

StartClim2005.C5

**Ein allergener Neophyt und seine
potentielle Ausbreitung in Österreich –
Arealodynamik der Ambrosie (*Ambrosia
artemisiifolia*) unter dem Einfluss des
Klimawandels**

**VINCA – Institut für Naturschutzforschung
und Ökologie GmbH**



Umweltbundesamt

Ges.m.b.H.

umweltbundesamt[®]

Autoren:

V.I.N.C.A. – Institut für Naturschutzforschung und Ökologie G.m.b.H.

Mag. Ingrid Kleinbauer & Dr. Stefan Dullinger

Ingrid.Kleinbauer@vinca.at

Stefan.Dullinger@vinca.at

Gießergasse 6/7, 1160 Wien

+43 – (0)1 - 402 96 75

+43 – (0)1 - 402 96 75 – 10 [Fax]

<http://www.vinca.at>

Umweltbundesamt Ges.m.b.H.

Dr. Franz Essl & Dr. Johannes Peterseil

Franz.Essl@umweltbundesamt.at

Johannes.Peterseil@umweltbundesamt.at

Spittelauer Lände 5, 1090 Wien

(+43) 1 31304 3323

(+43) 1 31304 [Fax]

<http://www.umweltbundesamt.at>

Wien, im November 2006

StartClim2005.C5

Teilprojekt von StartClim2005 „Klimawandel und Gesundheit!“

Projektleitung von StartClim2005:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2005 wurde aus Mitteln des BMLFUW und des BMGF gefördert.

Inhaltsverzeichnis

C5-1	Einleitung und Fragestellung	6
C5-2	Ambrosia artemisiifolia	7
C5-2.1	Biologie der Art	7
C5-2.2	Verbreitung im Ursprungsgebiet	9
C5-2.3	Ausbreitung in Europa	9
C5-3	Eingangsdaten	11
C5-3.1	Daten zur Verbreitung der Art	11
	<i>C5-3.1.1 in Österreich</i>	<i>11</i>
	<i>C5-3.1.2 in Nachbarländern</i>	<i>12</i>
C5-3.2	Umweltdaten	12
	<i>C5-3.2.1 Naturräumliche Ausstattung:</i>	<i>13</i>
	<i>C5-3.2.2 Landnutzung</i>	<i>14</i>
	<i>C5-3.2.3 Ausbreitungskorridore</i>	<i>15</i>
C5-3.3	Klimamodelle	15
C5-4	Methodik	17
C5-4.1	Aufbereitung der Daten	17
C5-4.2	Habitat-Modell	17
	<i>C5-4.2.1 Parametrisierung</i>	<i>17</i>
	<i>C5-4.2.2 Validierung des Habitatmodells</i>	<i>18</i>
	<i>C5-4.2.3 Prädiktive Modellierung unter verschiedenen Klimawandelszenarien</i>	<i>19</i>
C5-5	Ergebnisse	20
C5-5.1	Räumlich-zeitlicher Verlauf der Besiedelung Österreichs	20
C5-5.2	Lebensraumpräferenz und Einschleppungswege in Österreich	22
C5-5.3	Aktuelle Verbreitung in Zusammenhang mit Umweltparametern	23
C5-5.4	Zukünftige Verbreitung bei prognostiziertem Klimawandel	27
C5-6	Diskussion	32

C5-6.1	Rekonstruktion des Ausbreitungsverlaufs in Österreich-----	32
C5-6.2	Klima, aktuelle und mögliche zukünftige Verbreitung -----	32
C5-6.3	Konsequenzen für die Gesundheit -----	34
C5-6.4	Konsequenzen für die Landwirtschaft -----	35
C5-6.5	Einschleppungs- und Ausbreitungswege-----	36
C5-6.6	Maßnahmen und Empfehlungen -----	37
C5-7	Danksagung -----	39
	Literaturverzeichnis-----	40
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis-----	46

Kurzfassung

Die prognostizierte Klimaerwärmung wird das potentielle Areal kälteempfindlicher Pflanzenarten in Österreich vergrößern. Überdurchschnittlich mobile Arten werden auf diese Arealerweiterung besonders schnell reagieren. Die aus Nordamerika stammende, thermophile Ambrosie muss aufgrund ihrer raschen rezenten Invasion in viele Teile Ost- und Mitteleuropas zu diesen besonders mobilen Pflanzen gezählt werden. Wegen ihrer stark allergenen und in großer Menge produzierten Pollen stellt die Ambrosie ein beträchtliches Gesundheitsrisiko dar und gilt in dieser Hinsicht als der momentan problematischste Neophyt in Österreich. Aktuell ist ihre Hauptverbreitung auf die warmen Tieflagen Ostösterreichs beschränkt. Als Folge des Klimawandels ist allerdings eine rasante Ausbreitung der Art in andere Teile Österreichs zu befürchten und damit eine Zunahme der von der Ambrosie ausgelösten Allergien.

Das Ausmaß dieser Arealerweiterung unter verschiedenen Klimawandelszenarien wurde hier mit Hilfe von Simulationsmodellen eingeschätzt. Die Modelle basieren auf einer vorhergehenden klimatischen und biogeographischen Charakterisierung des aktuellen Areals der Ambrosie in Österreich unter Verwendung von Kartierungsdaten in Kombination mit Klima- und Umweltdaten.

Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen, dass selbst bei sehr vorsichtigen Schätzungen der Temperaturzunahme (rund +2°C im Juli) bis zum Jahr 2050 eine Versechsfachung der potentiell besiedelbaren Landesfläche realistisch ist. Noch gravierender ist die Vergrößerung des potentiellen Areals bei Erhöhung der Julimitteltemperatur um 4,8°C bzw. 6,4°C (verschiedene Szenarien bis Ende 21. Jahrhundert), nämlich auf beinahe 67% bzw. 80% der Fläche Österreichs. Die Ausbreitung der Art wird hauptsächlich durch menschliche Aktivität (Handel mit kontaminiertem Getreide und Vogelfutter, Verschleppung mit Erdaushubmaterial u.ä.) vorangetrieben. Präventiv-Maßnahmen gegen die Etablierung neuer Populationen gestalten sich aufgrund der Komplexität des Problems als schwieriges Unterfangen, das nur mittels eines in Kooperation mit Österreichs Nachbarländern ausgearbeiteten Aktionsplans zielführend erscheint.

Abstract

Predicted climate warming will likely allow thermophilous plants to expand their ranges within Austria. Highly mobile species will be among the first to follow shifting climatic range margins. Common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, an annual herb native to North-America, has demonstrated considerable mobility during its recent invasion into vast parts of Eastern- and Central Europe. Unfortunately, *Ambrosia* is a highly problematic alien with respect to human health due to ample production of allergen pollen. Within Austria, its main distribution is limited to the warm, eastern parts of the country as yet. However, climate change may trigger a rapid new wave of invasion into currently unoccupied regions. Here we assess the potential extent of such a range expansion of common ragweed in Austria under various climate change scenarios by means of simulation models. Models are based on analysing the bioclimatic envelop of the current *Ambrosia* range using information from Austrian distribution data together with climatic and environmental maps. Results were then used for predictive simulation of range shifts driven by potential climate change, based on three different scenarios. These simulations suggest a six-fold increase of the area suitable to *Ambrosia* even under a comparably moderate warming scenario (+ 2°C mean July T) until 2050. A more severe temperature rise (4,8°C and 6,4°C, respectively) will make 67% or 80% of Austria potentially suitable to common ragweed. Preventing new regions from ragweed turns out to be a very complex problem due to various anthropogenous dispersal pathways, e.g. deployment of contaminated birdseed, seed sticking to cars wheels etc. Thus, effort has to be put on expanding a co-ordinated European wide initiative against ragweed.

C5-1 Einleitung und Fragestellung

Die Folgen des prognostizierten Klimawandels haben in den letzten Jahren auch zu einer verstärkten Diskussion der Problematik neophytischer Pflanzenarten in Mitteleuropa geführt (Kowarik 2003). Dabei steht die Frage nach einem besseren Verständnis biologischer Invasionen im Vordergrund, da dies der Schlüssel zu einer rechtzeitigen Identifizierung problematischer Neophyten und zur Ableitung von Gegenmaßnahmen ist.

Das Klima ist einer der wichtigsten steuernden Faktoren von biologischen Invasionen. In Mitteleuropa ist das aktuelle Verbreitungspotential vieler Neophyten durch die Temperatur limitiert (Walther 2003). Dies gilt im besonderen Maße für die Ambrosie, die auf Grund ihres allergenen Pollens gesundheitlich sehr problematisch ist (Kowarik 2003). Vor dem Hintergrund des sich abzeichnenden Klimawandels ist daher eine Ausweitung des potentiellen Areals dieser Art zu erwarten. Als Folge dieser Ausbreitung ist eine Zunahme von durch die Ambrosie ausgelösten Allergien zu befürchten. Einer Analyse und prognostischen Modellierung der zukünftigen Ausbreitungsdynamik der Ambrosie kommt daher für eine mittelfristige Risikoabschätzung und zur Ableitung von Gegenmaßnahmen eine zentrale Bedeutung zu.

Die Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia* L.) ist momentan die aus medizinischer Sicht bedenklichste neophytische Pflanzenart in Österreich (Jäger & Litschauer 1998). Unbeständige Populationen der Ambrosie sind bereits in allen Bundesländern nachgewiesen. Wie zahlreiche Angaben der letzten Jahre zeigen, etabliert sich die Art allerdings zunehmend in warmen Lagen Ost- und Südösterreichs und ist in weiterer Ausbreitung begriffen (Essl & Walter 2005). Die zunehmende Ausbreitung der Ambrosie auf Grund der warmen Sommer der letzten Jahre spiegelt sich eindrucksvoll in der Zunahme des Pollenflugs dieser windbestäubten Art in Österreich wider. Mittlerweile werden auch in Wien für Allergiker problematische Pollensummen erreicht (Jäger & Litschauer 1998). Weiters ist die Ambrosie für die Landwirtschaft als schwierig zu bekämpfendes Unkraut in Äckern problematisch und kann zu beachtlichen Ernteverlusten führen.

Das zentrale Ergebnis dieses Projektes ist eine explizite, kartographische Darstellung des Invasionsrisikos der Ambrosie in Österreich unter verschiedenen Klimawandelszenarien. Weiters konnte der zeitliche Verlauf der Ausbreitung vom Erstfund im Jahre 1883 bis heute weitgehend rekonstruiert werden. Somit wird die Identifizierung von Risikogebieten erleichtert. Insbesondere können regional differenzierte, präventive Maßnahmen, wie gezieltes Monitoring und punktuelle Bekämpfung in potentiellen Ausbreitungskorridoren aus den Ergebnissen abgeleitet werden.

Durch die Einbeziehung von Klimamodellen wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf Gesundheitsvorsorge und die Landwirtschaft Österreichs beispielhaft dargestellt. In Mitteleuropa wurden bislang noch für keine gesundheitlich problematische Pflanzenart die potentiellen Auswirkungen des Klimawandels untersucht.

C5-2 *Ambrosia artemisiifolia*

C5-2.1 Biologie der Art

Die Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia* L.), auch unter ihrem englischem Namen „ragweed“ bekannt, ist eine einjährige krautige Pflanze aus der Familie der Korbblütler (Asteraceae). Die Gattung Ambrosie weist nach aktuellen taxonomischen Konzepten etwa 40 Arten weltweit auf, mit Diversitätszentren im Südwesten der USA und angrenzenden Mexiko. In Europa ist nur eine Art (*Ambrosia maritima*) im Mittelmeergebiet heimisch. Die Stängel der Ambrosie sind behaart, die ganze Pflanze weist einen starken aromatischen Geruch auf, der auf die zahlreichen sitzenden und gestielten Drüsen zurückgeht. Die an den Gewöhnlichen Beifuss (*Artemisia vulgaris*) erinnernden Blätter sind doppelt fiederschnittig, wechselständig oder die unteren gegenständig. Die Keimung erfolgt in Österreich im Mai, Voraussetzung ist eine minimale Bodentemperatur von 13°C (Forcella et al. 1997), jedoch wirken zu hohe Temperaturen inhibierend. Die Ambrosie benötigt zur Keimung und Etablierung freie, vegetationsarme Keimstellen, wie sie in Ruderal- und Segetalfluren als Folge mechanischer Störungen häufig anzutreffen sind (Abb. C5-1 und Abb. C5-2).

Die auf günstigen Standorten bis zu 100 (150) cm hoch werdenden Pflanzen sind einhäusig, männliche und weibliche Blüten befinden sich an verschiedenen Bereichen des Blütenstandes (Abb. C5-3). In Österreich beginnt die Blütezeit – und somit die Periode der gesundheitlich problematischen Pollenproduktion - Anfang August und dauert bis Ende September / Anfang Oktober (Abb. C5-5). Die männlichen Blüten erzeugen große Mengen Pollen, der vom Wind verbreitet wird. Die bräunlichen Samen sind 3-4 mm lang, 1,8-2,5 mm breit und von einer harten Achäne umgeben (Abb. C5-4), die mehrere dornartige Fortsätze aufweist (Fischer et al. 2005, Hegi 1979). Die Samen der Ambrosie besitzen keine spezifischen Ausbreitungsmechanismen, allerdings scheint ektozoochore Ausbreitung eine gewisse Rolle zu spielen (Gebben 1965).

Eine Pflanze erzeugt durchschnittlich 3000-4000 Samen, es wurden aber auch schon Spitzenwerte von 32000 Samen dokumentiert. Die Samen benötigen nach experimentellen Befunden an Pflanzen der USA Frost, um die Dormanz zu brechen und später zur Keimung zu gelangen (Altieri & Liebman 1988). Die Ambrosie baut eine langlebige Samenbank auf, Samen können ihre Keimfähigkeit bis zu 40 Jahren bewahren (USDA Plant Database 2006).



Abb. C5-1 Blühender dichter Bestand der Ambrosie in einem Sonnenblumenfeld bei Riedenthal im Weinviertel; September 2006 (Foto: F. Essl).



Abb. C5-2 Blühende Ambrosie am westlichen Ortsrand von Riedenthal im Weinviertel; September 2006 (Foto: F. Essl).



Abb. C5-3 Blühende Einzelpflanze der Ambrosie.



Abb. C5-4 Reife Samen von *Ambrosia artemisiifolia* (Quelle: USDA Plant Database 2006).

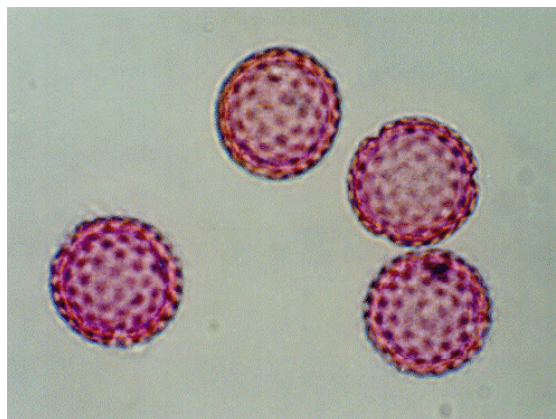


Abb. C5-5 Detailaufnahme von Pollenkörnern der Ambrosie. Quelle: <http://www.bot.nhmus.hu/hnpal-p.gif>.

C5-2.2 Verbreitung im Ursprungsgebiet

Das ursprüngliche Areal der Ambrosie umfasst Teile der südöstlichen USA. Auf Grund starker sekundärer Ausbreitung in Nordamerika ist die Umgrenzung des ursprünglichen Areals nur mehr bedingt möglich.

C5-2.3 Ausbreitung in Europa

Die Ausbreitung der Ambrosie setzte in Nordamerika in der Mitte des 19. Jahrhunderts ein. Der erste Nachweis in Kanada stammt aus dem Jahr 1860, auch in den USA erweiterte die Art ihr ursprüngliches Areal.

Die Ausbreitung von *Ambrosia artemisiifolia* in Europa setzte ebenfalls Mitte des 19. Jahrhunderts ein. Der vermutliche Ersthachweis in Europa ist eine Verwilderung in Großbritannien im Jahr 1836. Für Großbritannien sind 89 Vorkommen für den Zeitraum bis 1970 bekannt, während für den vergleichsweise kurzen Zeitraum 1987-99 85 Nachweise vorliegen (Preston et al. 2002). Die Ambrosie ist in Großbritannien daher auch heute noch ein eher seltener Neophyt.

Der vermutliche Ersthachweis für Mitteleuropa ist eine Angabe für Deutschland aus dem Jahr 1863 (Bassett & Crompton 1975). Die Arealerweiterung verlief anfangs sehr zögerlich, so dass in den ersten Jahrzehnten meist nur unbeständige kleine Vorkommen bekannt wurden. In Deutschland kommt die Ambrosie heute zerstreut vor, besonders seit der ab den 1980er Jahren rascher verlaufenden Expansion; es sind derzeit Nachweise aus ca. 420 Messtischblättern (=Rasterflächen der floristischen Kartierung Deutschlands) nachgewiesen. Die meisten dieser Vorkommen gelten jedoch (noch) als unbeständig (Reinhardt et al. 2003, Freundorfer 2006).

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts folgen dann in vielen Ländern Europas die Ersthachweise. Der erste Nachweis etwa für Tschechien stammt aus dem Jahr 1883 (Pyšek et al. 2002).

Die ersten Nachweise aus Ungarn stammen aus dem Beginn des 20. Jahrhunderts (Botond & Botta-Dukat 2004, Balogh et al. submitted). Seit Mitte des 20. Jahrhunderts erfolgte eine rasche Ausbreitung, so dass die Art heute die häufigste Unkrautart in Äckern ist (Balogh et al. submitted).

In der Schweiz weist die Ambrosie gehäufte Vorkommen in den klimatisch begünstigten Bereichen der Umgebung des Genfer Sees und im Tessin auf, dort ist die Art als Folge einer deutlichen Ausbreitung während der letzten 15 Jahre heute eingebürgert. (Bohren et al. 2006, Tamarcaz et al. 2005).

In Slowenien kommt die Ambrosie zerstreut vor. Die meisten Verbreitungsdaten stammen aus den Jahren nach 1990, so dass von einer merklichen Ausbreitung auszugehen ist (Jogan & Vres 1998, Jogan schriftl. Mitteilung).

In Frankreich stammt der Ersthachweis aus dem Jahr 1863 (Chauvel et al. 2006). Die Ambrosie ist v.a. im Rhone-Becken seit längerem eingebürgert, seit einigen Jahren tritt sie dort in großer Häufigkeit auf. In den letzten Jahrzehnten wurde weiters eine deutliche Ausbreitung in angrenzende Gebiete beobachtet. Einen umfassenden Überblick über die Einschleppungsgeschichte nach Frankreich geben Chauvel et al. (2006).

