

Einfluss von Temperatur und Nutzung auf die floristische Artenvielfalt in Getreideanbaugebieten Europas

Effects of temperature and land use on the floristic species diversity in grain field areas of Europe

Jörg Hoffmann^{1*}, Nils Hempelmann², Michael Glemnitz³, László Radics⁴, Gyula Czimber^{5†} & Udo Wittchen¹

¹ Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow

² Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH, Climate Service Center (CSC), Chilehaus, Fischertwiete 1, D-20095 Hamburg

³ Leibniz-Centre for Landscape Research (ZALF), Eberswalder Straße 84, D-15374 Müncheberg

⁴ Universität Budapest Budapest University of Economy and Public Administration, Faculty of Horticulture Science, Villányi út 29-35, H-1518 Budapest

^{5†} West-Hungarian University, Dep. of Biological and Environmental Sciences, Mosonmagyaróvár

* Korrespondierender Autor, joerg.hoffmann@jki.bund.de, +49(0)33203 48360

DOI: 10.5073/jka.2012.436.010

Zusammenfassung

Die Segetalflora der Getreideanbaugebiete Europas bildet auf Grund der landwirtschaftlichen Kulturgeschichte sowie der Größe der Anbaufläche einen wichtigen Bestandteil der Biodiversität. Um den Einfluss der Klimabedingungen in Verbindung mit bestehenden Nutzungsformen auf die Artenvielfalt der Segetalflora in den Getreideanbaugebieten zu prüfen, wurden Modellrechnungen basierend auf mehrjährigen Felduntersuchungen und europaweiten Klimadaten durchgeführt. Die verwendeten Modelleingangsdaten basieren auf mehrjährigen Felduntersuchungen zur Artenvielfalt der Segetalflora in Getreideanbaugebieten mit 3,5 °C bis 16,4 °C Jahresmittel der Lufttemperaturen.

Die ermittelte räumliche Verteilung der Artenvielfalt zeigt europaweit große Unterschiede. Höchste Artenzahlen, die Hot-spots der Segetalflora, befinden sich in den mediterranen Getreideanbaugebieten mit bis über 410 Arten je berechneter Gitterbox von 25 km x 25 km. In ausschließlich intensiv, mit Herbizideinsatz bewirtschafteten Getreideanbaugebieten reduziert sich die floristische Artenvielfalt etwa um den Faktor 3 in den mediterranen und um 1,5 bis 2 in den gemäßigten bis kühlen Klimagebieten.

Für die Sicherung der Biodiversität in Ackerbaugebieten sind aus floristischer Sicht größere Flächenanteile mit extensiven Nutzungen ohne Einsatz von Herbiziden sowie selbstbegrünte, ein- bis zweijährige Ackerbrachen erforderlich. Dadurch könnte einer durch intensive Nutzungen starken Verarmung sowie Uniformierung der Artenvielfalt in den Ackerbaugebieten Europas entgegen gewirkt werden.

Stichwörter: Europa, Klima, Temperaturen, Segetalflora, Getreideanbau, Nutzungsintensitäten, räumliche Verteilung Artenvielfalt

Summary

The weeds (segetalflora) in European grain-growing regions is due to the agricultural and cultural history and due to the size of the cultivated area an important component of biodiversity. Model calculations were performed to investigate the influence of climatic conditions in conjunction with different agricultural uses on the biodiversity of the segetalflora. As input data the model uses datasets on European climate and from field studies. These are based on several years of field studies on the biodiversity of segetalflora in grain-producing regions within a mean annual air temperature range from 3.5 °C to 16.4 °C.

The calculated spatial distribution of biodiversity in Europe shows great variation. The highest number of species, considered as hot-spots of segetalflora are located in the Mediterranean grain-growing regions with over 410 species for each calculated grid (25*25km). In intensively used grain-growing regions with herbicide applications the floristic diversity is reduced by a factor of 3 in the Mediterranean and by 1.5 to 2 in temperate to cool climates.

From floristic point of view large extensively used fields without herbicide applications and self greened 1-2 year old fallow fields are necessary/suitable to protect the biodiversity in agricultural areas. The implementation of such structures could counteract impoverishment and uniformity of biodiversity in intensively used agricultural areas in Europe.

