

Biodiversität in Österreich – ihre Erfassung und der Einfluss der Landnutzung

Johannes RÜDISSER, Erich TASSER und Ulrike TAPPEINER

Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.

Zusammenfassung

Der österreichische Kulturlandschaftsraum ist charakterisiert durch eine vielfältige Mischung natürlicher, naturnaher und anthropogen geprägter Ökosysteme. Die Beschaffenheit und die räumliche Verteilung dieser Ökosysteme prägen nicht nur das Landschaftsbild, sondern beeinflussen auch maßgebliche Eigenschaften der Landschaft in Bezug auf die Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen. Die beiden sich ergänzenden Indikatoren-Sets Gefäßpflanzenvielfalt und Naturdistanz dienen dazu, den Einfluss unterschiedlicher Landnutzungsformen auf die Biodiversität zu beschreiben, zu messen und nicht zuletzt darzustellen. Diese Indikatoren-Sets wurden im Rahmen des transdisziplinären proVISION Projektes „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ erstmals flächendeckend für ganz Österreich berechnet. Alle Berechnungen basieren auf einem hoch aufgelösten Landbedeckungsdatensatz mit einer Pixelauflösung von 25 m. Die Ergebnisse werden in Form einer WEB-GIS Anwendung öffentlich zur Verfügung gestellt (www.landnutzung.at).

1 Biodiversität messbar machen

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich bereits 1992 mit der Biodiversitätskonvention (CBD, Rio de Janeiro, 1992) das Ziel gesetzt, dem weltweiten Verlust der Biodiversität Einhalt zu gebieten. Zwanzig Jahre später ist dieses Ziel noch immer in weiter Ferne.

Der Begriff Biodiversität oder biologische Vielfalt beschreibt die komplexe Vielfalt lebender Systeme in all ihren Facetten. Dies umfasst sowohl die Vielfalt innerhalb der Arten als auch zwischen den Arten sowie die Vielfalt der Ökosysteme (CBD, 1992). Artenvielfalt beschreibt nur einen Teil der Biodiversität. Trotzdem stoßen wir bereits beim Erfassen der Arten an die Grenzen unseres aktuellen Wissens. In den letzten 250 Jahren wurden weltweit zwischen 1,2 und 2 Millionen Arten beschrieben und katalogisiert. Vorsichtige Schätzungen gehen aber davon aus, dass dies nur ca. 15 % der gesamten auf der Welt vorkommenden Arten sind (MORA et al. 2011). Das heißt umgekehrt, dass schätzungsweise 85 % der Arten weltweit noch nicht beschrieben oder untersucht wurden.

Auch wenn Biodiversität nicht direkt gemessen oder gar auf einen einzelnen Wert reduziert werden kann, ist es für die Entwicklung und Umsetzung politischer Strategien zum langfristigen Schutz der Biodiversität wichtig, den Einfluss menschlichen Handelns mit objektiven Methoden erfass-, mess- und kommunizierbar zu machen.

Unter dem Blickwinkel dieser Herausforderung wurde am Institut für Ökologie (Universität Innsbruck) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Alpine Umwelt (EURAC research, Bozen) im Rahmen des transdisziplinären proVISION Projektes „Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Wirtschaft“ (www.landnutzung.at) flächendeckende Biodiversitätsindikatoren entwickelt und österreichweit berechnet. Diese Indikatoren sind als ein Werkzeug gedacht, das die Planung und Evaluierung politischer Strategien zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt in Österreich unterstützen soll.

Die in den letzten Jahren auf internationaler (EEA 2007, OECD 2003, UNCED 2007) und auf nationaler Ebene (HOLZNER et al. 2006) vorgeschlagenen Indikatoren zur Erfassung und zum Monitoring der Biodiversität haben aber zumeist die Limitierung, dass sie zwar versuchen, die überregionale Situation, beispielsweise mithilfe repräsentativer Probenahme wiederzugeben, aber nur in den seltensten Fällen – aufgrund der unvollständigen Datelage – lokale und flächendeckende Aussagen zulassen.