Die kontinental getönten Ackerbau Landschaften Osteuropas bieten der Ambrosie gut geeignete Lebensräume. In Russland wurde *A. artemisiifolia* zum ersten Mal im Jahr 1918 in der Nähe von Stavropol gesammelt. Die weitere Ausbreitung in Russland erfolgte rasch, so waren um 1950 schon 200.000 ha im Gebiet um Krasnodar besiedelt; Heute sind mehr als 5 Millionen Hektar von der Ambrosie besiedelt (Savotkiv et al. 1995). In der Ukraine erfolgte der Ersthachweis Anfang der 1940er Jahre, wobei in den

letzten Jahren eine markante Ausbreitung mit einer Arealerweiterung nach Norden beobachtet wurde (Abb. C5-6).

Die pannonisch geprägten Gebiete Ungarns, Nordserbiens und Nordkroatiens sowie des östlichen Rumäniens beherbergen heute die ausgedehntesten Bestände der Ambrosie in Europa.

Im Mittelmeergebiet ist die Art auch heute noch selten, da die heißen, trockenen Sommer für die Ambrosie nur schlechte Entwicklungsmöglichkeiten bieten. Ebenso kommt die Ambrosie in Nordeuropa nur sehr selten und unbeständig vor.

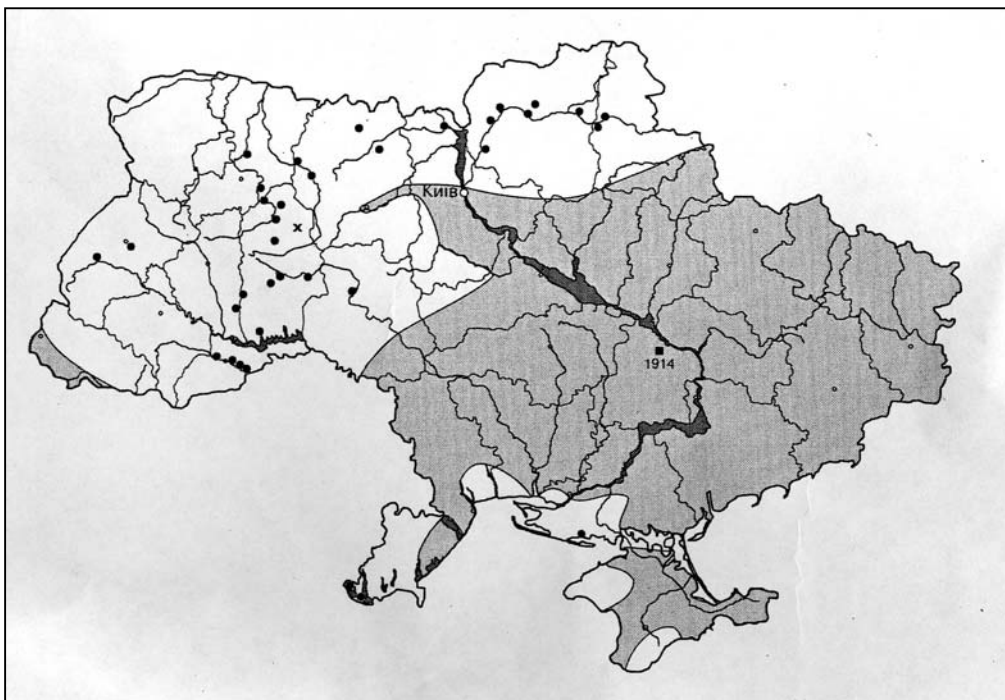
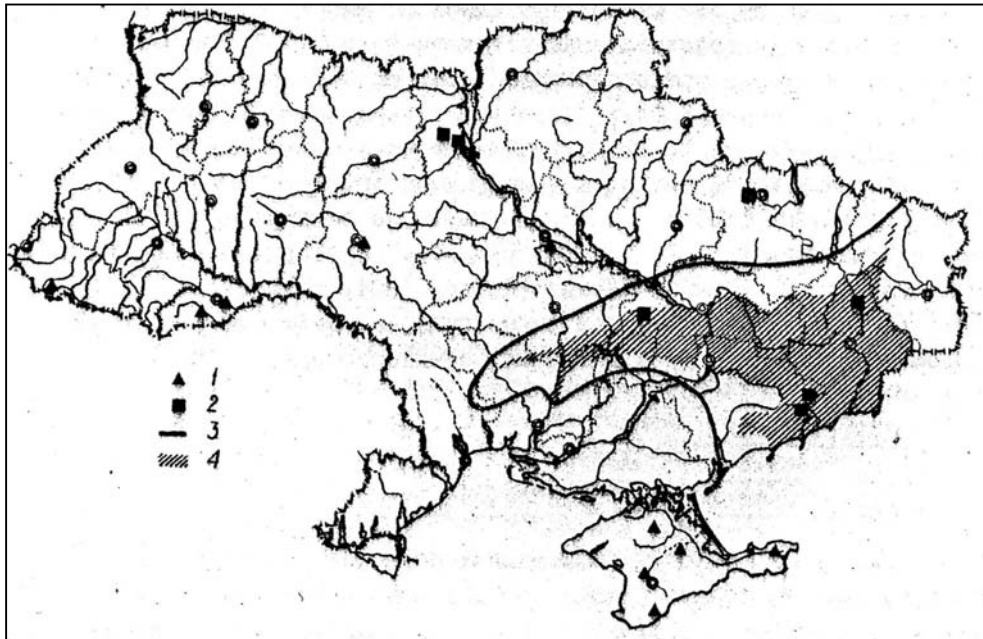


Abb. C5-6 Areal der Ambrosie in der Ukraine im Jahr 1978 (obere Abbildung) und im Jahr 2002 (untere Abbildung). Von der Ambrosie besiedelte Gebiete sind schraffiert dargestellt, Einzelfunde mit Punktsymbolen.

C5-3 Eingangsdaten

C5-3.1 Daten zur Verbreitung der Art

C5-3.1.1 in Österreich

Die Einschleppungsgeschichte und die derzeitige Verbreitung der Ambrosie in Österreich waren bislang nicht zusammenfassend dokumentiert. Für dieses Projekt wurde eine umfassende Auswertung der zerstreut vorliegenden Daten durchgeführt, um den Ausbreitungsprozess möglichst genau rekonstruieren zu können. Im folgenden Abschnitt werden die relevanten Datenquellen angeführt:

1) Verbreitungsdaten der floristischen Kartierung Österreichs: Seit Beginn der 1970er Jahre wird unter Beteiligung zahlreicher Botaniker die Erfassung der Verbreitung aller Gefäßpflanzenarten durchgeführt, wobei die Leitung dieses Projekts der Universität Wien, Dept. für Biogeographie obliegt (Prof. Niklfeld, Univ.-Doz. Schratt-Ehrendorfer). Aus dieser Datenquelle stammen etwa 250 Datensätze.

2) Verbreitungsdaten aus floristischer Literatur: Einer umfassenden Auswertung der floristischen Literatur konnten zahlreiche verstreute Fundorte der Ambrosie entnommen werden. Ausgewertet wurden Bundesländerflore, regionale Floren, Diplomarbeiten und Dissertationen sowie floristische Spezialartikel. Meist handelt es sich um isolierte, vorgeschobene oder sonstige bemerkenswerte Vorkommen, die bei floristischen Veröffentlichungen berücksichtigt wurden. Aus insgesamt ca. 50 verschiedenen Literaturquellen wurden rund 170 Funddaten gewonnen.

3) Unveröffentlichte Verbreitungsdaten floristisch tätiger Botaniker: Etwa 50 der in potentiellen Vorkommensgebieten der Ambrosie floristisch intensiv tätigen Botaniker Österreichs wurden per e-mail oder Telefon zu Ihnen bekannten Vorkommen der Ambrosie befragt. Insgesamt ca. 30 Botaniker steuerten etwa 100 zusätzliche Datensätze bei.

4) Auswertung der großen österreichischen Herbarien: Alle großen österreichischen Herbarien der großen naturkundlichen Museen sowie mehrere bedeutende Privatherbarien konnten hinsichtlich der Herbarbelege von Ambrosie ausgewertet werden. Aus dieser Datenquelle stammen etwa 150 Datensätze.

5) Kartierungsdaten des hochrangigen Straßennetzes in Niederösterreich: Im Jahr 2005 wurden vom Personal des Niederösterreichischen Straßendienstes eine Kartierung der hochrangigen Straßen in Niederösterreich durchgeführt. Aus dieser Datenquelle stammen etwa 35 Datensätze.

Zu allen Fundortdaten wurden – soweit in der Originalquelle vorhanden – folgende beschreibende Attribute entnommen bzw. ergänzt:

- Fundortsjahr
- Genauer Fundort
- Seehöhe in Meter(von – bis)
- Habitatbeschreibung
- Floristischer Status
- Beobachter bzw. Sammler
- Bestandesgröße

C5-3.1.2 in Nachbarländern

Um einen Überblick über die Verbreitungssituation in den Nachbarländern Österreichs zu erhalten, wurden Verbreitungsdaten aus folgenden Quellen ausgewertet:

- Ungarn: Verbreitungsdaten der ungarischen floristischen Kartierung, Überblick in Botond & Botta-Dukat (2004) und Balogh et al. (submitted)
- Slowenien: Verbreitungsdaten der Floristischen Kartierung Sloweniens, sowie des Verbreitungsatlasses der Gefäßpflanzen Sloweniens (Jogan 2001) und des Verbreitungsüberblicks von Jogan & Vres (1998)
- Deutschland: Verbreitungsdaten der Floristischen Kartierung Deutschlands (Stand: April 2006)
- Schweiz: Verbreitungskarte auf Basis der Daten der Floristischen Kartierung der Schweiz in Freundorfer (2006)

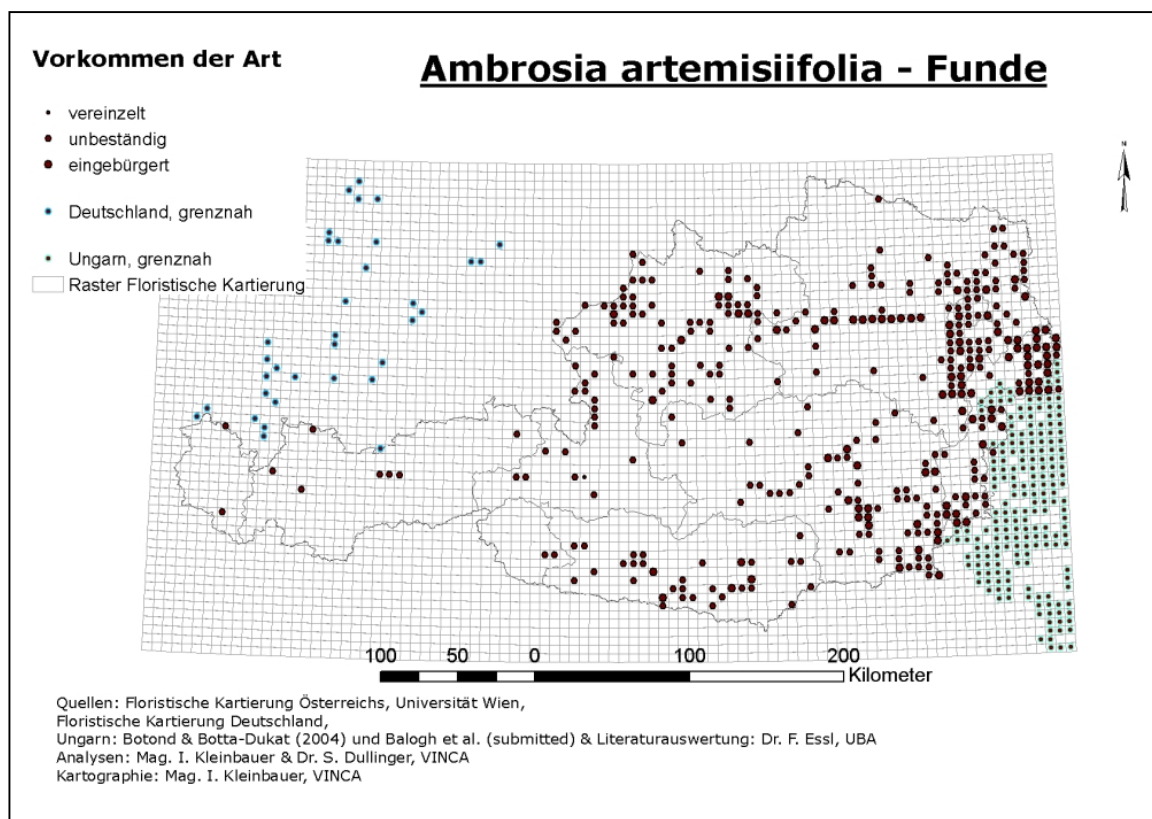


Abb. C5-7 Vorkommen der Ambrosia in Österreich und den grenznahen Gebieten Ungarns und Deutschlands

In den übrigen Nachbarländern Österreichs (Tschechien, Slowakei, Italien) gibt es keine räumlich gut aufgelösten und annähernd vollständigen Verbreitungsdaten; somit wurde auf eine Einbeziehung von Verbreitungsdaten aus diesen Ländern verzichtet.

C5-3.2 Umweltdaten

Um die räumliche Verbreitung von für die Ambrosie geeigneten Habitaten in Österreich zu modellieren, wurden Daten aus drei thematischen Bereichen herangezogen:

- a) Naturräumliche Ausstattung (Topographie, Klima, Geologie, Boden)
- b) Landnutzungscharakteristik (Landbedeckung und Nutzungsintensität)
- c) Potentielle Ausbreitungskorridore (Gewässer- und Verkehrsnetzwerk)

Dabei wurden nur solche Daten verwendet, die für die gesamte Fläche des österreichischen Staatsgebietes vorliegen. Die verwendeten Datenbestände sind im Folgenden kurz dargestellt. Für eine detaillierte Beschreibung der Basisdaten sei jedoch auf die zitierte Literatur verwiesen.

Sofern sich die Daten nicht im Besitz von VINCA oder des Umweltbundesamtes befanden, wurden die entsprechenden Datenhalter kontaktiert und die Erlaubnis zur Verwendung im Rahmen des Projektes eingeholt.

Tab. C5-1 Übersicht der Datenbestände: A) Naturräumliche Charakteristik, B) Landnutzungscharakteristik und C) Potentielle Ausbreitungskorridore

	Variable	Datensatz	Räumliche Auflösung
A	Topographische Variablen	Digitales Höhenmodell <ul style="list-style-type: none"> • Seehöhe (elevation) • Neigung (slope) • Exposition (exposition) • Form der Geländeoberfläche (curvature) • Reliefrauheit (rough) 	50, 250 und 1000m
	Meteorologische Variablen	Klimakarten <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur (T) • Niederschlag (pr) • Sonnenscheindauer • Bewölkung 	250m
	Evapotranspiration	<ul style="list-style-type: none"> • Potentielle Evapotranspiration (nach Turc, 1961) 	250m
	Geologie und Böden	<ul style="list-style-type: none"> • Geologische Karte • Bodenkarte 	1:1.000.000 1:750.000
B	Landnutzungsvariablen	Landbedeckung <ul style="list-style-type: none"> • CORINE Landcover • SINUS Landcover 	25ha 30m
		Landnutzungsintensität <ul style="list-style-type: none"> • Human appropriation of net primary production (HANPP) 	250m
C	Variablen über potentielle Ausbreitungswege	Ökologische Netzwerke <ul style="list-style-type: none"> • Fließgewässernetz Verkehrnetzwerke <ul style="list-style-type: none"> • Straßennetz • Bahnnetz 	1:50.000

C5-3.2.1 Naturräumliche Ausstattung:

Topographie: Zur Charakterisierung des Geländereiefs wurden die topographischen Variablen Seehöhe, Geländeneigung, Exposition der Geländeoberfläche und Form der Geländeoberfläche auf Basis des digitalen Höhenmodells von Österreich mit einer Grundauflösung von 50m (Quelle: BEV) berechnet. Um sowohl Meso- als auch Makroreliefeigenschaften in die Analyse mit einbeziehen zu können, wurden die vorgenannten Variablen jeweils mit einer räumlichen Auflösung von 50m (Mesorelief), 250m (Meso- bis Markorelief) und 1000m (Markorelief) berechnet.

Für die Berechnung der Reliefrauheit (roughness) wurde ein Kernel (= ein mehrere Rasterzellen umfassendes Analysefenster) von jeweils 5x5 Zellen (je Auflösungsebene) verwendet und die Standardabweichung der Variable „Form der Geländeoberfläche“ (*curvature*) in diesem Kernel bestimmt.

Meteorologie: Klimatische Variablen, wie Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer und Bewölkung, wurden den Klimakarten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG - Zeitperiode 1961-1990) entnommen. Diese Daten weisen eine räumliche Auflösung von 250m auf. Die Temperatur- und

Niederschlagskarten wurden auf Basis eines digitalen Höhenmodells und Daten von über 800 meteorologischen Stationen räumlich interpoliert. Für die Interpolation der Einstrahlung wurden die Daten von über 200 meteorologischen Stationen herangezogen. Die meteorologischen Variablen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tab. C5-2 Variablen der Klimakarten (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)

Klimakarte	Variablen
Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> • Monatliche, jahreszeitliche und jährliche Minima, Maxima und Mittelwerte • Anzahl der Frosttage
Niederschlag	<ul style="list-style-type: none"> • Jahreszeitliche (Sommer/Winter) und jährliche Summen- flüssig und fest
Einstrahlung	<ul style="list-style-type: none"> • Absolute und relative Sonnenscheindauer im Jänner und Juli • Mittlere Bewölkung im Jänner und Juli

Evapotranspiration: Die potentielle Evapotranspiration (PET) kombiniert die Effekte der Temperatur und der Solarstrahlung zur Abschätzung der Netto-Energiebilanz unabhängig von der tatsächlichen Wasserverfügbarkeit (Currie, 1991). Sie wurde nach der Formel von Turc (1961) aus der interpolierten Temperaturkarte und der geschätzten topografisch modifizierten Sonneneinstrahlung unter Verwendung der Software SOLARFLUX (Dubayah & Rich, 1996) mit einer räumlichen Auflösung von 250m berechnet. Die PET wurde für die Winter- und Sommersonnenwende und die Frühlings-Tagundnachtgleiche berechnet, um die jährlichen Extremwerte zu beschreiben (siehe Moser et al., 2005).

Geologie und Böden: Zur Beschreibung von Geologie und Böden wurden einerseits eine Geologische Karte 1:500.000 von Österreich (Weber, 1997) und andererseits eine Übersichtskarte der Bodentypen 1:750.000 von Österreich (Fink et al., 1979) verwendet. Beide liegen in digitaler Form am Umweltbundesamt vor.