Keywords: Europe, climate, temperatures, weeds, segetalflora, grain field areas, land use intensity, spatial distribution of species diversity

1. Einleitung

In den EU27-Ländern werden gegenwärtig ca. 106,7 Mio. ha (25,3 % der Landflächen, 60 % der landwirtschaftlichen Flächen) ackerbaulich bewirtschaftet. In der über 10.000-jährigen Ackerbaugeschichte haben sich die Anbauggebiete aus dem zunächst mediterran-kontinentalen Florenraum auf nahezu alle Regionen Europas ausgebreitet. Diese lange Zeitdauer sowie der heute große Flächenumfang machen die europäischen Ackerbauggebiete zu etwas Besonderem, sie bilden neben ihren Produktionsfunktionen einen wichtigen Bestandteil der Kulturgeschichte und der Biodiversität (HOFFMANN, 2012). Getreideanbau und die mit diesen Nutzungen assoziierten Wildpflanzenarten und -gemeinschaften (Synonym: Segetalflora) sind gegenwärtig über nahezu ganz Europa verbreitet.

Um den Einfluss von Klimabedingungen (Jahresmittel der Lufttemperaturen) in Verbindung mit bestehenden Nutzungsformen im Getreideanbau auf die Artenvielfalt der Segetalflora zu prüfen, wurden in einem europäischen Klimatranssekt von Südeuropa (mediterrane Florenraum Süditalien) bis Nordeuropa (nordischer Florenraum Mittelfinnland) mehrjährige Felderhebungen auf Getreideanbauflächen durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten in acht Getreideanbauregionen jeweils in den Varianten „extensiver Getreideanbau ohne Herbizide“, „intensiver Getreideanbau mit Herbiziden“ und zeitweilige Nutzungsauffassung in Form „ein- bis zweijähriger, selbstbegrünter Brachen“ (HOFFMANN *et al.*, 2002; HOFFMANN *et al.*, 2002a; GLENNITZ *et al.*, 2003; RADICS *et al.*, 2004; RADICS *et al.*, 2004a; CZIMBER *et al.*, 2004). Differenziert nach Klima- und Bewirtschaftung erfolgten Analysen bezogen auf die im Klimatranssekt gefundenen 768 Segetalarten der Getreidekulturen (GLENNITZ *et al.*, 2004; HOFFMANN *et al.*, 2004; GLENNITZ *et al.*, 2006; GLENNITZ *et al.*, 2006a; HOFFMANN *et al.*, 2009; GLENNITZ *et al.*, 2010).

Die Zielstellung dieser Arbeit besteht darin, mit Hilfe ermittelter felddatenbasierter Regressionsgleichungen der durchgeführten Klimatranssekt-erhebungen die Artenvielfalt der Segetalflora für Getreideanbauggebiete Europas zu modellieren. Die durch Klima und Nutzung entstandenen Effekte auf die floristische Artenvielfalt sollen dabei durch Berechnung der räumlichen Artendichten europaweit visualisiert und evaluiert werden.

Material und Methoden

Die mit dem Klimaparameter Temperatur (Jahresmittel der Lufttemperatur) in Beziehung gestellte Artenvielfalt berücksichtigt alle 768 gefundenen Pflanzenarten im Bereich der nördlichsten Untersuchungsregion Vaasa (Mittelfinnland: 3,5 °C) und südlichsten Untersuchungsregion Lecce (Süditalien: 16,4 °C). Für diesen Temperaturbereich wurden Regressionsgleichungen, auf der Basis einer Klassifizierung der Arten nach geografisch-klimatischen Merkmalen (OBERDORFER, 1990; PIGNATTI, 1997) in Klimatypen (HOFFMANN, 2006, S. 43ff.) für die klima- und nutzungsabhängige Artenvielfalt unter Verwendung der Programmsoftware Excel und SAS ermittelt. Dabei wurde zwischen der Artenvielfalt der Segetalflora insgesamt ohne Nutzungsdifferenzierungen (Σ Nutzungsvarianten) und getrennt zwischen den Nutzungsvarianten „nur extensiv“, „nur intensiv“ und „nur selbstbegrünte Brache“ unterschieden (Tab. 1).

