnte, nur diejenigen ausgewählt, die die Entropie weiter erhöhen. So gelangt es durch ein Lernverfahren künstlicher Intelligenz zu der (räumlichen) Verteilung mit der größten Entropie, die mit der gegebenen Evidenz (bekannte Vorkommensdaten) vereinbar ist. Die für die Vorhersage der Testdaten insgesamt beste Klimadatenkombination kann schließlich auf alle terrestrischen Klimadatenpunkte übertragen werden, so dass im Endergebnis eine Karte der abgestuften Vorkommenswahrscheinlichkeit für den umgebenden geographischen Raum entsteht (Abb. 1). Um die klimatische Wahrscheinlichkeit für ein Vorkommen der neu festgestellten Population an ihrem Fundort zu prüfen, wurde das Modell ohne den neuen deutschen Vorkommenspunkt berechnet.

Durch wiederholt durchgeführte Modellierungen, bei denen einzelne Variablen ausgelassen werden, kann festgestellt werden, welche Klimavariablen die meiste „Erklärungskraft“ für das Verbreitungsmuster aufweisen und auf die die Art möglicherweise am sensibelsten reagiert.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Ploidieanalyse

Abb. 2 zeigt das Ergebnis der Cytometry-Untersuchungen. Für jede eingesetzte Probe und den Standard erhält man jeweils mindestens zwei Peaks, einen G1-Peak und einen G2-Peak, den jeweiligen Phasen des Zellzyklus entsprechend. Der G2-Peak hat immer den doppelten Wert (auf der X-Achse) des G1-Peaks (Doppelte DNA Menge nach erfolgter Replikation). Weitere Peaks (Peaks 4 und 6 in Abb. 2) sind auf Endopolyploidie zurückzuführen. In Abb. 2 hat der G1-Peak des pentaploiden Hybriden (Peak 3) auf der X-Achse etwa den 2.5 fachen Wert des G1-Peaks der Probe aus Berchtesgaden (Peak 1), entsprechend verhält es sich bei den G2-Peaks (Peaks 5 und 2). Die Kerne des pentaploiden Standards haben also die 2.5 fache DNA Menge der Kerne der Probe, folglich handelt es sich bei der Probe aus Berchtesgaden um eine diploide Pflanze. Eine direkte Chromosomenzählung wurde von Herrn Wolfgang Lippert und Frau Emilie Vovsky durchgeführt und führte mit $2n = 16$ ebenfalls zum Ergebnis eines diploiden Chromosomensatzes.