C5-3.2.2 Landnutzung

Landbedeckung: Zur Beschreibung der aktuellen Landbedeckung und der Landschaftsstruktur wurden die Datensätze CORINE Landcover (Aubrecht, 1998) und SINUS Landcover (Peterseil et al., 2004) verwendet. CORINE Landcover ist ein europaweiter Ansatz zur Satellitenbild-gestützten Kartierung der Landbedeckung. Dabei werden 27 Landbedeckungsklassen ausgewiesen. Die kleinste ausgewiesene Fläche umfasst 25 ha. Alternativ dazu wurden Variablen der Landschaftsstruktur und Landbedeckung aus der SINUS-Landcover Karte errechnet, die eine Klassifikation von LandSat TM Bildern mit Hilfe eines region-growing Algorithmus und einer expertengestützten Klassifikation der Landbedeckung darstellt.

Die Beschreibung der Landnutzungsintensität basiert auf dem energetischen Fluss und dem Turnover der Energie auf landschaftlicher Ebene. Die menschliche Aneignung der Nettoprimärproduktion (HANPP) auf landschaftlicher Ebene (Haberl et al., 2001a,b) wird dabei als Maß der Landnutzungsintensität herangezogen. HANPP beschreibt einerseits die Veränderung der Produktivität durch die Landnutzung und andererseits die Biomasse, welche durch Ernte dem Ökosystem entzogen wird (Haberl & Zangerl-Weisz, 1997; Haberl et al., 2001b; Vitousek et al., 1986; Wright, 1990). HANPP ist dabei definiert als die Differenz zwischen NPP_0 , der Nettoprimärproduktion der potentiell natürlichen Vegetation, und NPP_t , der Nettoprimärproduktion, die im Ökosystem nach der Ernte verbleibt. Der Datensatz basiert auf den Landbedeckungsdaten von SINUS Landcover, der naturräumlichen Charakteristik und Produktionsstatistiken auf Bezirks-

und Gemeindebasis. Er liegt am Institut für Interdisziplinäre Forschung der Universität Klagenfurt vor und weist eine räumliche Auflösung von 250m auf.

C5-3.2.3 Ausbreitungskorridore

Netzwerke: Netzwerke stellen potentielle Ausbreitungswege in der Landschaft dar, die es gerade invasiven Arten ermöglichen, größere räumliche Distanzen in kurzer Zeit zu überbrücken (Adolphi 1998; Oppermann 1998; Gerstberger 2001). Verkehrswege und Fließgewässer stellen dabei ein Netz von überregionaler Bedeutung dar. Für das gegenständliche Projekt wurden daher die Vektordaten zum Fließgewässernetz (BEV) und zum Verkehrsnetz (TeleAtlas, ÖBB) in Österreich verwendet. Sowohl die Flüsse als auch die Verkehrswege liegen entsprechend ihrer Größe kategorisiert vor und gingen getrennt nach diesen Kategorien in die Berechnung mit ein.

C5-3.3 Klimamodelle

Die Prognose der Veränderung bzw. Erweiterung der potentiellen Habitate basiert auf Klimawandelszenarien. Um einerseits dem aktuellen Stand in dieser Forschungsrichtung Rechnung zu tragen und andererseits die Bandbreite der aktuellen Szenarien abzudecken, kamen nach Absprache mit dem Experten Dr. Herbert Formayer (Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur, Wien) verschiedene Szenarien zum Einsatz:

- (A) Langfristige starke Klimaänderung: HadAM3 – Prognose für das Jahr 2100 auf der Basis eines Global Circulation Model (GCM) des Hadley Center for Climate Prediction and Research in der Version 3 (Pope 2000),. Im Folgenden abgekürzt mit HAD.
- (B) Langfristige moderate Klimaänderung: ein für den Alpenraum korrigiertes Szenario der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich (Jacob et al. 2005); ebenfalls für das Ende des Jahrhunderts. Im Folgenden abgekürzt mit ETH.
- (C) Mittelfristige moderate Klimaänderung: ein dynamisches Downscaling des GCM ECHAM5 für sieben explizite Regionen Mitteleuropas, von denen fünf relevant für Österreich sind (Gobiet et al. 2006); Szenario für die Mitte des Jahrhunderts (2041-2050). Im Folgenden abgekürzt mit REG.

Im Zuge der Modellbildung erwies sich die mittlere Julitemperatur als der entscheidende Klimafaktor. Die prognostizierten Änderungen sind in Abb. C5-8 graphisch aufbereitet.

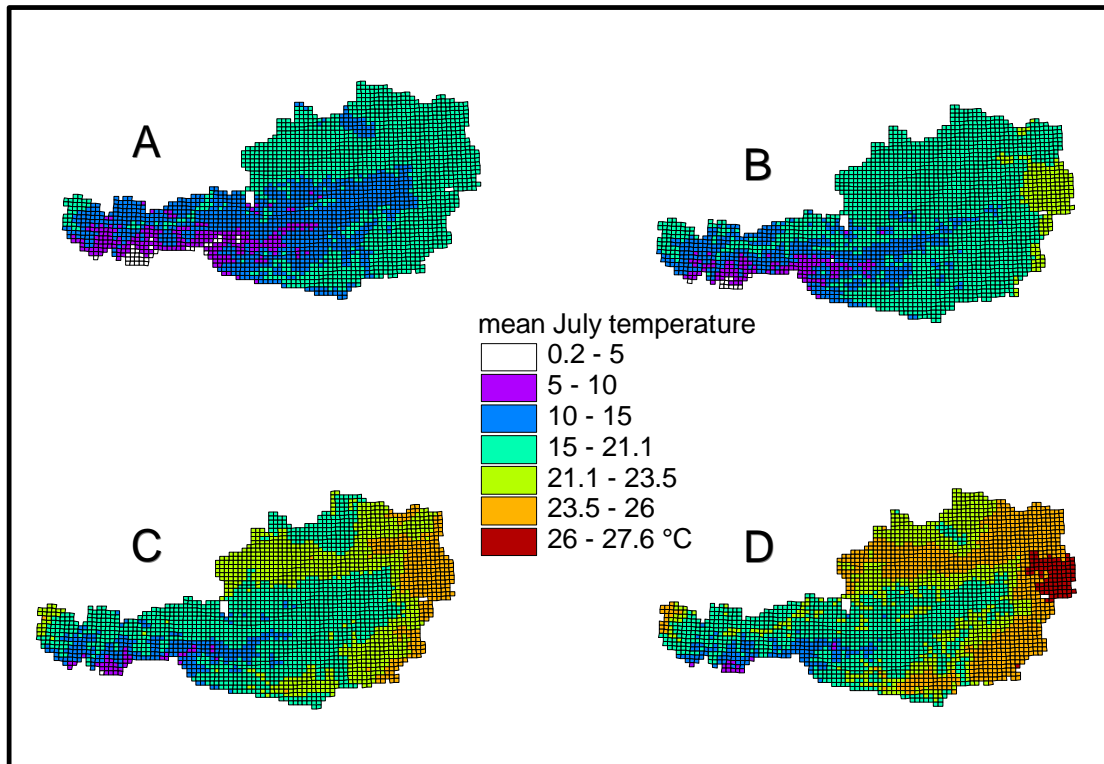


Abb. C5-8 Mittlere Julitemperaturen: A – ZAMG Daten (1961-1990); B – regionales Szenario (2041-2050); C – ETH Szenario (2100); D – HadAM3 Szenario (2100)

C5-4 Methodik

C5-4.1 Aufbereitung der Daten

Als einheitliches geographisches Referenzsystem für die aktuelle Verbreitung der Ambrosie wurde das Quadranten-Netz der Floristischen Kartierung von Österreich (Niklfeld 1998) verwendet. Dieses regelmäßige Raster besteht aus rechteckigen Zellen (= Quadranten) mit einer Fläche von ca. 3 x 5 geographischen Minuten, das entspricht ungefähr 6 x 5,5 km. Die gesamte Landesfläche wird mit 2612 Quadranten abgedeckt. Jede der aus den verschiedenen Quellen kompilierten Fundmeldungen der Ambrosie wurde mit Hilfe der Austrian Map (BEV 2006) einem individuellen Quadranten zugewiesen. Manche Datensätze waren in zwei oder mehreren der ausgewerteten Datenquellen vorhanden; daher war eine Bereinigung und Zusammenführung von Mehrfacheinträgen notwendig. Die insgesamt 691 Fundmeldungen der Ambrosie zwischen 1883 und 2005 verteilten sich auf 366 Quadranten. Sämtliche Funde wurden gemeinsam mit Fundort, Quadrantenzugehörigkeit, Funddatum und einigen zusätzlichen Informationen in einer MS-Access Datenbank gespeichert (siehe auch Kap. C5-3.1)

Diese Einordnung aller Fundmeldungen in ein einheitliches raum-zeitliches Koordinatensystem ermöglichte die Rekonstruktion der Besiedelungsgeschichte der Ambrosie in Österreich mittels Histogrammen der Fundmeldungen entlang der Zeitachse: Die Häufigkeit der Funde wurde gestaffelt nach Jahrzehnten graphisch dargestellt. Durch zusätzliche Gruppierung nach geographischen Längengraden wurde außerdem eine regionale Differenzierung der Besiedelungsentwicklung untersucht. Weitergehende Analysen zur Habitatpräferenz erfolgten durch Zuordnung der Vorkommen zu Lebensraumtypen und durch Auswertung der Höhenverteilung der Ambrosia-Vorkommen. Eine Analyse der Einschleppungswege wurde durch Zuordnung der Vorkommen zum wahrscheinlichsten Einschleppungsweg erreicht. Die Analyse des floristischen Status (unbeständig, eingebürgert, synanthrop) gibt Auskunft, über die Größe und Persistenz der Vorkommen der Ambrosie in Österreich.

Für die Entwicklung des Habitatmodells der Ambrosie wurde die Art in einem Quadranten als aktuell vorhanden eingestuft, wenn die zeitlich jüngste Fundmeldung in diesem Quadranten die Population als stabil und eingebürgert klassifiziert hatte. Als aktuell unbesiedelt wurde der Quadrant eingestuft, wenn aus dem Quadranten bislang keine Fundmeldung vorliegt. Nach diesen Kriterien ist *Ambrosia artemisiifolia* aktuell in 97 von insgesamt 2612 Quadranten etabliert, in 269 Quadranten tritt sie vereinzelt aber unbeständig auf.

Sämtliche Umweltdaten, inklusive der Temperatur-Prognosen aus den klimatischen Modellen, wurden in einem Geographischen Informationssystem (ARCGIS 9.0 (© ESRI)) mit Hilfe von Aggregat-Funktionen der räumlichen Auflösung des Quadrantennetzes angepasst. Auf diese Art wurden neue Datensätze generiert, in denen die einzelnen Quadranten etwa durch Mittelwert und Varianz der Temperatur, Gesamtlänge der Straßen in diesem Quadranten etc. charakterisiert sind. Eine genaue Auflistung der produzierten Datenschichten befindet sich im Anhang.

C5-4.2 Habitat-Modell

C5-4.2.1 Parametrisierung

Um die Abhängigkeit der Verbreitung der Ambrosie von den aktuellen Umweltbedingungen zu analysieren und ein entsprechendes statistisches Verbreitungs- oder Habitatmodell zu parametrisieren, wurden die erhobenen bzw. kompilierten Verbreitungs- und Umweltdaten mit Hilfe eines „Generalisierten Linearen Modells“

(GLM, McCullagh & Nelder 1989) miteinander in Beziehung gesetzt. Ein GLM ist ein Regressionsmodell, das sich durch passende Transformation des sogenannten Linearprädiktors, d.h. der Linearkombination der unabhängigen Variablen, auch auf nicht-normal verteilte abhängige Variable anwenden lässt. Für die Präsenz-Absenz-Daten der Ambrosie (die Art ist in einem Quadranten vorhanden oder nicht) wurde eine Binomialverteilung unterstellt. Die passende Transformation des Linearprädiktors ist die Inverse der logistischen Transformation. Das Habitatmodell der Ambrosie hat daher die allgemeine Form:

$$P(y = 1) = \frac{\exp(X\beta)}{1 + \exp(X\beta)}$$

Dabei bedeutet $P(y=1)$ die Wahrscheinlichkeit, dass die Ambrosie in einem Quadranten mit einer stabilen Population vorkommt, und $X\beta$ ist die gewichtete Matrix der unabhängigen Variablen, d.h. die Matrix der für jeden Quadranten erhobenen Umweltdaten, multipliziert mit dem Vektor der zugehörigen Regressionskoeffizienten. Diese Regressionskoeffizienten wurden mit Hilfe eines Maximum Likelihood Algorithmus (Prozedur *lrm* in der Design-Library des Statistikpakets S-Plus for Windows 2000®) bestimmt.

Um die Anzahl der unabhängigen Variablen im GLM zu reduzieren, wurde die relativ große Zahl erhobener Umweltdaten zuvor einer Korrelationsanalyse unterzogen. Auf Basis der Ergebnisse dieser Korrelationsanalyse wurde dann eine Auswahl von miteinander weitgehend unkorrelierten Umweltvariablen selektiert. Nur diese Auswahl wurde in eine erste Version des GLM aufgenommen.

Für eine weitere Verfeinerung des Habitatmodells wurden in dieser ersten Version des GLM (1) nicht-lineare Effekte der einzelnen Umweltvariablen getestet. Zu diesem Zweck wurden sog. „restricted cubic splines“ verwendet, das sind Polynome dritter Ordnung, die separat an Teilbereiche des Wertebereichs einer unabhängigen Variablen (z.B. 1., 2., 3. und 4. Quartil) angepasst und dann untereinander zu einer geglätteten Kurve verbunden werden (Harrell 2001). Dies ermöglicht eine sehr flexible Erfassung nicht-linearer Abhängigkeiten. Und (2) wurde die Anzahl der unabhängigen Variablen im Modell weiter durch schrittweise „Rückwärtsselektion“ reduziert. Dabei wurde Schritt für Schritt diejenige unabhängige Variable aus dem GLM entfernt, deren Regressionskoeffizient am wahrscheinlichsten gleich 0 war, d.h. die am wahrscheinlichsten keinen Einfluss auf das Verbreitungsmuster der Ambrosie besitzt. Dieses Verfahren wurde solange fortgesetzt bis alle unabhängigen Variablen, die mit einer Wahrscheinlichkeit > 5% keinen Einfluss auf die Verbreitung der Ambrosie haben, aus dem Modell eliminiert waren.

In einem letzten Arbeitsschritt wurde dieses verfeinerte Habitatmodell abwechselnd mit einer Reihe von hochkorrelierten Umwelt-Variablen (monatliche Mitteltemperaturen, saisonale Niederschlagssummen, eine Reihe von Landnutzungsindikatoren (siehe Tabelle im Anhang) berechnet und die Güte (R^2 und D_{xy} – zwei statistische Kennwerte für die Übereinstimmung von Regressionsmodellen und Daten) der einzelnen Modelle verglichen. Aus jeder dieser 3 Gruppen wurde dann die „optimale“ Variable für das endgültige Habitatmodell ausgewählt, d.h. diejenige, die die höchste Modellgüte gewährleistete.

C5-4.2.2 Validierung des Habitatmodells

Die Validierung des finalen Modells erfolgte mit Hilfe eines bootstrap-Verfahrens. Grundlage dafür ist das Erstellen „neuer“ Datensätze aus dem Originaldatensatz durch „sampling with replacement“: – d.h. aus den 2612 Quadranten mit den zugehörigen Präsenzdaten der Ambrosie und den Werten der ins finale Modell eingegangenen Umweltvariablen werden wiederum 2612 zufällig ausgewählt, aber so, dass jeder

einzelne beliebig oft im „neuen“ Datensatz vorkommen kann. Dadurch entsteht ein Datensatz, der sich vom originalen durch mehrfaches Vorkommen bestimmter Quadranten und völliges Fehlen anderer unterscheidet. Auf diesen „neuen“ Datensatz wird das finale Modell angewandt und die Verschlechterung der Modellgütewerte berechnet. Durch oftmaliges Wiederholen dieser beiden Arbeitsschritte (resampling und Modellanwendung, hier 500 mal) ergeben sich Mittelwerte für die Verschlechterung der Modellgüte, die im allgemeinen eine gute Übereinstimmung mit Validierungen zeigen, die sich auf wirklich neue, unabhängige Datensätze stützen (vgl. z.B. Harrell 2001). Als Indizes für die Modellgüte wurden der R^2 -Wert von Nagelkerke, eine Adaptation des üblichen R^2 -Wertes für logistische Regressionen (= GLMs mit binomial verteilter abhängiger Variabler) und Somer's D_{xy} -Index verwendet. Somer's Index wird durch paarweise Vergleiche von wirklichen und vom Modell prädizierten Präsenzen/Absenzen errechnet: d.h. es werden alle Quadranten, in denen die Ambrosie aktuell vorkommt paarweise mit allen Quadranten, in denen die Ambrosie aktuell nicht vorkommt, verglichen und der prozentuelle Anteil derjenigen Fälle bestimmt, in denen dem Quadranten, in dem die Ambrosie vorkommt, vom Modell auch eine höhere Vorkommenswahrscheinlichkeit zugewiesen wird. Dementsprechend hat ein Modell ohne prädiktiven Wert („zufällige“ Prognose des Vorkommens) einen Wert von 0.5 und ein „perfektes“ Modell einen Wert von 1 (vgl. z.B. Harrell 2001).

C5-4.2.3 Prädiktive Modellierung unter verschiedenen Klimawandelszenarien

Für die prädiktive Modellierung der Ambrosien-Verbreitung wurden die Quadranten-Werte des relevanten Klimaparameters im finalen Habitatmodell (die Mitteltemperatur des Monats Juli – vgl. Abb. C5-8 auf Seite 16) an die drei verwendeten Klimawandelszenarien (siehe Kapitel C5-3.3 auf Seite 15) angepasst. Anschließend wurde die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Ambrosie in den einzelnen Quadranten auf der Grundlage dieser neuen Temperaturverhältnisse nach der obigen Formel des Habitatmodells neu berechnet.

C5-5 Ergebnisse

C5-5.1 Räumlich-zeitlicher Verlauf der Besiedelung Österreichs

Der Erstdnachweis von *Ambrosia artemisiifolia* in Österreich ist ein Herbarbeleg aus Innsbruck aus dem Jahr 1883 (Polatschek 2001). Bis zum Ende der 1940er Jahre wurden in Österreich nur wenige, unbeständige Vorkommen bekannt, die auf Neueinschleppungen beruhten (Abb. C5-9, Tab. C5-3). Etwa um 1950 setzte ein merklicher Ausbreitungsprozess ein. Nur wenige Jahre später war die Ambrosie in Österreich zwar noch selten, aber schon „sichtlich in Ausbreitung begriffen“ (Janchen 1956-60).