Für die Erstellung flächendeckender Biodiversitätsindikatoren sind aktuelle und detaillierte räumliche Informationen über die Ausprägungen aller Ökosysteme und den darin vorkommenden Arten wichtig. Flächendeckende Erhebungsdaten über das Vorkommen und die Verbreitung einzelner Arten sind je nach untersuchter Gruppe oft nur unter beträchtlichem Aufwand zu erfassen und stehen daher zumeist nur in eingeschränkter Form zur Verfügung. Dies gilt insbesondere für viele Tiergruppen. Von der botanischen Seite liegen in Österreich für einige Bundesländer umfangreiche Biotopkartierungen vor – diese sind aber österreichweit weder einheitlich noch flächendeckend vorhanden. Eine alternative Datenquelle für vergleichende Biodiversitätsanalysen auf der Landschaftsebene sind digitale Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten. Landbedeckungskarten charakterisieren die sichtbare biophysikalische Ausprägung der Erdoberfläche (GREGORIO & JANSEN 2000) und geben Auskunft über das vorhandene Habitat oder Ökosystem. Darüber hinaus enthalten sie Informationen zur aktuellen Landnutzung.

Für die Berechnungen der in Folge beschriebenen Indikatoren-Sets wurden die aktuell besten österreichweit verfügbaren Landnutzungs- und Landbedeckungsdaten kombiniert und eine neue hoch aufgelöste Landbedeckungskarte mit einer Pixelauflösung von 25 m erstellt (RÜDISSER & TASSER 2011). Dieser Landbedeckungsdatensatz basiert größtenteils auf Daten aus den Jahren 2006-2008.

2 Zwei sich ergänzende Indikatoren-Sets: Naturdistanz und Gefäßpflanzenvielfalt

Die beiden sich ergänzenden Indikatoren-Sets Gefäßpflanzenvielfalt und Naturdistanz dienen dazu, den Einfluss unterschiedlicher Standortvoraussetzungen und Landnutzungsformen auf die Biodiversität flächendeckend für ganz Österreich zu beschreiben, zu messen und darzustellen.

2.1 Indikatoren-Set Gefäßpflanzenvielfalt

Das Indikatoren-Set Gefäßpflanzenvielfalt, welches von TASSER et al. (2008) für die Berechnung von Nachhaltigkeitsindikatoren für die Gemeinden Südtirols entwickelt wurde,

basiert auf der Überlegung, dass jedem Landbedeckungstyp bestimmte Pflanzengesellschaften mit einer charakteristischen Artenausstattung zugeordnet werden kann. Die für Österreich durchgeführten Berechnungen stützen sich auf mehr als 11.000 Vegetationsaufnahmen, die in einer Datenbank gesammelt, standardisiert und auf ihre Qualität überprüft wurden (ALEXYOVA 2011).

Flächengewichtete mittlere Gefäßpflanzenvielfalt

Der Indikator *flächengewichtete mittlere Gefäßpflanzenvielfalt* ist ein Maß für Alpha-Diversität (WHITTAKER 1960) und wird berechnet auf Basis der durchschnittlichen potenziellen Artenvielfalt von Gefäßpflanzen im jeweiligen Lebensraum, sowie dem Flächenanteil dieser Lebensräume je Untersuchungseinheit (z. B. 1 km² Rasterzelle). Die Einheit ist Artenzahl (Gefäßpflanzen).

Absolute Gefäßpflanzenvielfalt

Die *absolute Gefäßpflanzenvielfalt* nach TASSER et al. (2008) beschreibt die potenzielle absolute Artenzahl je Untersuchungseinheit. Die absolute Gefäßpflanzenvielfalt ergibt sich aus der Kombination der vorhandenen Lebensräume und deren Artenausstattung und ist daher ein wichtiger Indikator für die Gamma-Diversität, also die Artenvielfalt einer Landschaft. Die Einheit ist Artenzahl je Untersuchungseinheit.

Frequenzgewichtete absolute Gefäßpflanzenvielfalt

Für die *frequenzgewichtete absolute Gefäßpflanzenvielfalt* werden die einzelnen Arten nach ihrer Häufigkeit in den in Österreich vorkommenden Lebensräumen gewichtet. Selteneren Arten erhalten einen höheren Wert, häufigere einen niedrigeren Wert. Durch die Gewichtung der einzelnen Arten wird die Einheit dimensionslos (TASSER et al. 2008).

