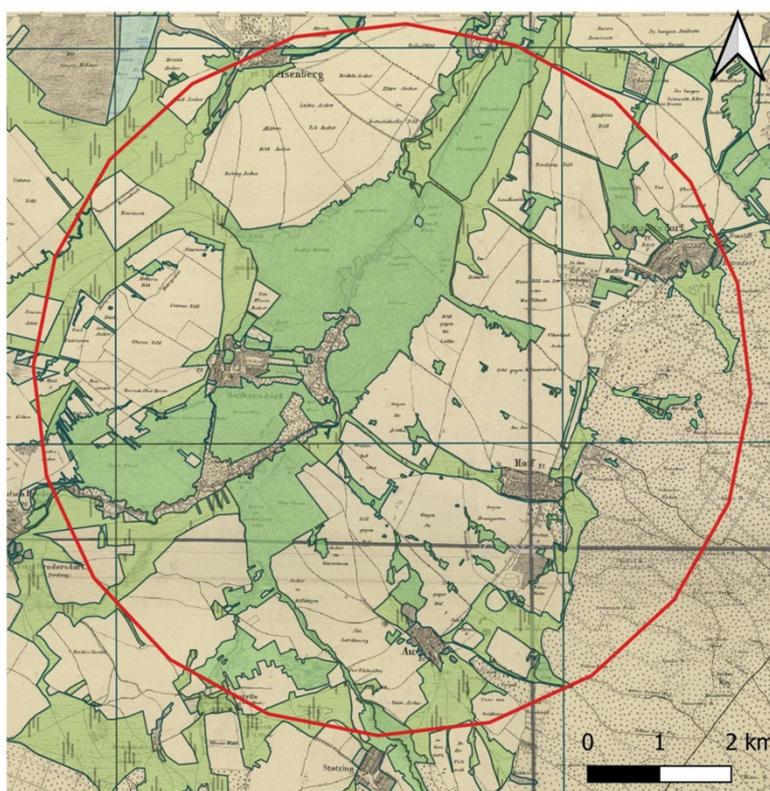


Wiederherstellung veränderter Ökosysteme zum Klima- und Artenschutz in Österreich Teil A

Endbericht, Oktober 2021



Im Auftrag von Mutter Erde

Umweltinitiative „Wir für die Welt“

Oktober 2021

Autoren

Norbert Sauberer, Tobias Schernhammer und Matthias Kogler

VINCA – Institut für Naturschutzforschung und Ökologie

Gießergasse 6/7, A-1090 Wien, Österreich

e-mail: office@vinca.at



Titelbild:

Vergleich der historischen mit der aktuellen Landnutzung in der Testregion
Seibersdorf, © VINCA

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------|
| Zusammenfassung | 2 |
| Einleitung | 3 |
| Methoden | 3–6 |
| Ergebnisse | 6–8 |
| Fallbeispiele | 8–13 |
| Prioritäre Ökosysteme und Leitarten | 13–19 |
| Diskussion | 19–23 |
| Literatur | 23–25 |

Zusammenfassung

Welche Wiederherstellungsmaßnahmen von veränderten Ökosystemen und Lebensräumen sind in Österreich zu priorisieren, um einen möglichst großen und positiven Effekt für den Klima- und gleichzeitig auch den Biodiversitätsschutz zu erzielen? Dieser zentralen Frage, die auch weltweit Gegenstand vieler Diskussionen und Überlegungen ist, widmet sich die vorliegende Studie, die von Mutter Erde beauftragt wurde.

Frage 1: Welche Ökosysteme sind besonders relevant für den Erhalt der Artenvielfalt und welchen Beitrag kann die Wiederherstellung priorisierter Ökosysteme zum Erhalt der Biodiversität leisten?

Mittels Literaturrecherche und nachfolgender Analyse lassen sich die „top nine“ der zu priorisierenden Ökosysteme und Ökosystemkomplexe herausfiltern (alphabetisch gereiht): **Auen** (inkl. naturnaher Fließgewässer), **Feuchtlebensräume allg.**, **Feuchtwiesen** und **-weiden**, **Magerwiesen** und **-weiden**, **Moore**, **Salzlebensräume**, **seltene Waldgesellschaften** (z.B. lichte Trockenwälder, Wald auf Serpentinegestein, Erlbruchwälder), **Trockenrasen** (inkl. Halbtrockenrasen und Trockengebüsche) und **Urwälder** (inkl. urwaldartiger Wälder). Alle diese Ökosysteme sind in den letzten 100 bis 150 Jahren unter massivem anthropogenem Druck geraten und leisten andererseits – trotz ihrer geringen Flächenausdehnung – einen hohen Anteil an der in Österreich vorhandenen Biodiversität. Daher kann man hier mit Wiederherstellungsmaßnahmen den höchsten Beitrag zur Sicherung der Biodiversität in Österreich leisten.