In den 1970er Jahren wurde die Ambrosie für Mitteleuropa (und damit auch für Österreich) als „selten lokal eingebürgert, zerstreut adventiv und unbeständig“ eingestuft (Hegi 1979). Die starke Ausbreitung der Ambrosie im südöstlichen Mitteleuropa und in Ostösterreich besonders seit Ende der 1980er Jahren erfolgte ausgehend vom stark besiedelten pannonischen Tiefland Ostungarns, Serbiens und Rumäniens Richtung Nordwesten. Die Dominanz dieses Einwanderungswegs zeigt auch die Verteilung der Fundorte in Österreich, mit einem deutlichen Schwerpunkt der Nachweise im Osten und Südosten Österreichs östlich des 16 Längengrads (Abb. C5-10, Abb. C5-11). Im Arealbild erkennbar ist auch die bevorzugte Ausbreitung der Ambrosie entlang hochrangiger Verkehrsinfrastruktur (v. a. Autobahnen) in bislang noch wenig besiedelte Gebiete, wie etwa entlang der Westautobahn in Nieder- und Oberösterreich (Abb. C5-7 auf Seite 12).

Am Beginn der 1990er Jahre wurde die Ambrosie von Adler et al. (1994) für Österreich noch als „selten bis zerstreut, (neuerdings) eingebürgert“ eingestuft. Wie zahlreiche Angaben der letzten Jahre (vgl. z.B. Essl 1994, Hohla et al. 1998, Maurer 1998, Melzer 1989) zeigen, etabliert sich die Art im letzten Jahrzehnt zunehmend in warmen Lagen Ost- und Südösterreichs und ist in weiterer Ausbreitung begriffen (Essl & Walter 2005). Allein im Zeitraum 2000-2005 wurde mit 242 Funden etwa $\frac{1}{3}$ aller bisherigen Nachweise aus Österreich gemeldet. Diese Ausbreitung der Ambrosie spiegelt sich eindrucksvoll in der Zunahme des Pollenflugs dieser windbestäubten Art in Österreich wieder (Abb. C5-22).

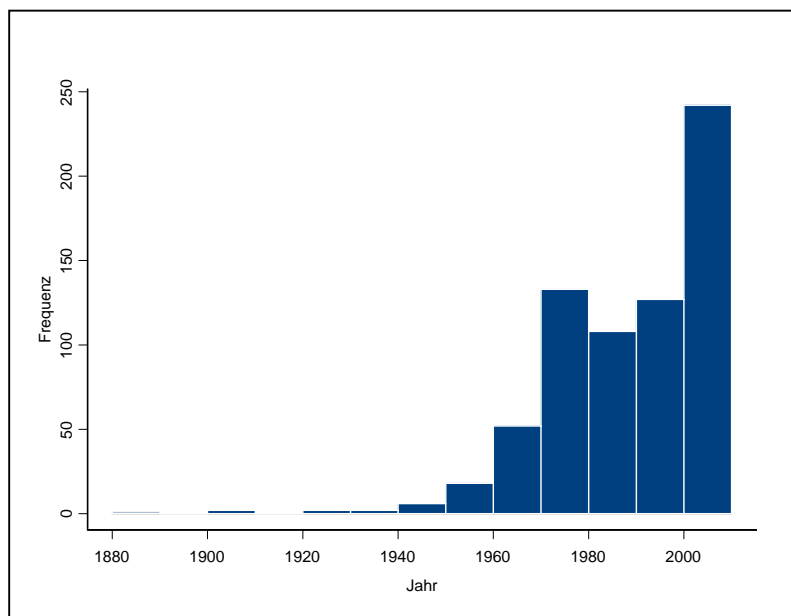


Abb. C5-9 Nachweise der Ambrosie in Österreich, summiert nach Dekaden.

Arealdynamik der Ambrosie in Österreich unter dem Einfluss des Klimawandels

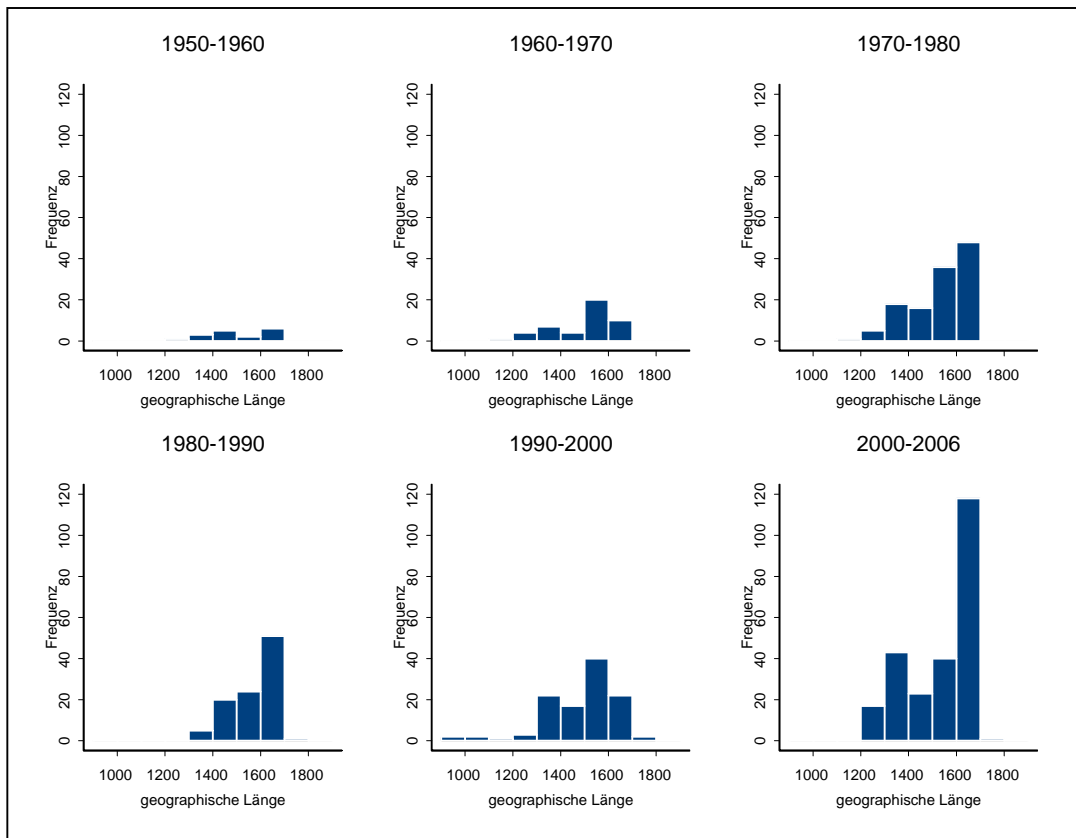


Abb. C5-10 Nachweise der Ambrosie in Österreich, summiert nach Dekaden und weiter unterteilt nach geographischer Länge (z.B. 1000 bedeutet 10 Grad westl. Länge)

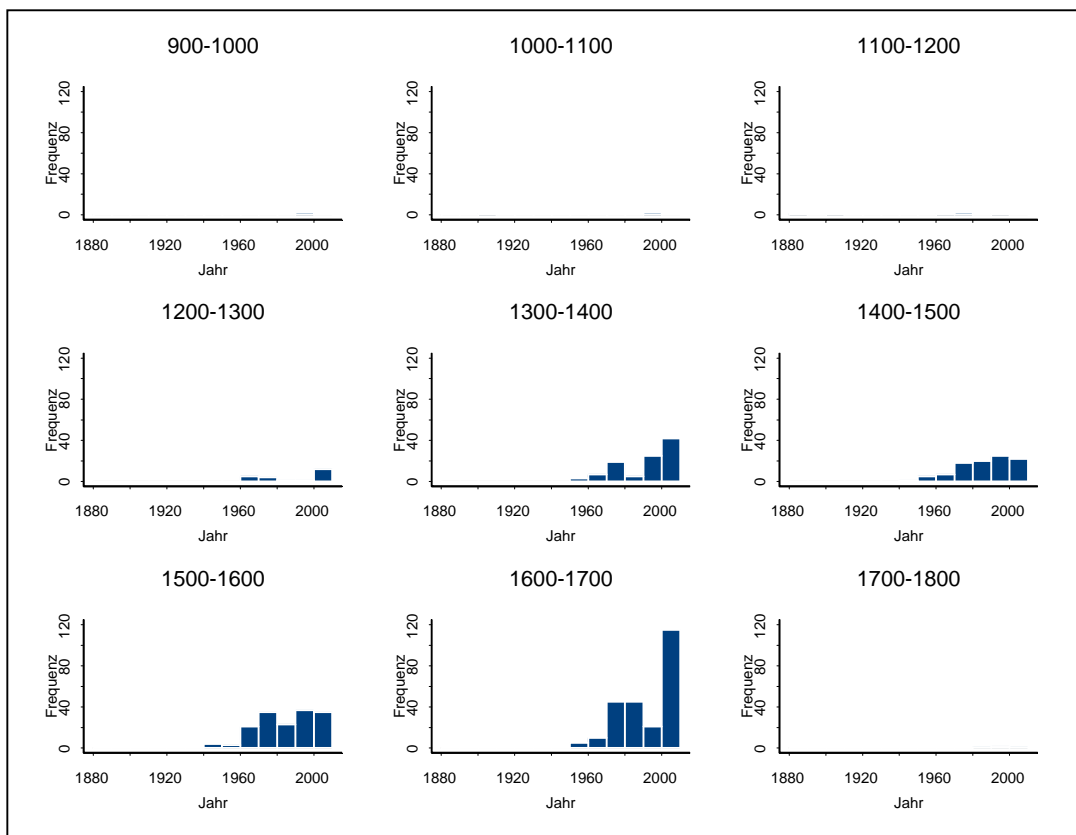


Abb. C5-11 Nachweise der Ambrosie in Österreich, summiert nach geographischer Länge und weiter unterteilt nach Dekaden (z.B. 900-1000 bedeutet von 9 bis 10 Grad westl. geographische Länge)

C5-5.2 Lebensraumpräferenz und Einschleppungswege in Österreich

Die Analyse der von der Ambrosie besiedelten Lebensräume zeigt eine starke Dominanz verschiedener Ruderal-Lebensräume und eine Bindung vieler Vorkommen an Verkehrsinfrastruktur. Am häufigsten wurde die Ambrosie in Ruderalfluren entlang hochrangiger Strassen und in sonstigen Ruderalfluren gefunden, gefolgt von Bahnanlagen. In Äckern tritt die Ambrosie – im Gegensatz zu Ungarn – bislang noch selten auf.

Die Nachweise auf Deponiestandorten und bei Vogelfutterplätzen weisen auf einen wichtigen Einschleppungsweg hin: kontaminiertes Vogelfutter!

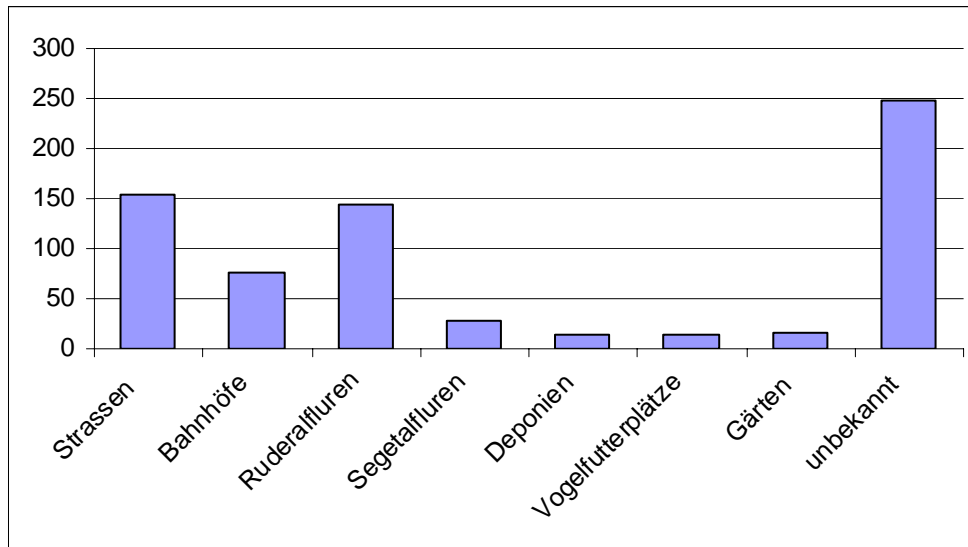


Abb. C5-12 Verteilung der Ambrosien - Vorkommen auf verschiedene Lebensraumtypen.

Die zunehmende Größe und Persistenz der Vorkommen wird durch den steigenden Anteil eingebürgerter Vorkommen unterstrichen. Der erste eingebürgerte Nachweis stammt aus der Dekade 1951-1960, im Zeitraum 2001-05 waren hingegen schon 85 eingebürgerte Vorkommen bekannt.

Tab. C5-3 Verteilung der Nachweise der Ambrosie nach Dekaden, getrennt nach dem floristischen Status.

	Funde unbeständig	Funde synanthrop	Funde eingebürgert	Summe Funde	Funde/Jahr
1880-1890	0	1	0	1	0,1
1991-1900	0	0	0	0	0
1901-1910	1	1	0	2	0,2
1911-1920	0	0	0	0	0
1921-1930	1	1	0	2	0,2
1931-1940	2	0	0	2	0,2
1941-1950	6	0	0	6	0,6
1951-1960	16	1	1	18	1,8
1961-1970	35	21	2	58	5,8
1971-1980	70	18	22	110	11
1981-1990	64	30	23	117	11,7
1991-2000	50	47	32	129	12,9
2001-2005	124	33	85	242	48,4
SUMME	369	153	165	687	

Die Höhenverteilung der Ambrosien-Nachweise in Österreich zeigt deutlich die Bevorzugung tiefer, klimatisch begünstigter Lagen. Über 50% der Nachweise stammen aus Höhenlagen unter 400 m Seehöhe.

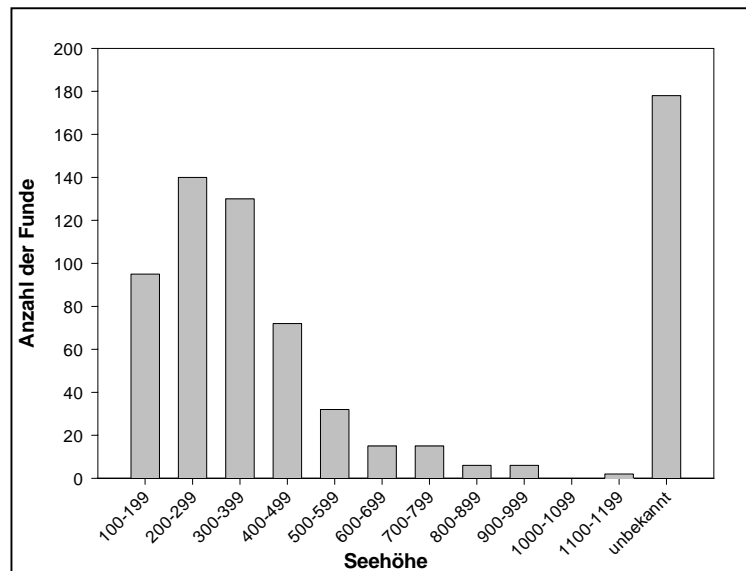


Abb. C5-13 Höhenverteilung der Vorkommen der Ambrosie in Österreich.

C5-5.3 Aktuelle Verbreitung in Zusammenhang mit Umweltparametern

Das Habitatmodell weist vier Prädiktoren als hoch signifikant aus.

Tab. C5-4 Beschreibung der Prädiktoren des Modells, ihren p-Wert und die Freiheitsgrade (d.f.) in der ANOVA

Umweltvariable	Beschreibung	p	d.f.
[T7]	Mittlere Julitemperatur der Jahre 1961-1990	< 0.0001	1
[curvatur]	Index für die Rauigkeit der Landschaft	0.0001	1
[mainstreets]	Gesamtlänge aller übergeordneten Straßen	0.0001	1
[LCratio]	Landnutzungsindex	0.0022	1

Die Variablen [mainstreets] und [LCratio] wurden zusätzlich einer log-Transformation unterzogen, um Probleme aufgrund der großen Spannweite in diesen Variablen zu umgehen.

Der Effekt aller vier Variablen bzw. deren Logarithmus' ist linear, d.h. alle Tests auf nicht-lineare Abhängigkeit des aktuellen Verbreitungsmuster der Ambrosie von einer diesen vier Variablen brachten ein nicht-signifikantes Ergebnis ($p > 0.05$). Unter diesen 4 Variablen ist die Mitteltemperatur des Monats Juli bei weitem der wichtigste die Ambrosien - Verbreitung determinierende Faktor. Der Effekt der Juli-Temperatur auf die Ambrosie ist positiv, d.h. die Wahrscheinlichkeit, eine stabile Ambrosienpopulation in einem Quadranten zu finden steigt mit der mittleren Temperatur des Monats Juli an. Dasselbe gilt für die 3 anderen Variablen, d.h. die Wahrscheinlichkeit eines Ambrosienvorkommens ist positiv mit Gesamtlänge der hochrangigen Straßen in einem Quadranten, dem Anteil der Siedlungs- und Agrarflächen und der Rauigkeit der Landschaft korreliert.