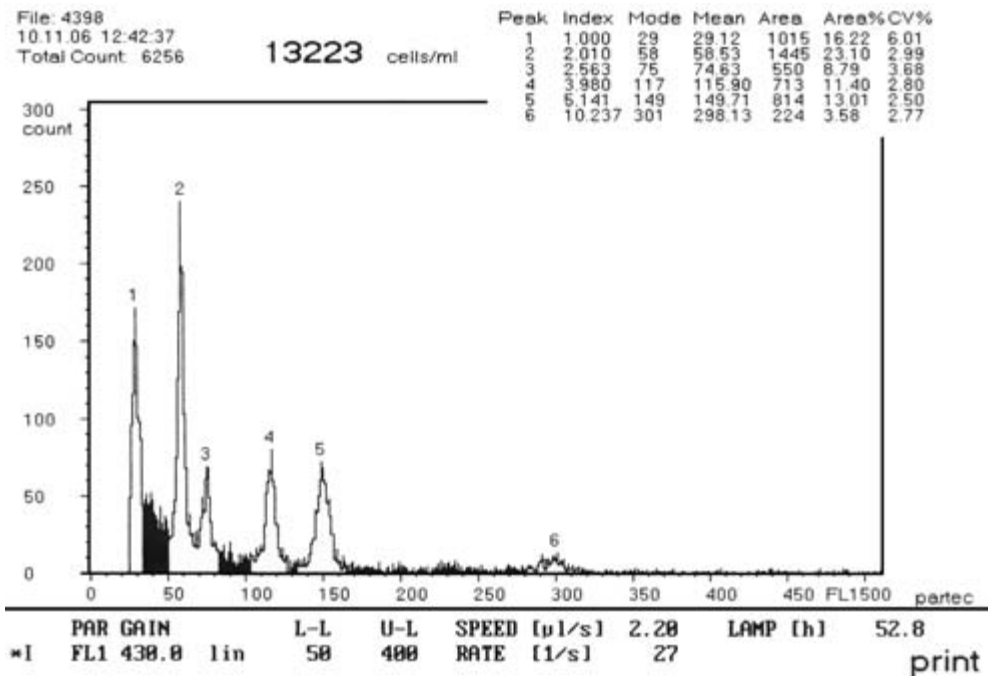


Abb. 2: Histogramm mit den Ergebnissen der Ploidieanalyse. Als Standard wurde eine pentaploide *R. austriaca* × *R. sylvestris* Hybride verwendet. Peak 1: G1 Probe, Peak 2: G2 Probe, Peak 3: G1 Standard, Peak 5: G2 Standard. Die Peaks 4 und 6 gehen auf Endopolyploidie innerhalb der Probe (4) bzw. des Standards (6) zurück.

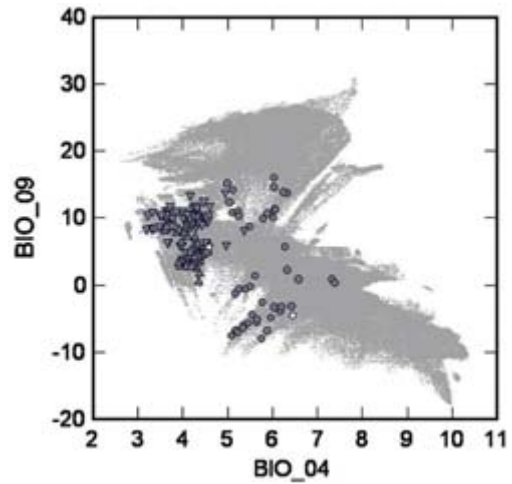
4.3.2 Nischenanalyse

Abb. 1A zeigt das Ergebnis der MAXENT-Modellierung des europäischen Gesamtareals von *R. islandica* basierend auf Klimadaten kombiniert mit den tatsächlichen Vorkommen.

Trotz des aufgelockerten, auf weiten Strecken disjunkten geographischen Vorkommens der Art weist das Areal eine ganz klare ökologische Charakteristik auf, die durch die kompakten Modellflächen visualisiert wird. Entgegen zahlreicher Aussagen in der Literatur handelt es sich ganz offensichtlich nicht um eine arktisch-alpine, sondern um eine Art mit boreal-atlantischem und subalpinem Schwerpunkt. Am deutlichsten wird das durch die Ergebnisse der Variablenselektion gezeigt. Am erfolgreichsten kann das Vorkommen mit den bioklimatischen Variablen BIO 04 (Temperatur-Saisonalität) und BIO 07 (Jahresamplitude der Temperatur) beschrieben werden. Diese sicherlich stark korrelierenden Variablen beschreiben den ozeanisch-kontinentalen Gradienten von geringen zu großen Amplituden des jährlichen Temperaturverlaufs. Auch die in der Beschreibungswertigkeit nächst folgenden Variablen BIO 09 (Mitteltemperatur des trockensten Quartals) und BIO 05 (mittlere Maximaltemperatur des wärmsten Monats) sind miteinander korreliert und beschreiben den mediterran-nordatlantischen Gradienten von heißen zu kühlen Sommern. Auffällig ist, dass das europäische Gesamtareal von *R. islandica* in geringerem Maße von Niederschlags-Variablen abhängig ist. Vor dem Hintergrund der bevorzugten Feucht- und Nass-Standorten betrachtet, ist es faszinierend fest-