Erforderliche klimatische Temperaturwerte wurden unter Verwendung des Modells REMO (JACOB und PODZUN, 1997; JACOB *et al.*, 2001) mit ERA40 Reanalysedaten (UPPALA *et al.*, 2005) als globale Antriebsdaten ermittelt. Dieser Datensatz liegt für das ENSEMBES Projects (HEWITT, 2005; VAN DER LINDEN, 2008) vor.

Das Klimamodell wird hier verwendet, um einem Beobachtungsdatensatz entsprechende Reanalysedaten auf ein Gitter von 25 km Maschenweite zu übertragen. Unsicherheiten treten auf durch die Methode zur Ermittlung des Reanalysedatensatzes aus Beobachtungsdaten und durch die anschließende Modellierung mit einem Klimamodell. Die Temperaturwerte sind jeweils repräsentativ für eine Gitterbox.

Als zeitlicher Bezug für die Temperaturen wurden der 30-jährige Zeitraum von 1961 bis 1990 gewählt und die dafür erhaltenen klimatischen Jahresmitteltemperaturen in der räumlichen Auflösung einzelner Gradbogen in der Größe von 25 km x 25 km für die Landfläche Europas berechnet. Dabei wurden klimatische Jahresmitteltemperaturen für den gesamten Temperaturbereich, für die Modellierung der räumlichen Verteilungen der Artenvielfalt jedoch nur der Temperaturbereich von

2 °C bis 19 °C für einzelne Gradbogen berücksichtigt, da dieser im Wesentlichen auch den für die Betrachtungen relevanten temperaturabhängigen Getreideanbau Raum in Europa charakterisiert (vgl. HOFFMANN, 2012). Gebiete < 2 °C und > 19 °C blieben daher in den Berechnungen für die räumliche Verteilung der floristischen Artenvielfalt in Getreideanbaugebieten und deren Darstellung unberücksichtigt.

Tab. 1 Funktionen der Artenvielfalt der Segetalflora in Getreideanbaugebieten für Jahresmittel der Lufttemperatur (3,5 – 16,4 °C) Europas

Tab. 1 *Functions of species diversity of the segetalflora (weeds) in grain field areas across Europe in relation to climate (temperature range 3,5 – 16,4 °C)*

Artenvielfalt Segetalflora	Funktion Artenvielfalt für Jahresmittel Lufttemperatur 3,5 °C – 16,4 °C	F
ΣNutzungsvarianten	$y = 96,652e^{0,0822x}$	<0,0001
nur intensiv	$y = 43,172e^{0,0703x}$	<0,0001
nur extensiv	$y = 65,658e^{0,0762x}$	<0,0001
nur Brache	$y = 83,802e^{0,0748x}$	<0,0001

Mit Hilfe einer C++ Applikation wurden unter Verwendung der Regressionsgleichungen aus Tab. 1 den klimatischen Temperaturen entsprechende Artenanzahlen in den Gitterboxen zugeordnet. Erhaltene Berechnungsergebnisse wurden in diesem Prozess in NetCDF-Dateien (mehrdimensionale Datensätze) abgelegt und anschließend zur Visualisierung GIS-basierte farbige thematische Karten zur räumlichen Verteilung der Artenvielfalt der Segetalflora Europas (einschließlich Nordafrika und Kleinasien) erstellt.

Ergebnisse

Die ermittelte räumliche Verteilung der Segetalflora zeigt europaweit große Unterschiede der floristischen Artenvielfalt (Abb. 1). Höchste Artenzahlen, die Hot-spots der Artenvielfalt, sind in mediterranen Getreideanbaugebieten mit maximalen Artenzahlen je Gitterbox von etwa 410 (teilweise mehr) lokalisiert. Hohe Flächenanteile artenreicher Gebiete finden sich besonders in Spanien, Südfrankreich, Süditalien, den küstennahen Gebieten Griechenlands, in küstennahen westlichen Teilen der Türkei sowie in größeren Gebieten Nordafrikas, hier in Marokko und Algerien.