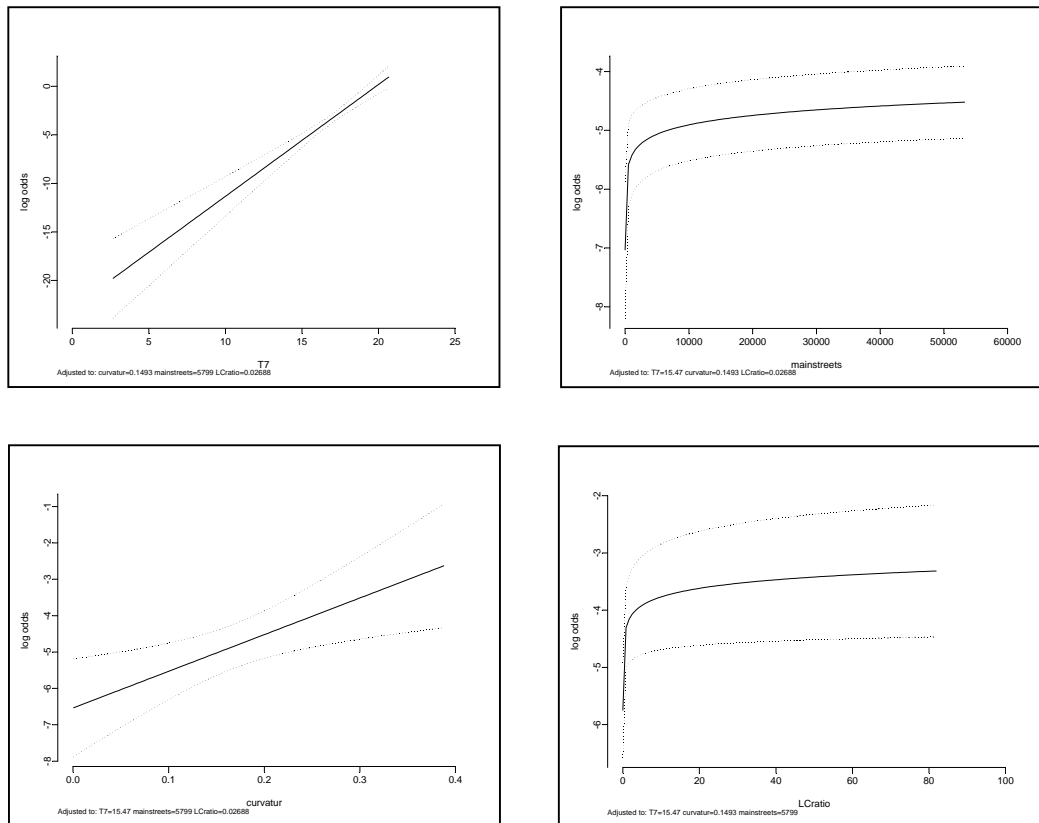


Abb. C5-14 Partielle Effekte der vier Prädiktoren des Habitatmodells auf die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Ambrosie. Links oben: Juli-Temperatur, rechts oben: Hauptverkehrswege, links unten: Kurvatur, rechts unten: Landnutzungsindex. Die drei jeweils nicht dargestellten Prädiktoren wurden für die Darstellung ihrer partiellen Effekte auf ihre jeweiligen Mittelwerte im Gesamtdatensatz fixiert. Die Odds ist das Verhältnis zwischen der Wahrscheinlichkeit des Vorkommens und der Wahrscheinlichkeit des Nicht-Vorkommens der Ambrosie ($p/1-p$). Die gepunkteten Linien bedeuten 95%-Konfidenzintervalle.

Die Gesamtgüte des Modells (siehe Tab. C5-5) ist mit einem R^2 von 0.42 und einem D_{xy} von 0.86 als zufriedenstellend zu bezeichnen. Insbesondere der Wert von Somer's Index D_{xy} ist im Vergleich zu anderen biogeographischen Anwendungen relativ hoch (Guisan & Harrell 2002, Dirnböck et al. 2003).

Tab. C5-5 Kennwerte des Habitatmodells der Ambrosie:

n – Anzahl der Datensätze (= Quadranten); R^2 , D_{xy} – statistische Kennwerte vor bzw. nach bootstrap-Validierung; d.f. – Freiheitsgrade der unabhängigen Variablen; p – Wahrscheinlichkeit, dass die Kombination der Umweltvariablen keinen Einfluss auf das Verbreitungsmuster der Ambrosie hat.

n	R^2	D_{xy}	R^2 korrigiert	D_{xy} korrigiert	d.f.	p
2612	0.42	0.86	0.41	0.85	4	< 0.0001

Die Bootstrap-Validierung zeigt nur eine marginale Verschlechterung der Modellgüte: Der prädiktive Wert des Modells bleibt also bei Anwendungen auf neue, unabhängige Datensätze, weitgehend konstant.

Für die kartographische Aufbereitung wurden die wenig aussagekräftigen relativen Vorkommens-Wahrscheinlichkeiten des Modells in Klassen unterteilt, die Aufschluß über die Habitateignung des Quadranten geben. Dafür wurde der Erwartungswert (E) der Binomial-Verteilung nach der Formel $E = k/n$ errechnet, wobei n = Anzahl aller

Quadranten und k = Anzahl der Quadranten, in denen die Ambrosie vorkommt. Er liegt bei 0.14. Dies bedeutet: Wahrscheinlichkeiten über 14% indizieren bereits überdurchschnittlich gut geeignete Habitate.

Der Bezeichnung der Klassen von „nicht geeignet“ (not suitable) bis „optimal“ („optimal“) liegt eine Klassifizierung der Wahrscheinlichkeiten zugrunde (0-5%, 5-8%, 8-15%, 15-22%, 22-100%).

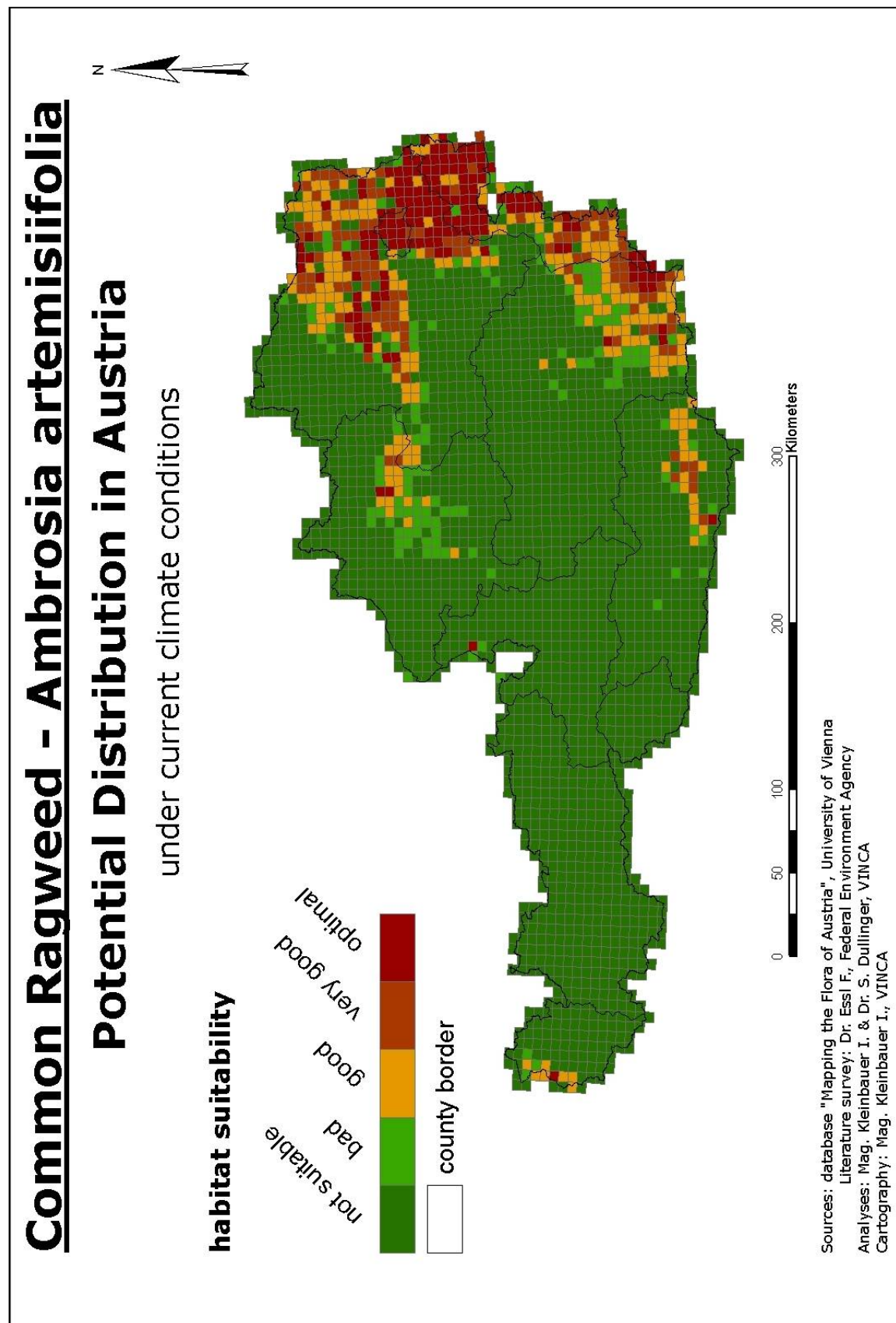


Abb. C5-15 Verbreitung potentieller Habitats der Ambrosie unter rezenten Klimabedingungen

Die prozentuellen Anteile der Habitateignungsklassen an der Gesamtfläche Österreichs sind in Abb. C5-16 graphisch aufbereitet. Auf mehr als $\frac{3}{4}$ der Landesfläche ist derzeit eine dauerhafte Besiedelung durch die Ambrosie sehr unwahrscheinlich. Knapp 11 Prozent der Fläche gelten unter den momentanen Klimabedingungen als sehr gut bis optimal geeignete Habitate. Diese Aufteilung ändert sich gravierend, wenn wir in die Zukunft modellieren und verschiedene Klimawandelszenarien unterstellen (siehe nächstes Kapitel).

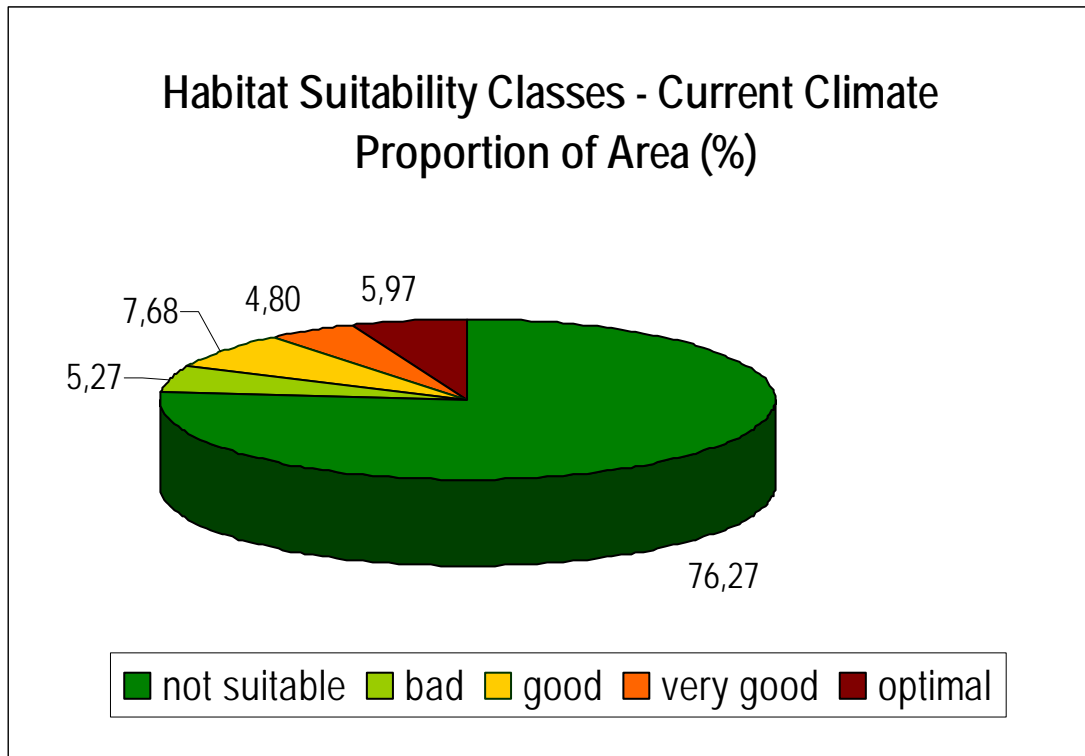


Abb. C5-16 Flächenanteile der einzelnen Habitat-Eignungsklassen unter momentanen Klimabedingungen

C5-5.4 Zukünftige Verbreitung bei prognostiziertem Klimawandel

Eine Erwärmung des Klimas wird dazu führen, dass ein wesentlich größerer Teil von Österreich für die Ambrosie zu potentiell besiedelbarem Areal wird (siehe Abb. C5-17). Selbst bei sehr vorsichtigen Schätzungen der Temperaturzunahme (rund +2°C im Juli bis zum Jahr 2050 im regionalisierten Szenario (REG)) prognostiziert das Habitatmodell eine Versechsfachung der potentiell besiedelbaren Quadranten. Beinahe 67% bzw. 80% der Fläche Österreichs sind als optimale Habitate bei Erhöhung der Julimitteltemperatur um 4,8°C bzw. 6,4°C laut Modell zu erwarten.

Diese Zunahme an „optimal-Habitaten“ geht vor allem zu Lasten der aktuell als „nicht-geeignet“ ausgewiesenen Flächen: nur mehr 14% der Landesfläche, im wesentlichen die Hochgebirgsregionen, werden bei einer Erwärmung um 6,4°C in diese Kategorie eingeordnet.

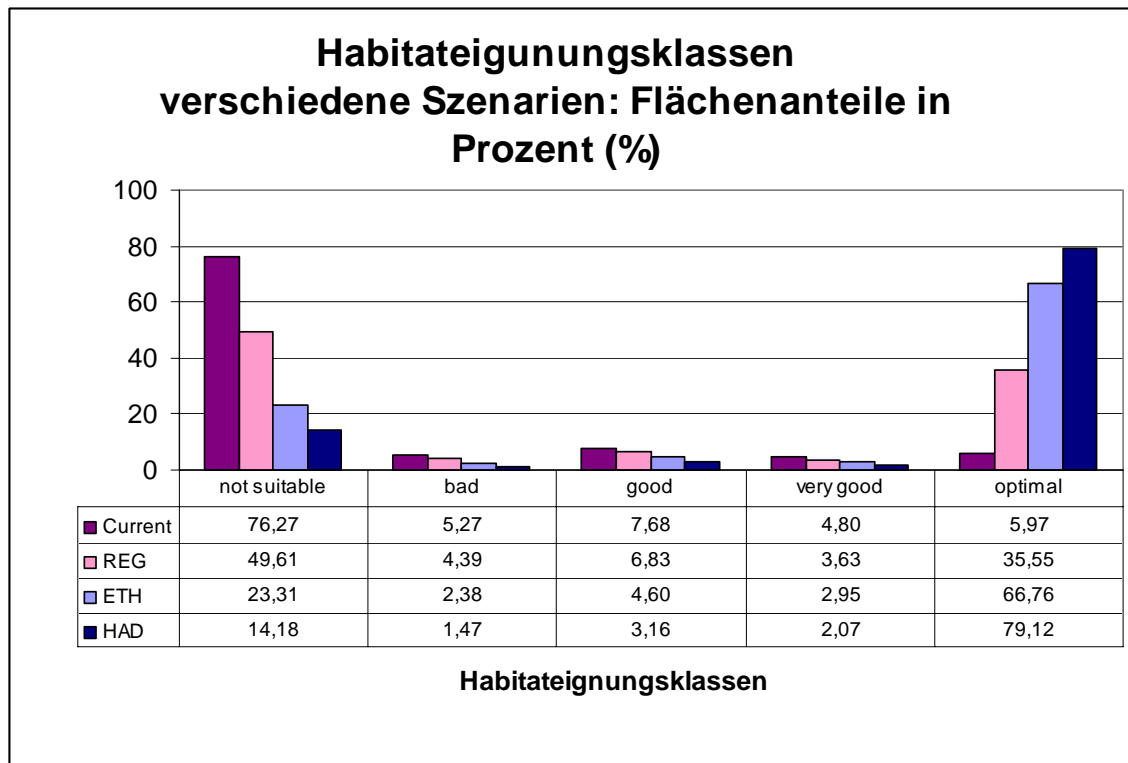


Abb. C5-17 Veränderung der Flächenanteile der Habitat-Eignungsklassen in verschiedenen Klimawandelszenarien:
 Current = momentane Klimabedingungen; REG = regionalisiertes Szenario; ETH = Szenario der ETH; HAD = HabAM3-Szenario

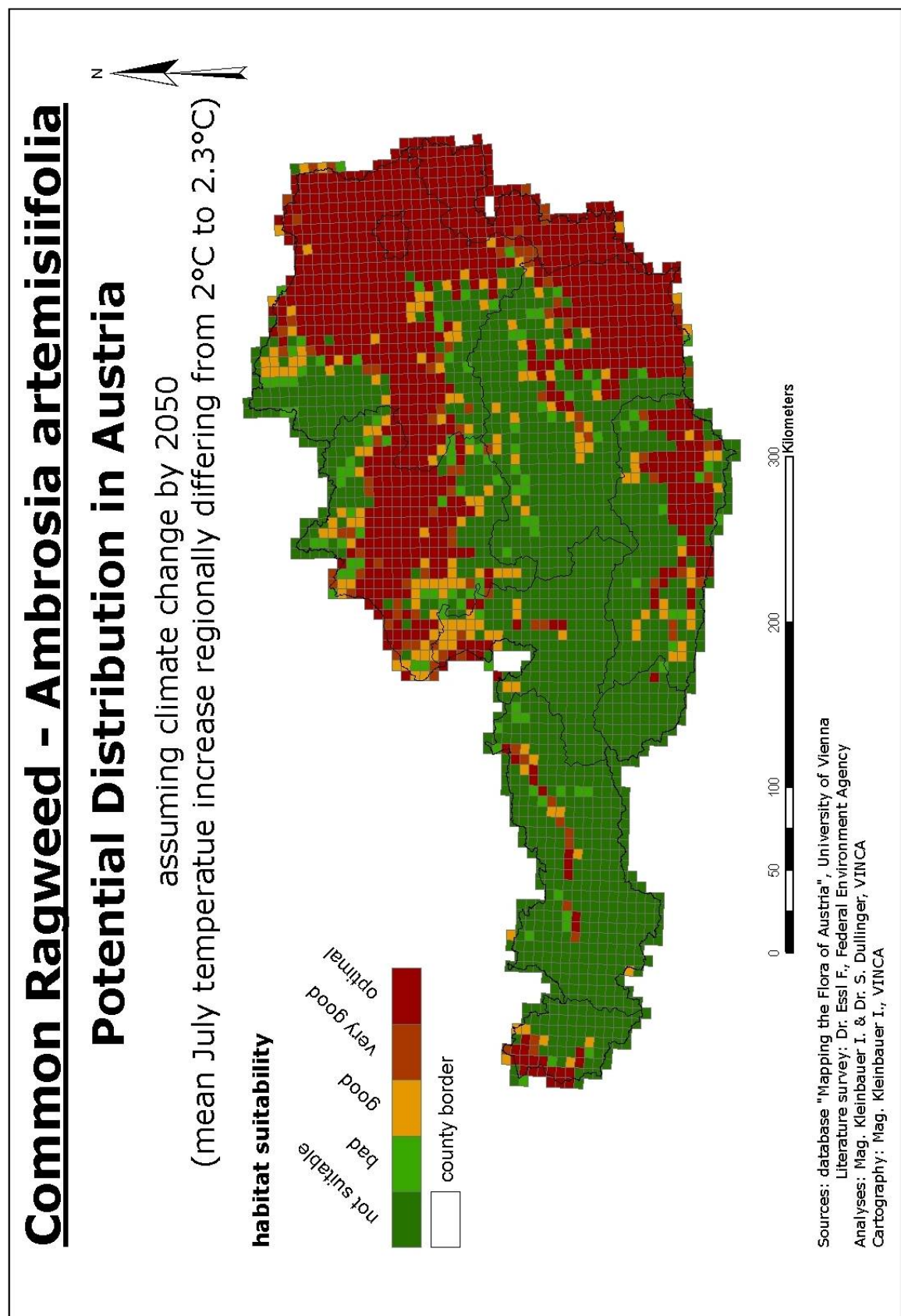


Abb. C5-18 Zukünftige Verbreitung potentieller Habitats der Ambrosie – regionalisiertes Klimawandelszenario