Abb. 3:

Streudiagramm der *R. islandica*-Vorkommenspunkte im klimatischen Datenraum Westeuropas (graue Hintergrundwolke) für die wichtigsten unkorrelierten Variablen BIO 09 (Mitteltemperatur des trockensten Quartals) und BIO 04 (Temperatur-Saisonalität erfasst als Standardabweichung). Symbole: ▼ Britische Inseln, ▲ Island, ◀ Norwegen, ● mitteleuropäische Gebirgsvorkommen, ○ Neufund.



zustellen, dass die leicht azonale Emanzipation vom unmittelbaren Niederschlagsgeschehen auch auf der makroökologischen Betrachtungsebene erkennbar ist.

In Abb. 1B ist erkennbar, dass sich die neu gefundene südostbayerische Population im Prognosegebiet des Modells befindet, obwohl die lokalen Klimadaten nicht in die Modellbildung eingeflossen sind. Weitere Gebiete mit hoher klimatischer Wahrscheinlichkeit für Vorkommen der Art scheinen das Allgäu und Vorarlberg zu sein.

In Abb. 3 sind die *R. islandica*-Vorkommenspunkte im klimatischen Datenraum Europas (graue Hintergrundwolke) für die wichtigsten unkorrelierten Variablen BIO 09 (Mitteltemperatur des trockensten Quartals) und BIO 04 (Temperatur-Saisonalität erfasst als Standardabweichung) dargestellt. Die geringe Standardabweichung der Jahrestemperatur (ca. 3 bis 5° K) kennzeichnet vor allem die euozanischen Gebiete (Dreiecke: Britische Inseln, Island, Norwegen) von denen sich die Gebirgsvorkommen (Kreise) vor allem der Zentral- und Nordalpen sowie der südlicheren Gebirge mit 5-8° K etwas absetzen. Entlang der Abszisse zeigt sich, dass die Gebirgsvorkommen sich in Gebiete mit Sommertrockenheit und Gebiete mit Winter/Frühjahrstrockenheit differenzieren. Erstere weisen dabei ähnliche Sommertemperaturen wie die ozeanischen Gebiete auf. Der neue südostbayerische Fundort (weißer Kreis) weist erwartungsgemäß eine gewisse klimatische Randlage auf, zeigt aber wie die Arealmodellierung, dass seine Position zur klimatischen Nische der Art passt.

5 Dank

An dieser Stelle möchten wir Dr. Herbert Preiß für die Bestimmung der Moosproben danken. Besonderer Dank gebührt Anton Mayer, der mit seiner kritischen Durchsicht des Manuskripts und seinen Anregungen eine wertvolle Hilfe war. Einen herzlichen Dank an Dr. Wolfgang Lippert und Emilie Vosyka für die Bestimmung der Chromosomenzahl. Fritz Eberlein ist für die Beschaffung des Lebendmaterials zu danken. Dr. Helmut Wittmann trug mit Angaben zu Verbreitung der Art sowie ihrem soziologischen Verhalten in den Westalpen bei, wofür wir herzlich danken möchten. Besonderen Dank schulden wir dem ehemaligen Forstamtsleiter Günther Gödde für seine Recherchen zur Nutzungsgeschichte des Standorts.