Von mediterranen (Mittelmeerraum) über gemäßigte (Mitteleuropa) bis hin zu kühlen, nordisch-borealen Klimabedingungen ist eine temperaturabhängig starke Verringerung der Artenvielfalt feststellbar. Deutlich klimabedingte (biogeografische) Unterschiede der Artendichten zeichnen sich bereits in den südlichen Ländern mit der Höhenzonierung der Temperaturen in Berglagen relativ kleinräumig ab. Sie treten jedoch vor allem großräumig in Richtung der Getreideanbaugrenzen, z. B. über Mitteleuropa hinaus Richtung Süd- und Mittelschweden, die baltischen Republiken, Russland und Finnland zunehmend in Erscheinung (vgl. Abb. 1). In den nördlichen Getreideanbaugebieten, z. B. in Mittelschweden Raum Uppsala und Mittelfinnland Raum Vaasa, erreichen die errechneten maximalen Zahlen der Artenvielfalt der Segetalflora je Gitterbox noch etwa 90 Arten.

Auf ausschließlich intensiv, mit Herbizideinsatz bewirtschafteten Getreideanbaugebieten reduziert sich das Maximum der Artenvielfalt im mediterranen Florenraum auf etwa 135 Arten je Gitterbox und weniger, d. h. etwa um den Faktor 3 gegenüber der komplexeren und höheren Nutzungsvielfalt einschließlich extensiver Nutzungen und junger selbstbegrünter Ackerbrachen. Von warm zu kühl sind ebenso deutlich geringere Artenzahlen bei intensiven Nutzungen feststellbar. Dies betrifft die regionalen temperaturabhängigen Höhenzonierungen sowie auch die großräumige Klimaausprägung bis hin nach Mittel- und Nordeuropa. Ausgeprägte Hot-spots der Artenvielfalt fehlen bei intensiver Bewirtschaftung in ganz Europa (vgl. Abb. 1 mit Abb. 2).

Die ermittelte räumliche Verteilung der Artenvielfalt zeigt bei intensiven Bewirtschaftungsbedingungen unter Verwendung von Herbiziden eine starke Senkung der

floristischen Artenvielfalt sowie Homogenisierung der räumliche Verteilungsmuster der Segetalflora. Das bedeutet, wenn extensive Nutzungen (ohne Einsatz von Herbiziden) und Flächen mit zeitweiliger Nutzungsauffassung in Form der selbstbegrünten ein- bis zweijährigen Ackerbrachen fehlen, dann geht die floristische Artenvielfalt der Getreideanbauggebiete großräumig stark zurück. Europaweit ist ein erheblicher Verlust an floristischer Artenvielfalt in den Getreideanbaugebieten erkennbar (Abb. 2). Die sonst artenreichen mediterranen Gebiete zeichnen sich unter diesen Bewirtschaftungsbedingungen in ihrer Artenvielfalt bei insgesamt niedrigem Niveau nur noch relativ gering von den nördlicheren Gebieten ab, die allerdings auch eine um den Faktor von etwa 1,5 bis 2 niedrigere Artenvielfalt unter diesen Anbaubedingungen aufweisen.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Ermittelte Artendichten der Segetalflora und deren räumliche Verteilung weisen auf hohe floristische Artenvielfalt mit wichtigen Biodiversitätsfunktionen in den Getreideanbaugebieten Europas hin. Hot-Spots der Artenvielfalt befinden sich in den mediterranen Klimazonen der biogeografischen Regionen Südeuropas, Nordafrikas und Kleinasien. In den gemäßigten und kühlen Gebieten Europas ist die Artenvielfalt deutlich niedriger. Die verschiedenen Klimaregionen weisen jedoch deutliche Unterschiede in der floristischen Artenzusammensetzung auf. Neben nur relativ wenigen, weitgehend Klimaindifferenzen, z. B. *Cirsium arvense* und *Polygonum aviculare*, deren Verbreitung vom mediterranen bis in den nordischen Florenraum reicht, zeigen die Mehrzahl der Segetalarten eine durch Klimafaktoren gesteuerte Verbreitung, die durch die Art der Bewirtschaftung der Flächen stark überlagert wird (GLEMNITZ *et al.*, 2004; GLEMNITZ *et al.*, 2006; GLEMNITZ *et al.*, 2006a und HOFFMANN, 2012).