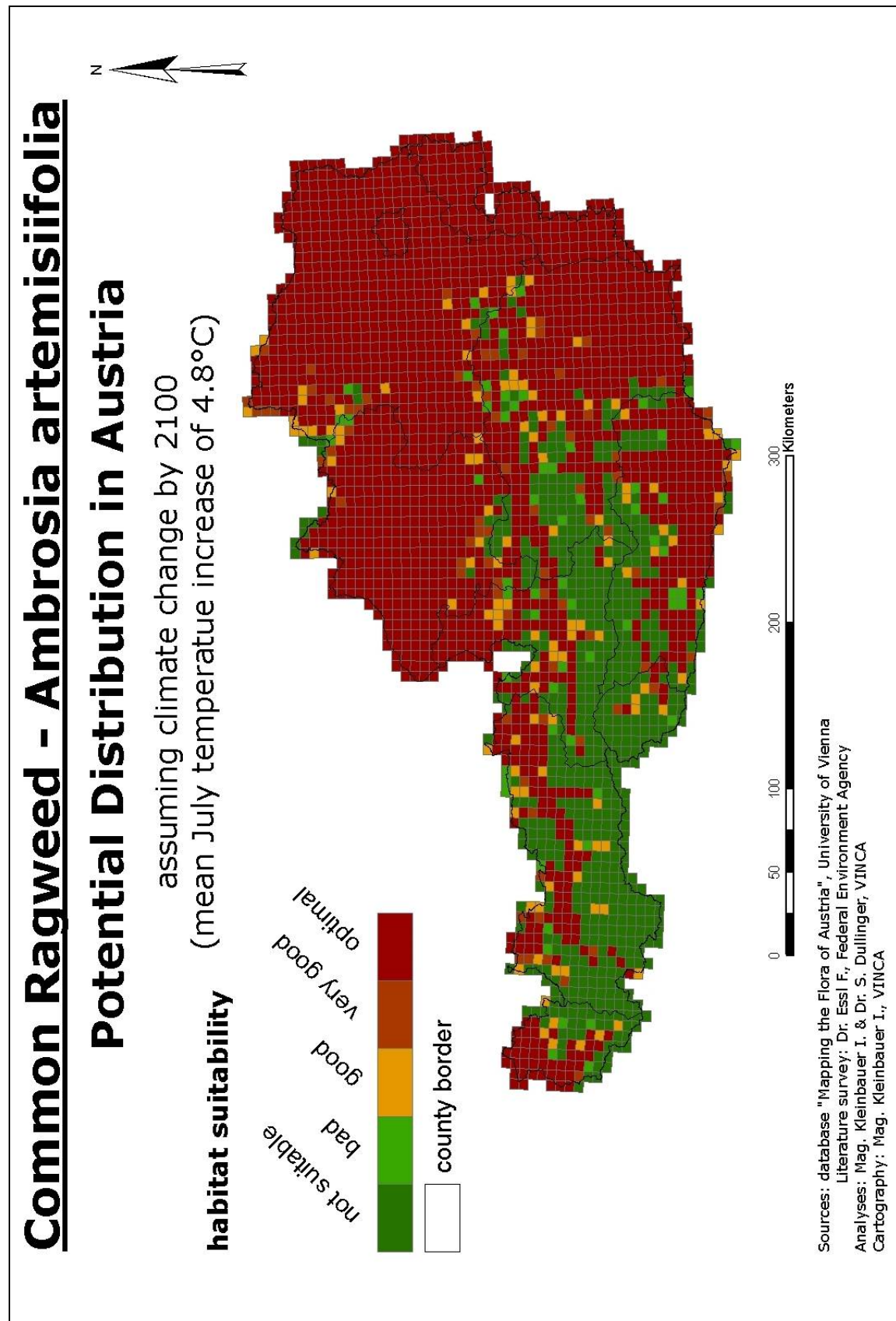


Abb. C5-19 Zukünftige Verbreitung potentieller Habitats der Ambrosie – ETH Klimawandelszenario

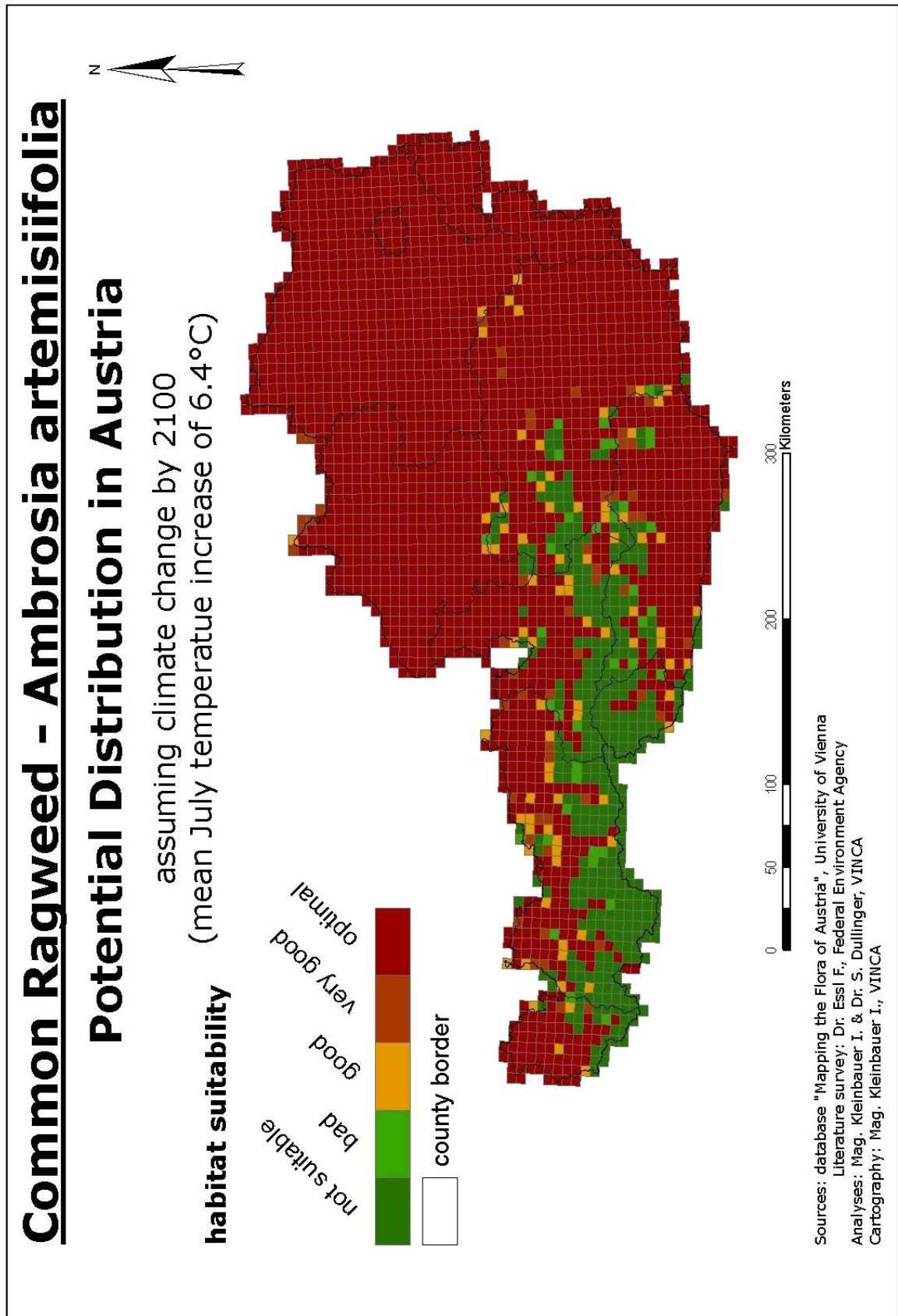


Abb. C5-20 Zukünftige Verbreitung potentieller Habitats der Ambrosia – HadAM3 Klimawandelszenario

C5-6 Diskussion

C5-6.1 Rekonstruktion des Ausbreitungsverlaufs in Österreich

Die österreichischen Verbreitungsdaten der Ambrosie gehen nicht auf systematische Erhebungen zurück, und weisen daher räumlich-zeitlich Schwankungen der Erfassungsintensität auf. Dies wird als mögliche signifikante Fehlerquelle in der Dokumentation von Ausbreitungsvorgängen gesehen (Delisle et al. 2003, Pyšek & Hulme 2005) und ist daher bei der Interpretation des Ausbreitungsverlaufs zu berücksichtigen.

Im Falle der Ambrosie in Österreich dürfte dieser Effekt jedoch nicht allzu stark sein. Erstens sollte durch die Einbeziehung aller relevanten und auf unterschiedlichen Erhebungskampagnen beruhenden Datenquellen regionale Unterschiede in der Erfassungsintensität Erhebungen ausgeglichen werden. Zweitens ist die Ambrosie eine auf Grund ihrer allergenen Eigenschaften unter Botanikern allgemein bekannte und nicht bestimmungskritische Art, die zudem seit langem in Standardfloren aufgenommen ist; somit kann angenommen werden, dass die Art gut erfasst worden ist, worauf auch die Meldungen von individuenarmen Vorkommen und Einzelpflanzen hindeuten. Drittens finden sich auch in umfassenden und detaillierten historischen lokalen Adventivflorenwerken keine oder kaum Angaben (z.B. Wien – Forstner & Hübl 1971, Graz – Hamburger 1948), während aus denselben Gebieten mehrere rezente Angaben vorliegen.

Zu berücksichtigen – aber kaum zu quantifizieren – ist aber, dass die Intensität der floristischen Durchforschung Österreichs in den letzten Jahrzehnten merklich zugenommen hat. Andererseits ist zu bedenken, dass Vorkommen der Ambrosie am Beginn der Ausbreitung als Besonderheit besonders akribisch dokumentiert worden sind, während dies heute nicht mehr im selben Ausmaß der Fall sein dürfte.

Der Ausbreitungsverlauf lässt in Österreich retrospektiv mehrere Phasen erkennen:

1. Phase unbeständiger und seltener Einschleppungen (1883 - ca. 1950): die Ambrosie wird nur selten in kleinen Beständen nachgewiesen, die Fundorte gehen auf Fernverschleppung zurück

2. Phase beginnender Ausbreitung (ca. 1950 - ca. 1980): die Anzahl an Fundorten nimmt merklich zu, die Ambrosie ist aber weiterhin selten; in den am besten geeigneten Gebieten lassen sich sehr lokal über längere Zeiträume beständige Vorkommen nachweisen.

3. Phase verstärkter Ausbreitung und beginnender Einbürgerung (ca. 1980-1995): der Ausbreitungsprozess beschleunigt sich, erste größere und eingebürgerte Vorkommen werden gemeldet.

4. Phase starker Ausbreitung (ca. 1995 - laufend): die Ambrosie ist in tiefen Lagen Österreichs lokal eingebürgert, die Anzahl an Nachweisen nimmt stark zu, die Ambrosie besiedelt zunehmend (meist unbeständig) das Nördliche Alpenvorland; im Pannonikum (v.a. Seewinkel, Weinviertel) erste Entwicklung ausgedehnter Bestände.

C5-6.2 Klima, aktuelle und mögliche zukünftige Verbreitung

Die Analyse der aktuellen Verbreitung der Ambrosie in Österreich zeigt eine enge Bindung an die klimatisch begünstigten Regionen im pannonischen Osten des Landes. Dementsprechend stellt die Temperatur im Habitatmodell den bei weitem wichtigsten Prädiktor für die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Art in einem Quadranten dar. Die Mitteltemperatur des Monats steht dabei nur repräsentativ für die Mitteltemperaturen

anderer Monate der Vegetationsperiode oder die Jahresmitteltemperatur, die nur geringfügig schlechtere Modellierungsergebnisse liefern. Die Ergebnisse des Habitatmodells unterstreichen also die Einschätzung, dass das aktuelle Areal der Ambrosie in Mitteleuropa, wie das vieler anderer Neophyten (Walther 2003), im wesentlichen durch klimatische Faktoren limitiert ist. Die relativ hohe Modellgüte indiziert darüber hinaus, dass die Ambrosie, trotz der relativ rezenten Ausbreitungsgeschichte, bereits einen beträchtlichen Teil der klimatisch für sie geeigneten Landesfläche zumindest mit einzelnen Populationen erreicht haben dürfte. Ohne Klimaerwärmung würde sich die weitere Ausbreitung wohl vor allem auf eine starke Verdichtung (Zunahme an und Vergrößerung von lokalen Populationen) in den bereits besiedelten Quadranten bzw. auf einen „Lückenschluss“ im Osten Österreichs mit mehr oder weniger stabilen Vorposten im Nördlichen Alpenvorland beschränken.

Ein wesentlich dramatischeres Bild zeigt sich, wenn, statt die aktuellen Klimaverhältnisse fortzuschreiben, verschiedene Klima-Erwärmungsszenarien dem Habitatmodell zugrunde gelegt werden. Bereits ein relativ moderater Anstieg der Julitemperatur um 2°C genügt, um nicht nur den pannonischen Osten, sondern auch das gesamte Nördliche Alpenvorland, die Südoststeiermark, das Klagenfurter Becken und die Vorarlberger Rheinebene von klimatischen „Grenzregionen“ in Gunstlagen für die Ambrosie zu verwandeln. Es ist daher mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass sich in diesen Regionen über kurz oder lang stabile und große Populationen der Art entwickeln werden. Wie schnell dieser Ausbreitungsvorgang tatsächlich erfolgen wird, ist aus einem statistischen Habitatmodell nicht abzuleiten. Dafür wären spezielle dynamische Modellierungsansätze (z.B. Diffusionsmodelle (Shigesada & Kawasaki 2002) oder Integro-Differenz-Modelle (Kot et al. 1996)) notwendig. Die Rekonstruktion der Ausbreitungsgeschichte in Österreich (siehe oben) lässt allerdings befürchten, dass dafür vermutlich nur wenige Jahrzehnte notwendig sein werden.

Unter extremeren Annahmen über die zukünftige Klimaentwicklung wird dieser Trend fortgeschrieben. Zusätzlich zu den genannten Gebieten werden das gesamte Böhmisches Massiv sowie die Nördlichen und Südlichen Kalkalpen und die Niederen Tauern für die Ambrosie besiedelbar. Zwar werden durch die relativ grobe geographische Auflösung der Modellierung die tatsächlichen Flächengewinne hier vermutlich stark übertrieben dargestellt – die potentiellen Areale der Ambrosie werden auf die Talböden dieser Alpenregionen beschränkt bleiben, also nur relativ kleine Teile der jeweiligen Quadranten abdecken. Da es sich bei diesen Talböden aber zugleich um die bevorzugten menschlichen Siedlungsräume handelt, bedeutet diese Einschränkung aus gesundheitspolitischer Sicht keinerlei Verbesserung der Situation: Der größte Teil der Bevölkerung dieser Regionen wird bei entsprechend starker Temperaturerhöhung in absehbarer Zeit mit den allergenen Pollen der Ambrosie konfrontiert sein. Natürlich ist auch in diesem Fall der genaue zeitliche Verlauf einer potentiellen Ambrosien-Ausbreitung aus der vorliegenden Habitatmodellierung nicht ableitbar. Es ist denkbar, dass das gebirgige Landschaftsrelief und die relativ dünnere Besiedlung den Ausbreitungsprozess in diesen Regionen verlangsamen (siehe C5-6.5: Einschleppungs- und Ausbreitungswege).

Einen gewissen Unsicherheitsfaktor für die Modellierung unter extremen Klimaerwärmungsszenarien stellt die Tatsache dar, dass das „warme Ende des Temperaturgradienten“ der Ambrosie in Österreich momentan nicht repräsentiert ist – mit anderen Worten: die aktuelle Verbreitung der Art in Österreich gibt Information nur über die Kälte-, nicht aber über die Wärmegrenzen des potentiellen Ambrosienareals. Unterstellt man eine Erhöhung der Julitemperatur um 6,4°C, so werden in weiten Teilen Ostösterreichs Temperaturverhältnisse herrschen, die heute in Österreich nirgendwo auch nur annähernd realisiert sind. Es ist aber zu erwarten, dass der lineare Anstieg der Vorkommenswahrscheinlichkeit der Ambrosie mit der Temperatur (Abb. C5-14) ab einer

gewissen Temperaturschwelle nicht nur einen Sättigungspunkt erreicht, sondern der Trend sich umkehrt. Je nach Lage dieses Wendepunkts würde das bedeuten, dass die heute bereits geeigneten und besiedelten Gebiete des pannonischen Ostens dann eventuell nicht mehr für die Ambrosie besiedelbare Regionen darstellen würden. Dies ist wohl insbesondere dann zu erwarten, wenn die Erwärmung gleichzeitig mit einer Reduktion der Niederschläge einhergeht, da die Ambrosie trockene, mediterrane Sommer schlecht verträgt. Bei genügend Niederschlägen dürfte die in den warmtemperierten bis subtropischen Gebieten des südöstlichen Nordamerika beheimatete Art ihre „Wärmegrenze“ nicht so bald erreichen. Solche Überlegungen haben allerdings rein spekulativen Charakter und sind aus den Ergebnissen der vorliegenden Habitatmodellierung nicht ableitbar.

C5-6.3 Konsequenzen für die Gesundheit

Die Ambrosie ist die aus medizinischer Sicht bedenklichste neophytische Pflanzenart in Österreich und generell ganz Mitteleuropas (Jäger & Litschauer 1998, Zwander 2000). Da für Österreich keine veröffentlichten Zahlen zu den finanziellen Schäden, die die Ambrosie verursacht, vorliegen, soll als Richtwert für Deutschland erarbeitete Schätzzahl angeführt werden: der durch die Ambrosie verursachte jährliche finanzielle Schaden wird mit 32 Millionen Euro beziffert (Reinhardt et al. 2003).