2.2 Indikatoren-Set Naturdistanz

Das Indikatoren-Set Naturdistanz kombiniert ein qualitatives und ein räumliches Distanzmaß und gibt Auskunft über die anthropogene Beeinflussung von Ökosystemen und Landschaften. Es besteht aus den Indikatoren Natürlichkeit der Lebensräume, Entfernung zu natürlichen Habitaten und dem Index Naturdistanz (RÜDISSER et al. 2012).

Natürlichkeit der Lebensräume

Der Indikator *Natürlichkeit der Lebensräume* misst den Grad des menschlichen Einflusses auf einen Lebensraum infolge der aktuellen Nutzungsform und ist eine Adaptierung bzw. Erweiterung der Bewertung nach STEINHARDT et al. (1999) und FERRARI et al. (2008). Auch wenn die Zusammenhänge zwischen Landnutzungsintensität und Biodiversität sehr vielfältig und komplex sind, so deuten doch zahlreiche Studien (Tabelle 1) auf einen generellen Trend der abnehmenden Artenvielfalt mit zunehmender Landnutzungsintensität.

Zur Berechnung des Indikators werden die Landbedeckungs- und Landnutzungstypen mithilfe von Schwellenwerten entlang einer Intervallskala von 1 (natürlich) bis 7 (künstlich/versiegelt) klassifiziert. Bei entsprechender Datenverfügbarkeit werden auch Zwischenwerte verwendet. Die Schwellenwerte der Skala sind so gewählt, dass sie objektiv begründbar

sind und möglichst viele Aspekte des anthropogenen Einflusses auf die Biodiversität widerspiegeln (Tabelle 2).

Tabelle 1: Literatur zum Zusammenhang zwischen Landnutzungsintensität und Artenvielfalt verschiedener taxonomischer Gruppen

Lebensform	Bereich Landnutzung	Autor
Arthropoden	Landwirtschaft	ATTWOOD et al. 2008, HENDRICKX et al. 2007
Pflanzen	Landwirtschaft	KLEIJN et al. 2009, NIEDRIST et al. 2009
Pflanzen & Moose	Kulturlandschaft	LIIRA et al. 2008
Pflanzen	Grasland	NIEDRIST et al. 2009
Schmetterlinge	Grasland	HUEMER & TARMANN 2001
Insekten, Spinnen	Kulturlandschaft	HENDRICKX et al. 2007
Vögel	Kulturlandschaft	MARZLUFF 2001, CHACE & WALSH 2006
Moose	Kulturlandschaft	ZECHMEISTER & MOSER 2001
Säugetiere, Amphibien, Wirbellose, Pflanzen	Urbane Räume	MCKINNEY 2008
Schnecken	Siedlungsnähe	HORSÁK et al. 2009

Entfernung zu natürlichem Habitat

Der Indikator *Entfernung zu natürlichem Habitat* beschreibt den durchschnittlichen Abstand zum nächstgelegenen natürlichen oder naturnahen Lebensraum für alle Punkte im Untersuchungsraum. Dieser Indikator basiert auf der Erfahrung, dass die Existenz natürlicher oder naturnaher Habitate einen positiven Effekt auf die umgebenden Kulturlandschaften und die regionale Biodiversität haben kann. Hierbei spielen neben Korridor- und Trittssteinfunktionen (vgl. Haddad et al. 2003) vor allem das Vorhandensein von Rückzugsgebieten für Überwinterung und Vermehrung (STEFFAN-DEWENTER et al. 2002, DUELLI & OBRIST 2003, Devictor & JIGUET 2007, HENDRICKX et al. 2007, ATTWOOD et al. 2008, LIIRA et al. 2008, JAUKER et al. 2009) eine große Rolle.

Index Naturdistanz

Der Index *Naturdistanz* kombiniert die Indikatoren *Natürlichkeit der Lebensräume* und *Entfernung zu natürlichen Habitaten* und ist damit eine wichtige Messgröße zur Beurteilung des ökologischen Zustandes der jeweiligen Untersuchungseinheit (RÜDISSER et al. 2012).