Die Untersuchungsergebnisse belegen für den gesamten biogeografischen Raum, dass für den Erhalt der floristischen Artenvielfalt in den Getreideanbaugebieten traditionelle extensive und/oder ökologische Flächennutzungen in Verbindung mit ein- bis zweijährigen, selbstbegrünten Ackerbrachen notwendig sind und ausschließlich intensive Nutzungen zu starken Verlusten der Biodiversität führen. Dabei wird über die Darstellung der Artenzahlen noch nicht das Ausmaß des lokalen Artenverlustes auf einzelnen intensiv bewirtschafteten Ackerschlägen und intensiv wirtschaftenden Betrieben deutlich. Ein großer Teil der Arten ließ sich hier nur in der Summe vieler intensiv bewirtschafteter Schläge und dort oft auch nur an Fehlstellen der Kulturpflanzenbestände sowie in schmalen Ackerrandlagen mit geringer Individuenzahl beobachten (GLEMNITZ *et al.*, 2003). D. h., die floristische Artenvielfalt vieler der intensiv bewirtschafteten Gebiete kann heute nur als ein Relikt früherer Nutzungen verstanden werden und zeigt durch Teile der bestehenden floristischen Artenvielfalt diesen temporären Zustand noch an.

Für den Erhalt der floristischen Artenvielfalt unter den intensiven Nutzungsbedingungen könnten integrative Maßnahmen in Betracht kommen, wie z. B. die Etablierung von Ackerrandstreifen sowie gemanagte Naturschutzbrachen (vgl. BERGER und PFEFFER, 2011) in Teilflächen der Schläge mit Intensivkulturen. Der hohe Anteil gefährdeter Arten der Segetalflora in der Roten Liste der Gefäßpflanzenarten Deutschlands (MEYER *et al.*, 2010) verweist auf den Bedarf für erforderliche Erhaltungs- und Schutzmaßnahmen der Segetalflora. Schutzäcker (MEYER *et al.*, 2008) und Wildflorenereservate sind hierfür wichtige, bisher jedoch nur punktuelle Erhaltungsansätze.

Werden floristisch artenreiche Nutzungen nicht in einem hinreichenden Flächenumfang in regionale sowie europäische Maßnahmen der Biodiversitätserhaltung integriert, verliert Europa große Teile seiner kulturhistorisch über lange Zeit „gewachsenen“ floristischen Artenvielfalt der Ackerbaugebiete. Die heute bestehenden Flächenrelationen zwischen intensiv genutzten und extensiv genutzten sowie ein- bis zweijährigen Ackerbrachen weisen darauf hin, dass gegenwärtig, entsprechend der vorliegenden Modellergebnisse, überwiegende Flächenteile der Ackerbaugebiete floristisch bereits stark verarmt sind. Dies hat auch Konsequenzen für die Blütenvielfalt der Segetalflora in den Getreideanbaugebieten (HOFFMANN, 2012a) sowie für andere Artengruppen, z. B. Vogelarten der Agrarlandschaft (vgl. HOFFMANN *et al.*, 2012), Nützlinge wie Wildbienen, Schwebfliegen und Tagfalter, die auf vielfältige Nektar- und Pollenquellen der Blütenpflanzen angewiesen sind.

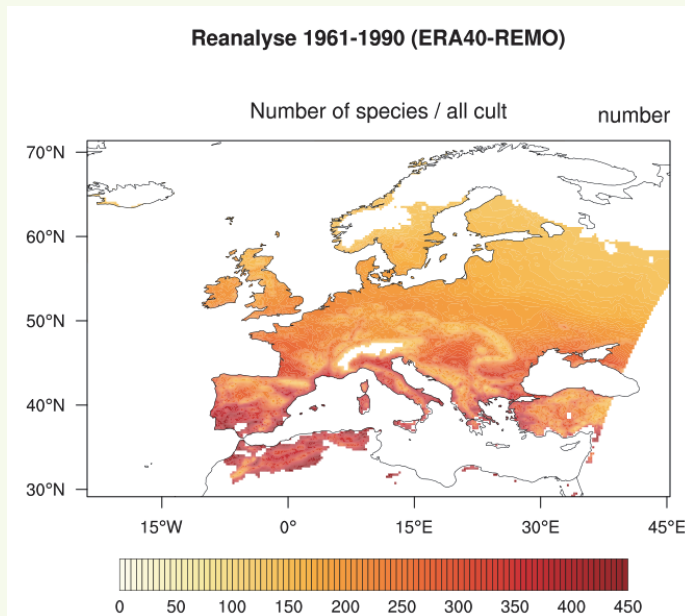


Abb. 1 Räumliche Verteilung der floristischen Artenvielfalt in Getreideanbaugebieten Europas alle Nutzungen