Als Anhaltspunkt für die volkswirtschaftlichen Kosten in Österreich kann aber die Kalkulation von S. Jäger (in Freundorfer 2006) gelten: demnach ist in Österreich durch allergische Erkrankungen mit jährlichen Kosten von ca. 90 Millionen Euro zu rechnen. Diese vergleichsweise höhere Zahl erklärt sich mit der markant höheren Exposition der Bevölkerung Ostösterreichs.

Die Pollenbelastung ist derzeit in den europäischen Hauptvorkommensgebieten (pannonisches Becken Südosteuropas, Oberitalien, Rhonetal) am stärksten (Abb. C5-21). In Österreich ist die Pollenbelastung in O- und SO-Österreich mittlerweile ebenfalls stark, wobei die Fernverfrachtung von Pollen dafür ausschlaggebend ist (Freundorfer 2006). Die Reaktion der Bevölkerung ist in Abhängigkeit von der Belastungssituation regional unterschiedlich: in Ungarn gehen bis über 80% aller Pollenallergien auf Ambrosie zurück, im Raum Mailand über 60% und im Wiener Raum etwa 30%. Für Deutschland (mit seiner derzeit noch vergleichsweise geringen Pollenbelastung) werden als Richtwert „nur“ 1,25% aller allergischen Erkrankungen der Ambrosie zugeordnet (Jäger 2000, Reinhardt et al. 2003). Zu beachten ist, dass die Intensität der allergischen Reaktion stärker als bei anderen Pollenallergien ist. Langjährige Beobachtungen der Trendlinie der Pollenbelastung und der Anzahl allergisch reagierender Personen zeigen, dass eine positive Korrelation zwischen beiden Werten besteht (Jäger 2000, siehe Abb. C5-22).

Weiters konnte experimentell belegt werden, dass ein steigender atmosphärischer CO₂-Gehalt die Pollenproduktion der Ambrosie deutlich steigert (Ziska & Caulfield 2000, Wayne et al. 2002). So ist zukünftig – selbst bei gleich bleibenden Bestandesgrößen – auf Grund des anthropogen steigenden Kohlendioxidgehalts in der Luft, mit einer zunehmenden Pollenbelastung zu rechnen.

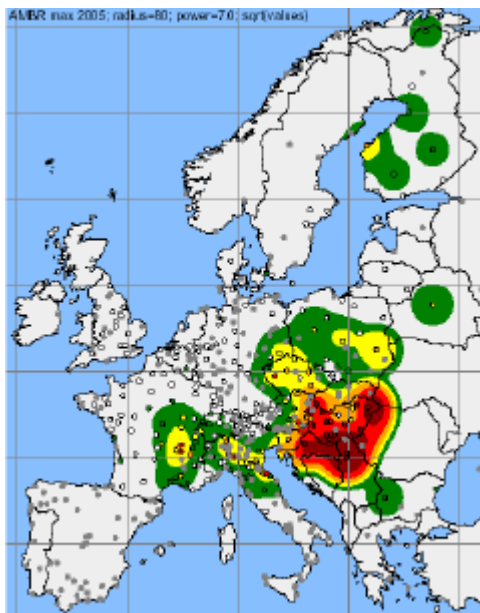


Abb. C5-21 Pollenbelastung durch Ambrosie im Jahr 2005 in Europa: dunkelrote Farben bezeichnen die höchsten Werte, grün steht für mäßige Belastung. Kreise bezeichnen die Standorte der einbezogenen Pollenmessstationen. Man beachte, dass für Teile Osteuropas keine Daten vorliegen. Quelle: Freundorfer (2006).

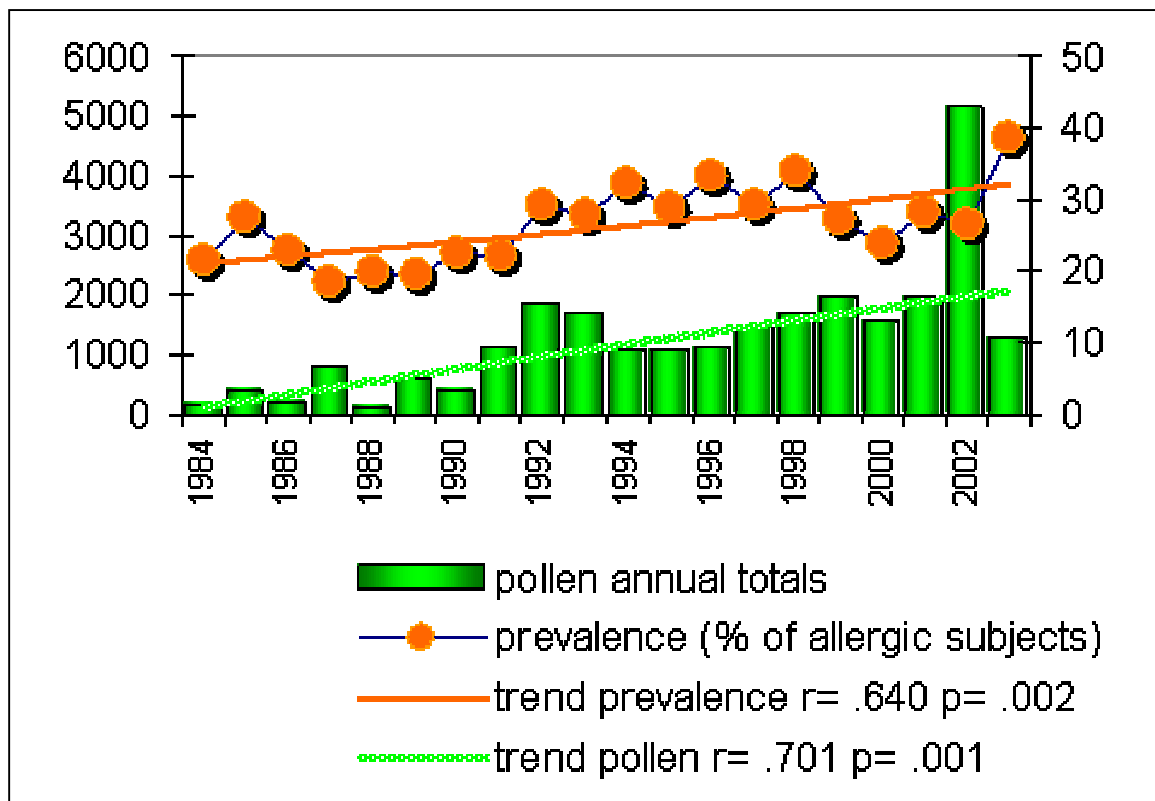


Abb. C5-22 Entwicklung der Pollenbelastung und des Anteils allergisch reagierender Personen in Wien (1984-2003): Beide Kurven weisen im Beobachtungszeitraum eine signifikante linear steigende Trendlinie auf; Quelle: Dr. S. Jäger, unpubl.

C5-6.4 Konsequenzen für die Landwirtschaft

Bei häufigem Auftreten in Äckern verursacht die Ambrosie beachtliche Ertragsverluste und somit finanzielle Einbußen. Solche Massenbestände sind bisher in Österreich kaum belegt, werden aber beim Eintreten auch relativ moderater Klimaerwärmung zukünftig zu erwarten sein. Massive Ertragsverluste bei Hackfruchtkulturen sind schon heute aus den Hauptvorkommensgebieten in Europa dokumentiert. Dies gilt v.a. für

Ungarn, wo die Ambrosie heute das häufigste Unkraut im Ackerbau darstellt (Balogh et al. submitted). In Ungarn wurde in Versuchen bei starkem Auftreten in Maisfeldern ein Ertragsverlust von bis zu etwa 70% festgestellt.

Als weiterer wesentlicher ökonomischer Faktor in der Landwirtschaft sind die durch die Bekämpfung entstehenden Kosten zu berücksichtigen.

C5-6.5 Einschleppungs- und Ausbreitungswege

Die Einschleppung der Ambrosie nach Europa und Österreich erfolgte mehrfach und unabsichtlich. Die Samen der Ambrosie besitzen keine spezifischen Verbreitungsmittel, somit sind sie zur Fernausbreitung stark auf die Tätigkeit des Menschen angewiesen (Hegi 1979). Die heutige Fernausbreitung der Ambrosie erfolgt über ein Bündel verschiedener Verschleppungswege. Im Folgenden werden die für Österreich besonders bedeutsamen beschrieben:

1) Die Verschleppung mit Saatgutlieferungen bzw. mit Soja-, Sonnenblumen- und Maisimporten stellt einen wichtigen Einschleppungsweg dar. Samen der Ambrosie können bei ungenügender Saatgutreinigung entweder direkt in die eingesäten Äcker gelangen, oder sie können an Umschlagplätzen wie Häfen, Bahnhöfen etc. (z.B. Zidorn & Dobner 1998, Hohla et al. 2002) aus verlorenen gegangenen Saatgut auflaufen. Im 19. Jahrhundert wurden Samen der Ambrosie gelegentlich sogar absichtlich Klee-Saatgut beigemischt, um eine Herkunft des Saatguts aus Amerika vorzutäuschen, da dort gefürchtete europäische Unkräuter wie die Kleeseide nicht vorgekommen sind (Kowarik 2003).

2) Einen wichtigen Einschleppungsweg für die Ambrosie stellt Vogelfutter dar. Die in Vogelfuttermischungen eine der Hauptbestandteile darstellenden Sonnenblumensamen werden meist aus SO-Europa importiert; dort tritt die Ambrosie sehr häufig in Hackfruchtkulturen auf, so dass bei ungenügender Saatgutreinigung die Samen der Ambrosie in vielen Vogelfuttermischungen enthalten sind. Nicht gefressene Samen können im Nahbereich von Futterplätzen oder auf Ruderalflächen und Deponien, auf denen Vogelfutterreste abgelagert werden, keimen. Auf diesen Einschleppungsweg weisen zahlreiche Arbeiten dezidiert hin, wie z.B. Melzer (1971) und Melzer & Bregant (1993) für die Steiermark, Hetzel (2006) für Oberfranken und Jorgensen (2002) für Norwegen.

3) Hochrangiges Straßennetz als Ausbreitungskorridore: Straßenbegleitende lineare Habitats mit ihrem spezifischen Störungs- und Temperaturregime spielen für die Ausbreitung vieler Neophyten eine essentielle Rolle (Adolphi 1998, Griese 1998, Oppermann 1998, Gerstberger 2001). In Österreich ist die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Ambrosie positiv korreliert mit der Länge des hochrangigen Straßennetzes im Quadranten (vgl. Kap. C5-5.3); dieses Ergebnis wird durch empirische Befunde gestützt, und scheint auch in anderen Ländern (z.B. Slowenien, Jogan & Vres 1998, Jogan schriftl. Mitteilung) gültig zu sein. Besonders hervorzuheben ist, dass entlang von Autobahnen eingebürgerte Vorkommen der Ambrosie in ansonsten nicht dauerhaft besiedelbare Gebiete reichen.

4) Verschleppung durch Lohndrusch und Landmaschinen: Bei Lohndrusch ist eine Verschleppung über Ernterückstände im Korntank möglich, bei Landmaschinen durch anhaftendes Erdreich (Jehlik 1995).

5) Verschleppung mit Erdreich: Die Ambrosie baut mit ihren 40 Jahre lange keimfähigen Samen persistente Samenbanken auf; somit ist mit dem Transport von Erdreich (z.B. bei Baumaßnahmen) eine Verschleppung von Diasporen möglich.

An Hand genetischer Untersuchungen französischer Populationen wurde jüngst nachgewiesen, dass mehrfache Einschleppungsereignisse – und wohl auch

verschiedene Einschleppungspfade – am Aufbau der dortigen Bestände beteiligt waren (Genton et al. 2005). Für Österreich ist ein ähnliches Szenario anzunehmen.

C5-6.6 Maßnahmen und Empfehlungen

Die Verhinderung der weiteren Ausbreitung bzw. im Idealfall, die Ausrottung oder weitgehende Reduktion der bestehenden Vorkommen der Ambrosie ist ein schwierig zu erreichendes Ziel und hängt zudem in hohem Ausmaß von einem akkordierten Vorgehen mit den Nachbarländern, von einer zentral die unterschiedlichen Akteure koordinierenden Stelle, von der Erarbeitung eines artspezifischen Aktionsplans sowie von langfristig ausreichenden Ressourcen ab.

Folgende Voraussetzungen erschweren die Umsetzung von Bekämpfungsmaßnahmen:

- 1) Einschleppungswege: Das Vorhandensein mehrerer wichtiger Einschleppungswege erschwert die Ableitung gezielter Gegenmaßnahmen.
- 2) Arteigenschaften der Ambrosie: Die Ambrosie ist eine einjährige Art mit starker Samenproduktion. Dies erlaubt ihr, innerhalb kurzer Zeit neue Bestände aufzubauen.
- 3) Kurzes Zeitfenster für Bekämpfung: Die Ambrosie ist auch für Spezialisten erst ab etwa Anfang Juli gut ansprechbar, mit Ende August/Anfang September setzt die Samenreife ein. Somit verbleibt nur ein vergleichsweise kurzer Bekämpfungszeitraum.
- 4) Breite Standortsamplitude: Die Ambrosie besiedelt eine Vielzahl, z.T. weit verbreiteter Habitate; somit sind potentielle Standorte nur schwierig abzugrenzen und große Flächen müssen auf Ambrosien-Vorkommen untersucht werden.
- 5) Langlebige Samenbank: Die Ambrosie ist zum Aufbau einer persistenten Samenbank befähigt. Somit sind befallene Flächen über viele Jahre auf ein Wiederauftreten der Ambrosie zu kontrollieren.

Folgende Maßnahmen wären in einem „Aktionsplan Ambrosie Österreich“ vordringlich.

- 1) Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung: Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit sollte das Problembewusstsein schärfen; dies könnte u.a. über die Erstellung einer Informationsbroschüre zur Ambrosie, die sich besonders an Gartenbesitzer, Gärtner, Landwirte etc. richtet, erreicht werden.
- 2) Verhinderung der Fernverschleppung: dies setzt eine Kontrolle der relevanten Einschleppungswege voraus, und könnte u.a. durch verbesserte Saatgutreinigung und Vogelfutterreinigung aus Befallsgebieten erreicht werden.
- 3) Management von Ausbreitungskorridoren: gezieltes Management von Straßenbegleitvegetation, um die Ausbreitung entlang dieser Strukturen zu unterbinden. Im Bundesland Niederösterreich ist ein diesbezügliches Pilotprojekt im Entstehen (Freundorfer 2006).
- 4) Identifizierung und Bekämpfung bestehender Ambrosien-Vorkommen: die Bekämpfung bestehender Ambrosien-Vorkommen, mit dem Ziel, die Samenbildung zu unterbinden. Möglichkeiten und Erfahrungswerte zur Ambrosien-Kontrolle (mechanische Bekämpfung, chemische Bekämpfung) werden bei Freundorfer (2006) zusammenfassend dargestellt. Es bleibt auch zu prüfen, ob für die Ambrosie biologische Bekämpfungsmaßnahmen Erfolg versprechend sind (Sheppard et al. 2006).
- 5) Abstimmung österreichischer Aktivitäten mit den Nachbarländern: Eine Zusammenarbeit bezüglich der zu setzenden Maßnahmen ist insbesondere mit Ungarn als besonders stark Ambrosie-besiedeltes Nachbarland vordringlich; grundsätzlich ist eine Abstimmung und ein Erfahrungsaustausch jedoch mit allen Nachbarländern wichtig.

Mehrere Nachbarländer in Europa haben in den letzten Jahren begonnen, Bekämpfungsaktivitäten zur Ambrosie zu beginnen. So sind in Ungarn Grundstücksbesitzer bei Strafandrohung gesetzlich gezwungen, befallene Flächen von Ambrosie zu befreien (Freundorfer 2006). Trotzdem ist in Ungarn die Aussicht auf erfolgreiche Bekämpfung auf Grund der Häufigkeit der Ambrosie aber als minimal einzustufen. In der Schweiz wurden im Sommer 2006 die Haushalte vieler Kantone mit einem Faltblatt informiert: die Ambrosie wurde vorgestellt, Bestimmungshinweise gegeben und Bekämpfungsmaßnahmen angeführt. Weiters wurden Grundzüge für ein nationales Bekämpfungsprogramm erarbeitet (Bohren et al. 2006). In der Region Lombardei (N-Italien) ist seit mehreren Jahren ein Erlass in Kraft, der Grundstücksbesitzer ebenfalls zur Entfernung der Ambrosie verpflichtet (Freundorfer 2006).

Wichtig ist der Ausbau der europäischen Arbeitsgruppe Ambrosie zu einer umfassenden Informationsplattform zur Ambrosie. Eine ARGE Ambrosie findet sich derzeit im Aufbau, zwei Arbeitstreffen (November 2005: Braunschweig, September 2006: Wien) haben bisher stattgefunden. Diese ARGE sollte als interdisziplinäre Informations-Plattform, die die unterschiedlichen Akteure und Forscher umfasst und informiert, weiter entwickelt werden und so zur Koordination der Aktivitäten auf europäischer Ebene beitragen. Die Einrichtung einer europäischen Ambrosien-Homepage wäre dabei ein wichtiges Element.

C5-7 Danksagung

Zahlreiche Personen und Institutionen haben das Projekt durch Bereitstellung von Daten und Informationen unterstützt.

Besonders hervorzuheben sind H. Niklfeld, L. Schratt-Ehrendorfer, und T. Englisch, welche die Einbeziehung der am Botanischen Institut der Universität Wien vorliegenden Daten der Floristischen Kartierung Österreichs ermöglichten.

Sehr bedanken möchten wir uns bei den Kuratoren und Mitarbeitern der großen Herbarien Österreichs, die uns tatkräftig unterstützt haben: G. Brandstädter, G. Kleesadl, M. Pfosser (LI), R. Höllriegl, A. Drescher (GZU), H. Wittmann (SZB), E. Vitek, B. Wallnöfer, (NHM) D. Ernet (GJO) und W. Till (WU).

Zahlreiche floristisch aktive Botaniker haben uns ihre unveröffentlichte Verbreitungsdaten zur Verfügung gestellt: W. Adler, T. Denk, C. Eichberger, D. Ernet, W. Franz, F. Grims, M. Hohla, W. Holzner, R. Höllriegl, H. Kammerer, G. Karrer, G. Kleesadl, W. Lazowski, A. Mrkvicka, H. Melzer, H. Niklfeld, G. Nowotny, N. Sauberer, C. Schröck, O. Stöhr, W. Till, J. Walter, H. Wittmann und H. Zwandner.