Tabelle 2: Beschreibung der Schwellenwerte der Intervallskala Grad der Natürlichkeit von Landnutzungstypen (verändert nach RÜDISSER et al. 2012)

Grad der Natürlichkeit	Beschreibung der Bewertungskriterien	Landnutzungsbeispiele
1 natürlich	Natürliche oder nur minimal vom Menschen beeinflusste (z. B. durch globale Umweltbelastung) Ökosysteme.	Moore, Felsen, Gletscher ...
2 naturnah	Der vorherrschende Ökosystemtyp entspricht dem an diesem Standort ohne menschlichen Einfluss zu erwartenden – dessen Ausprägung wurde aber durch menschliche Aktivitäten beeinflusst.	Alpine Rasen, Wasserflächen, Wald ...
3 verändert	Der unter natürlichen Bedingungen vorhandene Ökosystemtyp findet sich nicht mehr und wurde durch menschliche Aktivitäten in einen anderen umgewandelt.	Wiesen, Weiden, Almweiden ...
4 stark verändert	Neben einer Veränderung des Ökosystemtyps kommt es auch zu einer regelmäßigen anthropogenen Beeinflussung des Edaphons (z. B. durch Drainagen, Befahren, intensive Düngung ...)	Weinbauflächen, Intensiv Grünland, Energiewälder ...
5 naturfern	Veränderter Ökosystemtyp und intensive und regelmäßige Störung und Zerstörung des Edaphons; Zerstörung des natürlichen Bodenaufbaus.	Ackerland, Parkanlagen ...
6 sekundär Lebensraum	Veränderter Ökosystemtyp und intensive und irreversible Veränderung des Bodenaufbaus und der Landschaftsstruktur; Bodenversiegelung bis zu 30 %; natürliche Elemente in Form von Sekundärlebensräumen.	Locker verbauter Siedlungsraum, Abbaugelände ...
7 künstlich	Künstliche Flächen, Bodenversiegelung über 30 %.	Stadt, Verkehrsflächen ...

3 Ergebnisse

Für alle Indikatoren wurden flächendeckende Karten mit einer Pixelauflösung von 25 mal 25 m erstellt. Die Indikatorenberechnung für die jeweilige Untersuchungseinheit (Bezirk, Gemeinde, etc.) erfolgt – mit Ausnahme der absoluten Gefäßpflanzenvielfalt – auf Basis dieser Karten in Form des flächengewichteten Mittelwertes. Dies ermöglicht nicht nur eine relativ einfache Indikatorenberechnung für jede beliebige Untersuchungseinheit sondern erlaubt auch den Vergleich von Indikatorenwerten unterschiedlich großer Untersuchungseinheiten.

3.1 Regionalstatistische Rastereinheiten und WEB-GIS

Alle Indikatoren wurden für einheitliche $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ große Untersuchungseinheiten (ETRS-LAEA-Raster) berechnet. Die Verwendung der regionalstatistischen Rastereinheiten die, wie in den Datenspezifikationen der EU-Richtlinie INSPIRE gefordert, auf einer flächentreuen Lambert Azimutal-Projektion beruhen, ermöglichen sehr kleinräumige Vergleiche und Interpretationen. Um die Indikatoren einer möglichst breiten Nutzergruppe zur Verfügung zu stellen wurden die Daten online auf der Projekthomepage (<http://www.landnutzung.at>) in Form einer WEB-GIS Anwendung bereit gestellt.