Fig. 1 *Spatial distribution of the floristic species diversity in grain field areas of Europe, all use forms (intensive use, extensive use, fallow fields)*

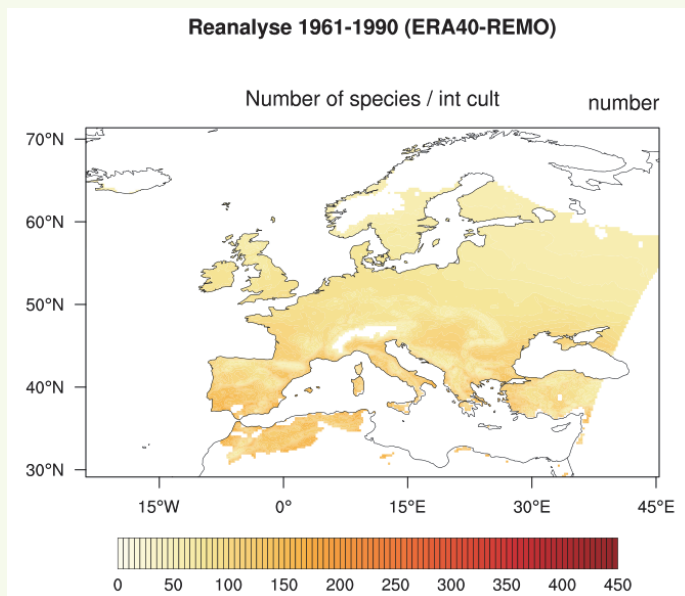


Abb. 2 Räumliche Verteilung der floristischen Artenvielfalt in Getreideanbaugebieten Europas, nur intensive Nutzungen mit Herbiziden

Fig. 2 *Spatial distribution of the floristic species diversity in grain field areas of Europe, only areas with intensive use forms (application of herbicides)*

Zur Verwirklichung nationalen Biodiversitätsziele sollte daher für den Bereich Ackerbau u. a. ein Netzwerk „Biodiversitätserhaltende Ackerflächen“ in ausreichender Größe etabliert und durch agrarpolitische Rahmenbedingungen, z. B. über Agrarumweltmaßnahmen, hinreichend gefördert werden.

Werden floristisch artenreiche Nutzungen nicht in einem hinreichenden Flächenumfang in regionale sowie europäische Maßnahmen der Biodiversitätserhaltung integriert, verliert Europa große Teile seiner kulturhistorisch über lange Zeit „gewachsenen“ floristischen Artenvielfalt der Ackerbaugebiete. Die heute bestehenden Flächenrelationen zwischen intensiv genutzten und extensiv genutzten sowie ein- bis zweijährigen Ackerbrachen weisen darauf hin, dass gegenwärtig, entsprechend der vorliegenden Modellergebnisse, überwiegende Flächenteile der Ackerbaugebiete floristisch bereits stark verarmt sind. Dies hat auch Konsequenzen für die Blütenvielfalt der Segetalflora in den Getreideanbaugebieten (HOFFMANN, 2012a) sowie für andere Artengruppen, z. B. Vogelarten der Agrarlandschaft (vgl. HOFFMANN *et al.*, 2012), Nützlinge wie Wildbienen, Schwebfliegen und Tagfalter, die auf vielfältige Nektar- und Pollenquellen der Blütenpflanzen angewiesen sind. Zur Verwirklichung nationalen Biodiversitätsziele sollte daher für den Bereich Ackerbau u. a. ein Netzwerk „Biodiversitätserhaltende Ackerflächen“ in ausreichender Größe etabliert und durch agrarpolitische Rahmenbedingungen, z. B. über Agrarumweltmaßnahmen, hinreichend gefördert werden.