Frage 2: Welche Ökosysteme sind besonders relevant für den Klimaschutz und welchen Beitrag kann die Wiederherstellung priorisierter Ökosysteme zum Klimaschutz leisten?

Auf eine fixierte Flächengröße (also etwa auf 1 Hektar) bezogen weisen **Moore** die größte Fähigkeit zur Kohlenstoffspeicherung auf, gefolgt von **Wäldern** und extensiv genutzten **Wiesen und Weiden**. Dabei wird es immer klarer, dass naturnahe und extensiv genutzte Wiesen und Weiden bisher in ihrer Bedeutung für die Kohlenstoffspeicherung deutlich unterschätzt wurden. Je nach Bodentyp und Wasserversorgung liegen „grasslands“ beim Einlagern von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in den Boden sogar noch vor den Wäldern. Aufforstungen von „grasslands“ führen sogar überwiegend zu einem Rückgang der Kohlenstoffspeicherung im Boden. Das bedeutet, dass nicht nur Waldrodungen sondern auch Umbrüche von naturnahen Wiesen und Weiden zu einer erheblichen Mobilisierung von Kohlenstoff in die Atmosphäre führen.

Für den zweiten Teil der Frage wurde als geographischer Bezugsraum Niederösterreich gewählt, das Bundesland mit der höchsten Artenvielfalt und mit Anteilen an allen geographischen Großregionen Österreichs. Daher liefert diese Analyse exemplarische Aussagen für das gesamte österreichische Bundesgebiet. In dem vom Ackerbau dominierten östlichen Niederösterreich wurde die historische Landnutzung in elf zufällig ausgewählten Probekreisen analysiert. Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts sank der Anteil von Wiesen und Weiden im Untersuchungsgebiet von 13,5 % auf 1,3 % der Landbedeckung. Ein wesentlicher Faktor für den Umbruch der Wiesen und Weiden war die Trockenlegung (Drainagierung) der Böden. Dadurch wurde der in den verschiedenen Böden (v.a. Anmoore und Feuchtschwarzerden) gebundene Kohlenstoff in die Atmosphäre freigesetzt. Würde man nun beispielsweise die Landnutzung der Äcker, die im Bereich eines 30-jährigen Hochwassers liegen, umstellen (in Summe 6550 ha, das sind 1,6 % der Ackerbaufläche des Untersuchungsgebietes), dann könnte pro Jahr eine Reduktion der CO₂-Emissionen von mehr als 200.000 Tonnen erfolgen. Stellt man auf 44 % der (zwischen 1857 bis 1979) für ackerbauliche Zwecke entwässerten Flächen in Niederösterreich wieder die ursprüngliche Wasserversorgung her und ändert die Landnutzungsform auf eine die den Humus aufbaut (ca. 32.750 Hektar), dann würden die entsprechenden Böden von einer Kohlenstoffquelle zu einer Kohlenstoffsenke verändert, und jährlich rund 1 Million Tonnen CO₂ eingespart werden.

Die Kohlenstoffbindung der Böden ist abhängig vom Bodentyp, dem Wasserhaushalt und der Form der Landnutzung (extensive Bewirtschaftung oder komplette Nutzungsaufgabe). Da extensiv genutzte Wiesen und Weiden Ökosysteme mit hoher Biodiversität sind und zudem viele gefährdete Arten vorkommen, sollte hier (neben der Wiederherstellung von Auen und Mooren) der Schwerpunkt gesetzt werden. Für den Klimaschutz als auch gleichzeitig für den Biodiversitätsschutz hat das Schließen von Drainagen und die Wiedervernäsung von Böden das größte Potenzial. Je nach wiederhergestellten Lebensraumtyp ist dabei eine extensive Nutzung sinnvoll (Wiesen und Weiden) oder nicht sinnvoll (Hoch- und Übergangsmoore).

Einleitung

Klima- und Biodiversitätskrise sind unmittelbar miteinander verknüpft und so stellt sich immer dringlicher die Frage nach besonders effizienten Maßnahmen die diesen negativen Trends entgegengesetzt werden können. Landfläche ist begrenzt und sie kann sehr unterschiedliche Funktionen erfüllen. Ein Extremfall ist etwa eine Autobahn die ausschließlich der raschen menschlichen Fortbewegung dient – also monofunktional ist – und sich dementsprechend negativ auf Biodiversität und Klima auswirkt. Als anderes Extrem können beispielsweise Quellschutzgebiete für die Wasserversorgung genannt werden, die ausgesprochen multifunktional sind, denn sie dienen dem Klima- und Biodiversitätsschutz in gleicher Weise und erfüllen zudem zahlreiche weitere wichtige Funktionen für den Menschen (Wasserversorgung, Erholungsnutzung, extensive Beweidung in Teilbereichen, Holzentnahme etc.).