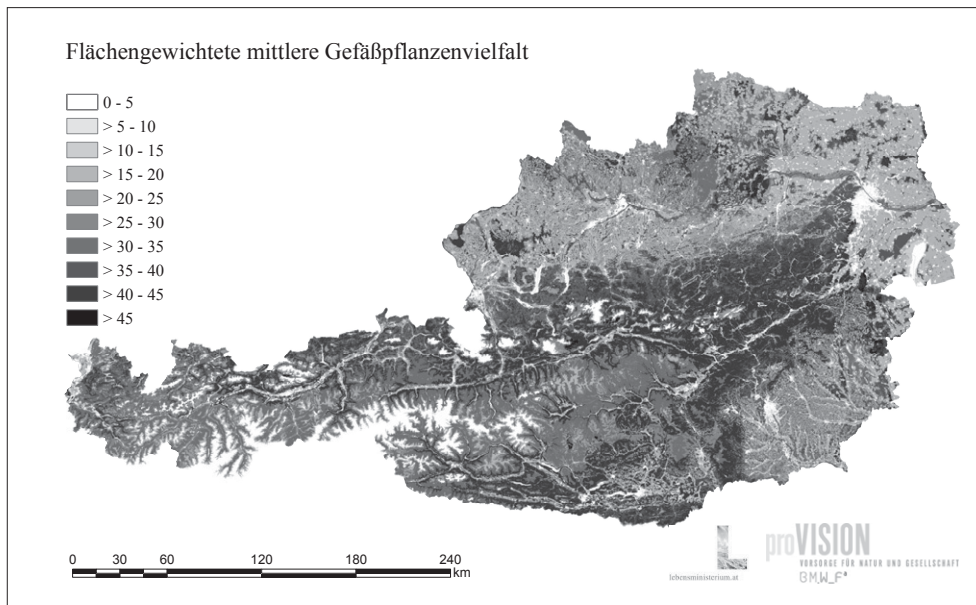


Abb. 1: Beispielkarte aus dem Indikatoren-Set Gefäßpflanzenvielfalt: Flächengewichtet mittlere Gefäßpflanzenvielfalt nach TASSER et al. 2008; verfügbar unter www.landnutzung.at

3.2 Räumliche Umweltindikatoren als Werkzeug zur Unterstützung von politischen Entscheidungsprozessen

Die hier vorgestellten Indikatoren-Sets sind ein Werkzeug, dessen Entwicklung zum Ziel hatte, Entscheidungsprozesse in Ergänzung zu bereits bestehenden nationalen und internationalen Indikatoren-Systemen zu unterstützen. Die meisten der bestehenden Biodiversitäts-Indikatoren haben die Einschränkung, dass sie zumeist auf mehr oder weniger repräsentativen Stichprobenaufnahmen beruhen und daher nur Aussagen für große Gebietseinheiten (Bundesländer) oder überhaupt nur österreichweit ermöglichen. Die Verwendung flächendeckender hoch aufgelöster Indikatorkarten und die methodische Konzeption der Indikatoren ermöglicht nicht nur sehr flexible und räumlich detaillierte Auswertungen son-

dern erlaubt auch Vergleiche über verschiedene räumliche Skalen. Das heißt, dass die Indikatoren nicht nur für administrative Raumeinheiten, wie Gemeinde, Bezirk oder Bundesland, sondern auch für jede frei wählbare Raumeinheit, wie beispielsweise einem Landwirtschaftsbetrieb oder eben für 1-km²-Rasterzellen berechnet und miteinander verglichen werden können.

Neben einer Bewertung vergangener Landnutzungsänderungen bzw. des Status quo eignen sich die entwickelten Indikatoren auch für die Bewertung von Zukunftsszenarien. Einzige Voraussetzung hierfür ist die Verwendung von modellierten Landnutzungsänderungen als Schnittstelle zu den zu bewertenden Szenarien. Auf diese Weise können die Auswirkungen zukünftiger Landnutzungsänderungen, beispielsweise in Folge veränderter politischer Rahmenbedingungen, oder auch klimabedingte Veränderungen im Zusammenhang mit Biodiversität abgeschätzt werden (vgl. RÜDISSER et al. 2011). In diesem Sinne werden die hier vorgestellten Indikatoren auch im interdisziplinären Projekt CAFEE (2011 bis 2013) verwendet. Um im Rahmen einer integrativen Analyse die Folgen des Klimawandels und den daraus resultierenden Vermeidungs- und Anpassungsmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft in Österreich abschätzen zu können, werden die aus verschiedenen Politik- und Klimaszenarien resultierenden Landnutzungsänderungen mithilfe eines Modellverbundes berechnet und unter anderem mit den hier vorgestellten Indikatoren bewertet.