Diese präsentierte Untersuchung beruht auf der Temperaturabhängigkeit der Artendichten. Weitere klimatische Einflussfaktoren wie Niederschlag oder Temperaturextreme sind bisher noch wenig erforscht und sollten nach Möglichkeit in weiterführenden Arbeiten stärker berücksichtigt werden.

Literatur

CZIMBER, G., M. GLEMNITZ, J. HOFFMANN und L. RADICS, 2004: A gyomnövények terjedése és a klímaváltozás hatása. *Agro napló* **11-12**, 31-36.

BERGER, G., H. PFEFFER, (unter Mitarbeit von T. v. ELSEN, F. GOTTWALD, U. HAMPICKE, K.-U. HARTLEB, M. HAUKE, J. HOFFMANN, H. KÄCHELE, F. LIERMANN, R. OPPERMANN, R. PLATEN, CH. SAURE und D. SCHEIBE: Naturschutzbrachen im Ackerbau - Anlage und optimierte Bewirtschaftung kleinflächiger Lebensräume für die biologische Vielfalt – Praxishandbuch – . Natur & Text, Rangsdorf.

GLEMNITZ, M., T. HYVÖNEN, L. RADICS, J. HOFFMANN and G. CZIMBER, 2010: Weeds in changing climate – a north european perspective. *NJF Report* **6**, No **1**, 55-57.

GLEMNITZ, M., G. CZIMBER, L. RADICS and J. HOFFMANN, 2006: Weed flora diversity and composition in different agricultural management systems - comparative investigations in Hungary, Germany and Europe. *Magyar gyomkutatas es technologia*, **7/1**, 83-100.

GLEMNITZ, M., L. RADICS, J. HOFFMANN and G. CZIMBER, 2006a: Weed species richness and species composition of different arable field types - A comparative analysis along a climates gradient from south to north Europe. *Journal of plant diseases and protection* **20**, 577-586.

GLEMNITZ, M., J. HOFFMANN, L. RADICS and G. CZIMBER, 2004: Interactions between climate and land use on the composition of weed floras along a climate gradient from south to north Europe. In: **12**. Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes, 31 aout - 2 septembre 2004, Dijon, France: 345-354.

GLEMNITZ, M., J. HOFFMANN, G. CZIMBER and L. RADICS, 2003: „Wildkräuter_Klimatranssekt_Klima“ der floristischen Artenkartierung im europäischen Klimatranssekt, unveröffentlichte Originaldaten der Felderhebungen in europäischen Ländern.

HEWITT, C. D., 2005: The ENSEMBLES Projekt - Providing ensemble-based predictions of climate changes and their impacts. Published article appears in the EGGS newsletter, **13**, 22-25. <http://www.the-eggs.org/?issueSel=24>

HOFFMANN, J., 2012: 3.2 - Species rich arable land. – In: Oppermann, R., G. G. Beaufoy and R. Jones (eds.): High Nature Farming in Europe. Regionalkultur, Ubstadt. 58-69.

HOFFMANN, J., 2012a: Blütenvielfalt der Wildpflanzen in Getreidefeldern Europas. *Julius-Kühn-Archiv*, in diesem Journal.

HOFFMANN, J., 2006: Flora des Naturparks Märkische Schweiz. Cuvillier Verlag, Göttingen.

HOFFMANN, J., N. HEMPELMANN, M. GLEMNITZ, L. RADICS, G. CZIMBER und U. WITTCHEN, 2012: Bewertung und Verbesserung der Biodiversität in landwirtschaftlichen Gebieten unter besonderer Berücksichtigung von Vogelarten als Bioindikatoren. *Julius-Kühn-Archiv*, in diesem Journal.

HOFFMANN, J., M. GLEMNITZ, L. RADICS and G. CZIMBER, 2009: Assessing changes in weed flora diversity due to climate change in Europe. *Weeds and Biodiversity*, Lleida, Spain, 12-13 March, 78-79.

HOFFMANN, J., L. RADICS, M. GLEMNITZ and G. CZIMBER, 2004: Vielfalt der Segetalfloren im europäischen Klimagradient bei unterschiedlicher Bewirtschaftung der Ackerflächen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **16**, 55-56.