Die Verbreitungsdaten aus den Nachbarländern wurden von R. May (Deutschland), G. Kiraly (Ungarn) und N. Jogan (Slowenien) übermittelt. Die Kartierungsdaten des hochrangigen Straßennetzes Niederösterreichs wurden uns dankenswerter Weise von Mitarbeitern des Straßendienstes (G. Helge, S. Auer) zur Verfügung gestellt.

Für die fachliche Beratung, Hilfe bei der Auswahl und Übermittlung von Daten bezüglich Klimawandelszenarien danken wir H. Formayer vom Institut für Meteorologie an der Universität für Bodenkultur, Wien.

Für wichtige Hinweise und Diskussionen sind wir G. Freundorfer, S. Jäger und H. Zwandner zu Dank verpflichtet.

Literaturverzeichnis

- Adolphi K. (1998): Anthropogene lineare Strukturen als Wuchsstätten und Ausbreitungswege von Arten. Braunschweiger Geobot. Arb. 5: 271-274.
- Altieri M.A. & Liebman M. (1988): Weed management in agroecosystems: ecological approaches. Weed management in agroecosystems: ecological approaches., viii + 354 pp.
- Aubrecht P.(1998): Corine Landcover in Österreich. Vom Sattelitenbild zum digitalen Bodenbedeckungsdatensatz. Umweltbundesamt, Wien.
- Balogh L., Dancza I. & Kiraly G. (submitted): Preliminary report on the grid-based mapping of invasive plants in Hungary. Neobiota 7.
- Bassett I.J., Crompton C.W. (1975): The biology of Canadian weeds. 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. Canadian Journal of Plant Science 55: 463–476.
- Bohren C., Mermillod N. & Delabys N. (2006): Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Switzerland: development of a nationwide concerted action. Journal of Plant Diseases and Protection 113.
- Botond, M. & Botta-Dukat, B. (2004): Biológiai invaziók magyarországon Özönnövények. Alapítvány Kiado, Budapest, 408 pp.
- Chauvel, B., Dessaint, F., Cardinal-Legrand, C. & Bretagnolle, F. (2006) The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France from herbarium records. Journal of Biogeography, **33**, 665-673.
- Currie D.J. (1991): Energy and large-scale patterns of animal- and plant-species richness. American Naturalist, 137, 27-49
- Delisle, F.C., Lavoie, M.J. & Lachance, D. (2003): Reconstructing the spread of invasive plants: Taking into account biases associated with herbarium specimens. Journal of Biogeography, **30**, 1033-1042.
- Dirnböck T, Dullinger S, Grabherr G. (2003): A regional impact assessment of climate and land use change on alpine vegetation. - Journal of Biogeography 30: 401-418.
- Dubayah T. & Rich P.M. (1996): GIS-based solar radiation modeling. – In: Goodchild, M.F., Steyaert, L.T. und Parks, B.O. (Hrsg.) GIS and Environmental Modeling. John Wiley & Sons, New York. S. 129-134
- Essl F. (1994): Floristische Beobachtungen aus dem östlichen oberösterreichischen Alpenvorland. Beitr. Naturk. Oberösterreichs **2**: 65-86.
- Essl, F. & Rabitsch, W. (2002): Neobiota in Österreich. Umweltbundesamt, Wien, 432 pp.

- Essl F. & Rabitsch W. (2005): Österreichischer Aktionsplan zu gebietsfremden Arten (Neobiota). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 26 pp.
- Essl F. & Walter J. (2005): Ausgewählte neophytische Gefäßpflanzenarten Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Böhlau Verlag, Wien.
- Fink, J., Walder W. & Reyrich W. (1979): Böden und Standortsbeurteilung. – In: Österreichische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) *Atlas der Republik Österreich*. 6. Lieferung. Freytag-Berndt und Ataria, Wien.
- Fischer, M.A., Adler, W. & Oswald, K. (2005): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. Biologiezentrum Oberösterreich, Linz, 1392 pp.
- Forcella F, Wilson RG, Dekker J, Kremer RJ, Cardina J, Anderson RL, Alm D, Renner KA, Harvey RG, Clay S, Buhler DD (1997): Weed seed bank emergence across the Corn Belt. *Weed Science*, 45(1): 67-76.
- Forstner W & Hübl E (1971): Ruderal-, Segetal- und Adventivflora von Wien. Notring Verlag, Wien, 148 pp.
- Freundorfer G. (2006): Ambrosia in Österreich und angrenzenden Ländern. Ursprung, Beschreibung, Ausbreitung sowie Möglichkeiten der Bekämpfung des Neophyten *Ambrosia artemisiifolia* aus der Familie Compositae oder Asteraceae. Abschlussarbeit des Universitätslehrgangs *Mediae Naturae*, 49 pp.
- Gebben, A. I. (1965): The ecology of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in southern Michigan. Univ. Microfilms Inc. Ann Arbor, Michigan, 234 pp.
- Genton, B.J., Shykoff, J.A. & Giraud, T. (2005): High genetic diversity in French invasive populations of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, as a result of multiple sources of introduction. *Molecular Ecology*, 14, 4275–4285.
- Gerstberger, P. (2001): *Plantago coronopus* subsp. *commutatus* als Straßenrandhalophyt eingebürgert in Mitteleuropa. *Tuexenia* 21: 249-256.
- Gobiet, A., Beck, A., Truhetz, H., Dorninger, M., Formayer, H., Riegler, A., Haas, P. And Loibl, W. (2006): High resolution Climate Hindcasts and Scenarios for the Alpine Region. Presentation at the European Geosciences Union General Assembly, April 2006, Vienna.
- Griese, D. (1998): Die viatische Migration einiger neophytischer Pflanzensippen am Beispiel norddeutscher Autobahnen. *Braunschweiger Geobot. Arb.* 5: 263-270.
- Guisan, A. & Harrell, F.E. (2000): Ordinal response regression models in ecology. *Journal of Vegetation Science* 11: 617-626. Haberl, H., Aman, C., Bittermann, W., Erb, K.-H., Fischer-

Kowalski, M., Geissler, S., Hüttler, W., Krausmann, F., Payer, H., Schandl, H., Schidler, S., Schulz, N., Weisz, H. und Winiwarer, V. (2001a): Die Kolonisierung der Landschaft. Indikatoren für nachhaltige Landnutzung. Schriftenreihe des Forschungsschwerpunktes Kulturlandschaftsforschung, Bd. 8. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Wien.

Haberl, H., Erb, K.-H., Krausmann, F., Loibl, W., Schulz, N.B. und Weisz, H. (2001b): Changes in Ecosystem Processes Induced by Land Use: Human Appropriation of Net Primary Production and Its Influence on Standing Crop in Austria. *Global Biochemical Cycles*, 15(4), 929-942

Haberl, H. und Zangerl-Weisz, H. (1997): Kolonisierende Eingriffe: Systematik und Wirkungsweise. – In: Fischer-Kowalski, M. (Hrsg.) *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie*. Gordon & Breach Fakultas, Amsterdam. S. 129-148

Hamburger I (1948): Zur Adventivflora von Graz. Dissertation, Univ. of Graz, 121 pp

Harrell F.E. (2001): *Regression modelling strategies*. Springer, New York.

Hegi G. (Begr.) (1979): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Bd. VI/3: Compositae. Paul Parey Verlag, Hamburg, 2. Auflage.

Hetzl G. (2006): *Die Neophyten Oberfrankens. Floristik, Standortcharakteristik, Vergesellschaftung, Verbreitung, Dynamik*. Diss. Univ. Würzburg, 160 pp.

Hohla, M., Kleesadl, G. & Melzer, H. (1998): Floristisches von den Bahnanlagen Oberösterreichs. *Beitr. Naturk. Oberösterreichs* **6**: 139-301.

Hohla M., Kleesadl G. & H. Melzer (2002): Neues zur Flora der oberösterreichischen Bahnanlagen – mit Einbeziehung einiger grenznaher Bahnhöfe Bayerns – Fortsetzung. *Beitr. Naturk. Oberösterreichs* **11**: 507-578.

Jacob et al. (2005): unpublished report within the EU-project prudence - Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining EuropeaN Climate change risks and Effects.

Jäger, S. (2000): Ragweed sensitisation rates correlate with the amount of inhaled airborne pollen. A 14-year study in Vienna, Austria. *Aerobiologia*, **16**:149-53.

Jäger S. & Litschauer R. (1998): Ragweed in Austria. In: Spiekma, F. (Ed.): *Ragweed in Europe*, 6th International Congress on Aerobiology, Satellite Symposium Proceedings, p. 22-26.

Janchen, E. (1956-1960): *Catalogus Florae Austriae* 1. Springer Verlag (Wien).

Jehlík V. (1995): Occurrence of alien expansive plant species at railway junctions of the Czech Republic. *Ochrana Rostlin*, 31(2):149-160

Jogan N. (Hrsg.) (2001): *Gradivo za Atlas flore Slovenije*. Center za Kartografijo Faune in Flore, Miklavz na Dravskem polju, 443 pp.

Jogan N. & Vres B. (1998) *Ambrosia artemisiifolia* – known distribution half a century after the first record in Slovenia. *Hladnikia* **10**: 45-47.

Jorgensen PM (2002): *Ambrosia*, nourishment for gods or dangerous weeds?. *Blyttia*, 60(3):160-162.

Kowarik I. (2003): *Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa*. Ulmer, Stuttgart, 380 pp.

Kot, M., Lewis, M.A. & van den Driessche, P. (1996): Dispersal data and the spread of invading organisms. *Ecology* **77**: 2027-2042.

Maurer, W. (1998): *Flora der Steiermark, Band 2/1: Verwachsenkronblättrige Blütenpflanzen (Symptetale)*. IHW Verlag (Eching), 240 pp

McCullagh, P & Nelder, J.A. (1989): *Generalized Linear Models*. Chapman and Hall, London.

Melzer H. (1971): Neues zur Flora der Steiermark, XIII. *Mitt. Nat. Ver. Stmk* **100**: 240-254.

Melzer, H. (1989): Über *Cyperus esculentus* L., die Erdmandel, und weitere für Kärnten neue Gefäßpflanzen-Sippen und neue Fundorte bemerkenswerter Arten. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* **126**: 165-178.

Melzer H. & Bregant E. (1993): Bemerkenswerte Funde von Gefäßpflanzen in der Steiermark. *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* **123**: 183-205.

Moser, D., Dullinger, S., Englisch, T., Niklfeld, H., Plutzer, C., Sauberer, N., Zechmeister, H.G. und Grabherr, G. (2005): Environmental determinants of vascular plant species richness in the Austrian Alps. *Journal of Biogeography*, **32**, 1117-1127

Niklfeld, H. (1998): Mapping the flora of Austria and the eastern Alps. *Rev.Valdot.Nat.* **51**, Suppl.: 53-62.

Oppermann, F. W. (1998): *Die Bedeutung von linearen Strukturen und Landschaftskorridoren für Flora und Vegetation der Agrarlandschaft*. Dissert. Bot. **298**: 214 S.

Peterseil, J., Wrška, T., Plutzer, C., Schmitzberger, I., Kiss, A., Szerencsits, E., Reiter, K., Schneider, W., Suppan, F. und Beissmann, H. (2004): Evaluating the ecological sustainability of Austrian cultural landscapes – The SINUS approach. *Land Use Policy*, **21**, 307-320

Pope, V. D., Gallani M. L., Rowntree P. R. und Stratton R. A. (2000): The impact of new physical parametrizations in the Hadley Centre climate model -- HadAM3. *Climate Dynamics*, **16**: 123-146

Preston CD, Pearman DA & Dines TD (2003): *New Atlas of the British and Irish Flora*. Oxford University Press, Oxford, 910 pp.

Pyšek, P., Sadlo, J. & Mandak, B. (2002) Catalogue of alien plants of the Czech Republic. *Preslia*, **74**, 97-186.

Pyšek, P. & Hulme, P. (2005): Spatio-temporal dynamics of plant-invasions: Linking pattern to process. *Ecoscience*, **12/3**, 302-315.

Reinhardt F., Herle M., Bastiansen . & Streit B. (2003): Ökonomische Folgen der Ausbreitung von Neobiota. Umweltbundesamt Texte 79/03, 248 pp.

Savotikov, Yu. F., Smetnik, A. I. (Hrsg.) (1995): [The handbook of pests, diseases and weeds having quarantine importance for the territory of the Russian Federation.] Arnika, Nizhnyj Novgorod (in Russisch).

Sheppard AW., Shaw RH. & Sforza R. (2006) Top 20 environmental weeds for classical control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. *Weed Research* 46, 93-117.

Shigesada, N. & Kawasaki, K. (2002): Invasion and the range expansion of species: effects of long-distance dispersal. *Dispersal Ecology* (eds. J.M. Bullock, R.E. Kenward & R.S. Hails), pp. 350-373. Oxford, Blackwell.

Taramarcas, P., Lambelet, C., Clot, B., Keimer, C. & Hauser, C (2005) Ragweed (Ambrosia) progression and its health risks: will Switzerland resist this invasion? *Swiss Medical Weekly*, **135**, 538-548.

Turc L. (1961): Évaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle, formule simplifiée et mise à jour. *Annales Agronomiques*, **12**, 13-49

USDA Plant Database (2006): *Ambrosia artemisiifolia*. (<http://plants.usda.gov>) (Zugriff: 12 September 2006). National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA

Umweltbundesamt (2005) Naturschutzfachliches Informationssystem Austria (NISA). <http://gis.umweltbundesamt.at/austria/natur/nisa/Default.faces> (Accessed August 2005).

Vitousek, P.M., Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H. und Matson, P.A. (1986): Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. *BioScience*, **36(6)**, 363-373

Walther, G.R. (2003): Plants in warmer world. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6/3: 169-185.

Wayne P., Foster S., Connolly J., Bazzaz F. & Epstein P. (2002): Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-enriched atmospheres. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* **88**: 279-282.

Weber, L. (1997). Geologische Karte 1:500.000 von Österreich (modifiziert). Geologische Bundesanstalt, Wien

Wright, D. (1990): Human Impacts on the Energy Flow through Natural Ecosystems, and Implications for Species Endangerment. *Ambio*, 19(4), 189-194

Zidorn C. & Dobner M.J. (1999): Beitrag zur Ruderalflora der Bahnhöfe von Nordtirol. Ber nat.-med. Ver. Innsbruck 86: 89-93.

Ziska L.H. & Caulfield F.A. (2000): Rising CO₂ and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), a known allergy-inducing species: implications for public health. *Aust. J. Plant. Physiol.* 27: 893-898.

Zwander H. (2000): Neue Daten zum Pollenflug des Traubenkrautes (*Ambrosia artemisiifolia*) in Klagenfurt (Kärnten). *Linzer biol. Beitr.* 32/2: 738-739.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. C5-1 Blühender dichter Bestand der Ambrosie in einem Sonnenblumenfeld bei Riedenthal im Weinviertel; September 2006 (Foto: F. Essl).-----	7
Abb. C5-2 Blühende Ambrosie am westlichen Ortsrand von Riedenthal im Weinviertel; September 2006 (Foto: F. Essl). -----	8
Abb. C5-3 Blühende Einzelpflanze der Ambrosie.-----	8
Abb. C5-4 Reife Samen von <i>Ambrosia artemisiifolia</i> (Quelle: USDA Plant Database 2006). -----	8
Abb. C5-5 Detailaufnahme von Pollenkörnern der Ambrosie. Quelle: http://www.bot.nhmus.hu/hnpal-p.gif .-----	8
Abb. C5-6 Areal der Ambrosie in der Ukraine im Jahr 1978 (obere Abbildung) und im Jahr 2002 (untere Abbildung). Von der Ambrosie besiedelte Gebiete sind schraffiert dargestellt, Einzelfunde mit Punktsymbolen. -----	10
Abb. C5-7 Vorkommen der Ambrosia in Österreich und den grenznahen Gebieten Ungarns und Deutschlands -----	12
Abb. C5-8 Mittlere Julitemperaturen: A – ZAMG Daten (1961-1990); B – regionales Szenario (2041-2050); C – ETH Szenario (2100); D – HadAM3 Szenario (2100) -----	16
Abb. C5-9 Nachweise der Ambrosie in Österreich, summiert nach Dekaden.-----	20
Abb. C5-10 Nachweise der Ambrosie in Österreich, summiert nach Dekaden und weiter unterteilt nach geographischer Länge (z.B. 1000 bedeutet 10 Grad westl. Länge)-----	21
Abb. C5-11 Nachweise der Ambrosie in Österreich, summiert nach geographischer Länge und weiter unterteilt nach Dekaden (z.B. 900-1000 bedeutet von 9 bis 10 Grad westl. geographische Länge)-----	21
Abb. C5-12 Verteilung der Ambrosien - Vorkommen auf verschiedene Lebensraumtypen. -----	22
Abb. C5-13 Höhenverteilung der Vorkommen der Ambrosie in Österreich.-----	23
Abb. C5-14 Partielle Effekte der vier Prädiktoren des Habitatmodells auf die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Ambrosie.-----	24

Abb. C5-15 Verbreitung potentieller Habitate der Ambrosie unter rezenten Klimabedingungen	26
Abb. C5-16 Flächenanteile der einzelnen Habitat-Eignungsklassen unter momentanen Klimabedingungen	27
Abb. C5-17 Veränderung der Flächenanteile der Habitat-Eignungsklassen in verschiedenen Klimawandelszenarien:	28
Abb. C5-18 Zukünftige Verbreitung potentieller Habitate der Ambrosie – regionalisiertes Klimawandelszenario	29
Abb. C5-19 Zukünftige Verbreitung potentieller Habitate der Ambrosie – ETH Klimawandelszenario	30
Abb. C5-20 Zukünftige Verbreitung potentieller Habitate der Ambrosia – HadAM3 Klimawandelszenario	31
Abb. C5-21 Pollenbelastung durch Ambrosie im Jahr 2005 in Europa:	35
Abb. C5-22 Entwicklung der Pollenbelastung und des Anteils allergisch reagierender Personen in Wien (1994-2003):	35
 Tabellen	
Tab. C5-1 Übersicht der Datenbestände: A) Naturräumliche Charakteristik, B) Landnutzungscharakteristik und C) Potentielle Ausbreitungskorridore	13
Tab. C5-2 Variablen der Klimakarten (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)	14
Tab. C5-3 Verteilung der Nachweise der Ambrosie nach Dekaden, getrennt nach dem floristischen Status.	22
Tab. C5-4 Beschreibung der Prädiktoren des Modells, ihren p-Wert und die Freiheitsgrade (d.f.) in der ANOVA	23
Tab. C5-5 Kennwerte des Habitatmodells der Ambrosie:	24