Danksagung

Da für diese Studie sehr viel Geodaten unterschiedlicher Herkunft verwendet wurden, möchten wir uns bei all jenen Personen und Institution bedanken, die die Weitergabe von Geodaten unterstützt und vereinfacht haben: Martin Hölzl, Stefanie Linser und Gebhard Banko (Umweltbundesamt), Heinz Gallaun (Joanneum Research), Leopold Weber (BMWFJ), Werner Stöckl (Geologische Bundesanstalt), Caroline Pecher (EURAC) und Klemens Schadauer (BfW). Besonders bedanken möchten wir uns auch bei Rupert Lindner, Elisabeth Fischer, Elfriede Fuhrmann, Ingeborg Fiala und vielen anderen Funktionären des Lebensministeriums für Unterstützung und konstruktive Diskussionen während der Projektlaufzeit. Das Projekt "Werkzeuge für Modelle einer nachhaltigen Raumnutzung" erfolgte im Auftrag des Lebensministeriums im Rahmen des Forschungsprogrammes proVISION vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung. Pas Projekt CAFEE (Climate change in agriculture and forestry: an integrated assessment of mitigation and adaptation measures in Austria) ist eine gemeinsame Studie von BOKU, UIBK, BFW und EURAC im Auftrag des Österreichischen Klima- und Energiefonds (ACRP).

Literatur

- ALEXYOVA, L. (2011), Gefäßpflanzenvielfalt in Österreich. Master-Thesis, Universität Innsbruck, 151 S.
- ATTWOOD, S. J., MARON, M., HOUSE, A. P. & ZAMMIT, C. (2008), Do arthropod assemblages display globally consistent responses to intensified agricultural land use and management? In: *Global Ecology and Biogeography*, 17 (5), 585-599.

- CHACE, J. F. & WALSH, J. J. (2006), Urban effects on native avifauna: a review. In: *Landscape and Urban Planning*, 74 (1), 46-69.
- DEVICTOR, V. & JIGUET, F. (2007), Community richness and stability in agricultural landscapes: The importance of surrounding habitats. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120 (2-4), 179-184.
- DUELLI, P. & OBRIST, M. K. (2003), Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. In: *Basic and Applied Ecology*, 4 (2), 129-138.
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2007), SEBI 2010 biodiversity indicators – 26 „fact sheets“. EEA – European Environment Agency, Copenhagen.
- FERRARI, C., PEZZI, G., DIANI, L. & CORAZZA, M. (2008), Evaluating landscape quality with vegetation naturalness maps: an index and some inferences. In: *Applied Vegetation Science*, 11 (2), 243-250.
- GREGORIO, A. & JANSEN, L. (2000), Land Cover Classification System (LCCS), Classification concepts and user manual. FAO, Rome.
- HADDAD, N. M., BOWNE, D. R., CUNNINGHAM, A., DANIELSON, B. J., LEVEY, D. J., SARGENT, S. & SPIRA, T. (2003), Corridor used by diverse taxa. In: *Ecology*, 84 (3), 609-615.
- HENDRICKX, F., MAELFAIT, J. P., VAN WINGERDEN, W., SCHWEIGER, O., SPEELMANS, M., AVIRON, S., AUGENSTEIN, I., BILLETTER, R., BAILEY, D., BUKACEK, R., BUREL, F., DIEKOTTER, T., DIRKSEN, J., HERZOG, F., LIIRA, J., ROUBALOVA, M., VANDOMME, V. & BUGTER, R. (2007), How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. In: *Journal of Applied Ecology*, 44 (2), 340-351.
- HOLZNER, W., BOGNER, D. & MOHL, I. (2006), M O B I – e Entwicklung eines Konzeptes für ein Biodiversitäts-Monitoring in Österreich. Bericht. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 231 pp.
- HORSÁK, M., JUŘIČKOVÁ, L., KINTROVÁ, K. & HÁJEK, O. (2009), Patterns of land snail diversity over a gradient of habitat degradation: a comparison of three Czech cities. In: *Biodiversity and Conservation*, 18 (13), 3453-3466.
- HUEMER, P. & TARMANN, G. (2001), Artenvielfalt und Bewirtschaftungsintensität: Problemanalyse am Beispiel der Schmetterlinge auf Wiesen und Weiden Südtirols. In: *Gredleriana*, 1, 331-418.
- JAUKER, F., DIEKOTTER, T., SCHWARZBACH, F. & WOLTERS, V. (2009), Pollinator dispersal in an agricultural matrix: opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. In: *Landscape Ecology*, 24 (4), 547-555.
- KLEIJN, D., KOHLER, F., BALDI, A., BATARY, P., CONCEPCION, E. D., CLOUGH, Y., DIAZ, M., GABRIEL, D., HOLZSCHUH, A., KNOP, E., KOVACS, A., MARSHALL, E. J. P., TSCHARNTKE, T. & VERHULST, J. (2009), On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. In: *Proceedings Of The Royal Society B-Biological Sciences*, 276 (1658), 903-909.
- LIIRA, J., SCHMIDT, T., AAVIK, T., ARENS, P., AUGENSTEIN, I., BAILEY, D., BILLETTER, R., BUKACEK, R., BUREL, F., BLUST, G. DE, COCK, R. DE, DIRKSEN, J., EDWARDS, P. J., HAMERSKY, R., HERZOG, F., KLOTZ, S., KUHN, I., LE COEUR, D., MIKLOVA, P., ROUBALOVA, M., SCHWEIGER, O., SMULDERS, M. J., VAN WINGERDEN, W., BUGTER, R. & ZOBEL, M. (2008), Plant functional group composition and large-scale species richness in European agricultural landscapes. In: *Journal of Vegetation Science*, 19 (1), 3-14.