HOFFMANN, J., G. CZIMBER, M. GLEMNITZ and L. RADICS, 2002a: Effekt eines sich verändernden Klimas auf die Unkrautflora in Europa. *Angewandte Wissenschaft* **494**, 269-272.

- HOFFMANN, J., M. GLEMNITZ, G. CZIMBER and L. RADICS, 2002: Diversity of flora on arable land in a climate gradient from Southern to Northern Europe in intensive and extensive fields. In: Ecology in a Changing World: proceedings of the 8th INTECOL International Congress of Ecology, August 11-18, 2002, Seoul (Korea), 78.
- JACOB, D., U. ANDRAE, G. ELGERED, C. FORTELIUS, L. P. GRAHAM, S. D. JACKSON, U. KARS TENS, CHR. KOEPKEN, R. LINDAU, R. PODZUN, B. ROCKEL, F. RUBEL, H. B. SASS, R. N. D. SMITH, B. J. J. M. VAN DEN HURK and X. YANG, 2001: A Comprehensive Model Intercomparison Study Investigating the Water Budget during the BALTEX-PIDCAP Period. Meteorology and Atmospheric Physics, Vol.77, Issue 1-4, 19-43.
- JACOB, D. and R. PODZUN, 1997: Sensitivity studies with the regional climate model REMO. Meteorology and Atmospheric Physics, Url: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01025368>, Doi: 10.1007/BF01025368
- MEYER, S., K. WESCHE, CH. LEUSCHNER, T. VAN ELSSEN and J. METZNER, 2010: Schutzbemühungen für die Segetalflora in Deutschland – Das Projekt „100 Äcker für die Vielfalt“. Treffpunkt Biologische Vielfalt IX, Bundesamt f. Naturschutz, Bonn. 59-64.
- MEYER, S., C. LEUSCHNER and T. VAN ELSSEN, 2008: Schutzäcker für die Segetalflora in Deutschland – Bestandsanalyse und neue Impulse durch das Projekt „Biodiversität in der Agrarlandschaft“. J. f. Plant Diseases and Protecion, **XXI**, 363-368.
- OBERDORFER, E., 1990: Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Ulmer, Stuttgart.
- PIGNATTI, S. (ed), 1997: Flora d'Italia. Edagricole, Bologna, Italy.
- RADICS, L., M. GLEMNITZ, J. HOFFMANN and G. CZIMBER, 2004: Composition of weed floras in different agricultural management systems within the European climatic gradient. In: D. CLOUTIER and J. ASCARD, (eds.). Proceedings 6th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Lillehammer, Norway, 8-10 March 2004. 39-49.
- RADICS, L., M. GLEMNITZ, J. HOFFMANN and G. CZIMBER, 2004a: Composition of weed floras in different agricultural management systems within a north-south European climatic gradient. Acta agronomica ovariensis **46/2**, 119-133.
- UPPALA, S. M., P. W. KÄLLBERG, A. J. SIMMONS, U. ANDRAE, V. FI DA COSTA BECHTOLD, M. ORIO, J. K. GIBSON, J. HASELER, A. HERNANDEZ, G. A. KELLY, X. LI, K. ONOGI, S. SAARINEN, N. SOKKA, R. P. ALLAN, E. ANDERSSON, K. ARPE, M. A. BALMASEDA, A. C. M. BELJAARS, L. VAN DE BERG, J. BIDLOT, N. BORMANN, S. CAIRES, F. CHEVALLIER, A. DETHOF, M. DRAGOSAVAC, M. FISHER, M. FUENTES, S. HAGEMANN, E. HÖLM, B. J. HOSKINS, L. ISAKSEN, P. A. E. M. JANSSEN, R. JENNE, A. P. MCNALLY, J. F. MAHFOUF, J. J. MORCRETTE, N. A. RAYNER, R. W. SAUNDERS, P. SIMON, A. STERL, K. E. TRENBERTH, A. UNTCH, D. VASILJEVIC, P. VITERBO and J. WOOLLEN, 2005: The ERA-40 re-analysis. Quart. J. R. Meteorol. Soc., **131**, 2961-3012. doi:10.1256/qj.04.176
- VAN DER LINDEN, P. J., 2008: The ENSEMBLES climate change project, chapter in AGRIDEMA. Nova Publishing Ltd, New York, USA.