6 Literatur

- AESCHIMANN, D., LAUBER, K., MOSER, D. M., THEURILLAT, J.-P. 2004: Flora alpina 1. – Haupt-Verlag, Bern.
- BLEEKER, W., MATTHIES, A. 2005: Hybrid zones between invasive *Rorippa austriaca* and native *R. sylvestris* (Brassicaceae) in Germany: ploidy levels and patterns of fitness in the field. – *Heredity* **94**: 664-670.
- BLEEKER, W., WEBER-SPARENBERG, C., HURKA, H. 2002: Chloroplast DNA variation and biogeography in the genus *Rorippa* Scop. (Brassicaceae). – *Plant Biology* **4**: 104-111.
- BREIVIK, Å. B., DANIELSEN, A. 2007: Er Storgjerdvatnet i Gildeskål (Nordland) en norsk turlough? – *Blyttia* **65**(3): 155-167.
- CHATER, A. O., RICH, T. C. G. 1995: *Rorippa islandica* (Oeder ex Murray) Borbas in Wales. – *Watsonia* **20**: 229-238.
- FISCHER, M. A., ADLER, W., OSWALD, K. 2005: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein, Südtirol. 2. Auflage. – Biologiezentrum der OÖ Landesmuseen, Linz.
- HIJMANS, R. J., CAMERON, S. E., PARRA, J. L., JONES, P. G., A. JARVIS, A. 2004 : The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces. – <http://biogeo.berkeley.edu/>, [zuletzt besucht 18. 7. 2007].
- HOILAND, K. 1986: *Rorippa islandica* ssp. *islandica* a threatened species with interesting distribution in the north atlantic area. – *Blyttia* **44**(3): 103-112.
- JALAS, J., SUOMINEN, J. 1996: Atlas Florae Europaeae, Vol. 11: Cruciferae (*Ricotia* to *Raphanus*). – Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki.
- JONSELL, B. 1968: Studies in the north-west European species of *Rorippa* s. str. – *Symbolae Botanicae Upsaliensis* **19**: 1-221.
- JONSELL, B. 1969: *Rorippa islandica* und *R. palustris* - zwei scharf getrennte Arten der Alpenländerflora. – *Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule Stiftung Rübel* **39**: 52-123.
- KLIMEŠOVÁ, J., MARTÍNKOVÁ, J., KOVAROVÁ, M. 2004: Biological flora of Central Europe: *Rorippa palustris* (L.) Besser. – *Flora* **199**: 453-463.
- MURRAY, J. A. 1773: Observationes super stirpibus quibusdam recens inventis et rarioribus in horto academico institutae. – *Novi commentarii Societatis Regiae Scientiarum Gottingensis. Commentationes physicae et mathematicae*.
- MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE [Ed]. 2003-2006 : Inventaire national du Patrimoine naturel. – site Web: <http://inpn.mnhn.fr.>, [zuletzt besucht 18. 7. 2007].
- OEDER, G. C. 1768: Icones Plantarum Sponte Nascentium In Regnis Daniae Et Norvegiae, In Ducatibus Slesvici Et Holsatiae: Et In Comitatibus Oldenburgi Et Delmenhorstiae: Ad illustrandum opus de iisdem Plantis, Regio jussu exarandum, Florae Danicae Nomine Inscriptum – Editae ab ejus operis auctore, Georgio Christiano Oeder, M. D. Prof. Rec. Botan ; Vol. 3, Fasciculus Septimus
- PHILLIPS, S. J., DUDÍK, M., SCHAPIRE, R. E. 2004: A maximum entropy approach to species distribution modelling. – *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning*: 83-90.
- PRESTON, Ch. D., PEARMAN, D. A., DINES, T. D. 2002: New atlas of the British & Irish flora. – Oxford University Press. New York.
- PROYECTO ANTHOS 2007: <http://www.anthos.es/> [zuletzt besucht 18. 7. 2007].
- SCHULTZE-MOTEL, W. 1986: Nachträge, Berichtigungen und Ergänzungen zum Nachdruck der 2. Auflage von Band IV/1 (1958-1963). – In: CONERT, H.J., HAMANN, U., SCHULTZE-MOTEL, W., WAGENITZ, G. (Hrsg.): *Hegi - Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band IV Angiospermae Dicotyledones 2, Teil 1*.
- VILLARS, D. 1786: Histoire des plantes du Dauphiné. – Périsset, Piestre & de la Molière-Prévost, Grenoble-Lyon-Paris.
- ZDSF 2007: <http://www.crsf.ch/deutsch/index.html> [zuletzt besucht 18. 7. 2007].