- MARZLUFF, J. M. (2001), Worldwide urbanization and its effects on birds. In: MARZLUFF, J. M., BOWMAN, R. & DONNELLY, R. (Eds.), *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic Publ, Boston, 19-47.
- MCKINNEY, M. (2008), Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. In: *Urban Ecosystems*, 11 (2), 161-176.
- MORA, C., TITTENSOR, D. P., ADL, S., SIMPSON, A. G. B. & WORM, B. (2011), How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? In: *PLoS Biol*, 9 (8), e1001127 EP.
- NIEDRIST, G., TASSER, E., LUTH, C., DALLA VIA, J. & TAPPEINER, U. (2009), Plant diversity declines with recent land use changes in European Alps. In: *Plant Ecology*, 202 (2), 195-210.
- OECD ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (2003), *Core Environmental Indicators. Development Measurement and Use*, Paris. 37 S.
- RÜDISSER, J., SCHÖNHART, M., SCHMID, E., SINABELL, F., TAPPEINER, U. & TASSER, E. (2011), Land use and biodiversity: an indicator-set supporting sustainable development. In: *Proceedings of the Managing Alpine Future II International Conference*.
- RÜDISSER, J. & TASSER, E. (2011), Landbedeckung Österreichs – Datenintegration und Modellierung. In: STROBL, J. et al. (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2011. Beiträge zum 23. AGIT-Symposium Salzburg*. Wichmann, Berlin/Offenbach, 579-588.
- RÜDISSER, J., TASSER, E. & TAPPEINER, U. (2012), Distance to nature – a new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. In: *Ecological Indicators*, 15 (1), 208-216.
- STEFFAN-DEWENTER, I., MUNZENBERG, U., BURGER, C., THIES, C. & TSCHARNTKE, T. (2002), Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. In: *Ecology*, 83 (5), 1421-1432.
- STEINHARDT, U., HERZOG, F., LAUSCH, A., MÜLLER, E. & LEHMANN, S., (1999), Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation, in: Pykh, Y.A., Hyatt, E.D., Lenz, R.J. (Eds.), *Environmental indices: Systems Analysis Approach. Proceedings of the First International Conference on Environmental Indices Systems Analysis Approach (INDEX-97)* St. Petersburg, Russia July 7 – 11, 1997. EOLSS, Oxford, 237-254.
- TASSER, E., STERNBACH, E. & TAPPEINER, U. (2008), Biodiversity indicators for sustainability monitoring at municipality level: An example of implementation in an alpine region. In: *Ecological Indicators*, 8, 204-223.
- UNCED – DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2007), *Indicators of sustainable development. Guidelines and methodologies*, 3. ed. United Nations, New York, 93 S.
- WHITTAKER, R. H. (1960), *Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California*. In: *Ecological Monographs*, 30, 279-338.
- ZECHMEISTER, H. G. & MOSER, D. (2001), The influence of agricultural land-use intensity on bryophyte species richness. In: *Biodiversity and Conservation*, 10 (10), 1609-1625.