Priorisierungsstudien für den Biodiversitätsschutz setzten weltweit vor etwa 30 Jahren ein (z.B. Bibby et al. 1992, Prendergast et al. 1993) und mittlerweile existiert eine fast unüberschaubare Vielfalt an Studien und Ergebnissen (z.B. Strassburg et al. 2020). Seltener werden Biodiversitäts- und Klimaschutz gemeinsam betrachtet (vgl. jedoch Essl & Rabitsch 2013). Die Notwendigkeit von restaurationsökologischen Maßnahmen, damit Ziele im Biodiversitäts- UND Klimaschutz überhaupt erreicht werden können, hat dramatisch mit dem Verlust naturnaher Lebensräume und mit der zunehmenden Versiegelung der Böden zugenommen.

Im Februar 2020 wurde daher von Mutter Erde, Umweltinitiative „Wir für die Welt“ ein entsprechender Studienauftrag erteilt. Die zu bearbeitenden Fragestellungen entwickelten sich aus Vorgesprächen der NGOs Global 2000 und Naturschutzbund Österreich mit dem Projektteam von Mutter Erde.

Der Auftrag enthält zwei unterschiedliche Themenbereiche, die in getrennten Berichten dargestellt werden. Der vorliegende Teil A widmet sich der folgenden Frage: „Welche Wiederherstellungsmaßnahmen [von Ökosystemen] sind in Österreich zu priorisieren um einen möglichst positiven Effekt für den Klima- UND den Biodiversitätsschutz zu erreichen?“

Insbesondere wurden die folgenden Fragestellungen bearbeitet:

1. Welche Ökosysteme sind in Niederösterreich bzw. Österreich besonders relevant für den Erhalt der Artenvielfalt und welchen Beitrag kann die Wiederherstellung priorisierter Ökosysteme zum Erhalt der Biodiversität leisten?
2. Welche Ökosysteme sind in Niederösterreich bzw. Österreich besonders relevant für den Klimaschutz und welchen Beitrag kann die Wiederherstellung priorisierter Ökosysteme zum Klimaschutz leisten?

Methoden

Fragestellung 1

Da zeit- und kostenintensive Freilandarbeiten im Rahmen dieser Studie nicht machbar waren, wird diese Frage mittels einer Literaturanalyse und anhand theoretischer Überlegungen beantwortet.

Auf die Frage, welche Ökosysteme bzw. Lebensräume besonders relevant für den Erhalt der Artenvielfalt in Österreich sind, wurde als Grundlage v.a. die österreichische Biotoptypenliste (Essl et al. 2002, 2004, 2008, Traxler et al. 2005) verwendet und überarbeitet. Dabei wurde die große Fülle an Biotoptypen zu vereinfachten übergeordneten Kategorien zusammengefasst, sodass daraus allgemein verständliche Lebensraumbezeichnungen generiert werden konnten. Um die Vorgangsweise zu demonstrieren, sind in **Tab. 1** gefährdete Wald- und Gebüschgesellschaften zusammengestellt, die entweder den **Auen**, den **Mooren** oder der Sammelbezeichnung **seltene Waldgesellschaften** zugeordnet wurden.

Da alle Lebensräume und Arten zur Gesamtbiodiversität von Österreich beitragen, wurden diejenigen Lebensräume am höchsten gereiht, die österreichweit in unterschiedlichem Ausmaß gefährdet sind.

Tab. 1: Gefährdete Wald- und Gebüschbiotoptypen (mit Angabe des österreichweiten Gefährdungsgrads und der Kennung nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie soweit hier gelistet), die entweder den **Auen**, den **Mooren** oder den **seltene Waldgesellschaften** zugeordnet wurden. Gefährdungskategorien: 1 = von vollständiger Vernichtung bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet.

| Name des Biotoptyps nach Essl et al. 2002 | RL | FFH | Zuordnung |
|---|----|------|----------------------------|
| Lavendelweiden-Sanddorngebüsch | 1 | 3240 | Auen |
| Mandelweiden-Korbweidengebüsch | 1 | 91E0 | Auen |
| Schwarzpappelauwald | 1 | 91F0 | Auen |
| Steppenwald | 1 | 91I0 | seltene Waldgesellschaften |
| Weiden-Tamarisken-Gebüsch | 1 | 3230 | Auen |
| Birkenmoorwald | 2 | 91D0 | Moore |
| Bodensaurer Eichenwald | 2 | | seltene Waldgesellschaften |
| Eichen-Ulmen-Eschen-Auwald | 2 | 91F0 | Auen |
| Erlenbruch- und -sumpfwald | 2 | | seltene Waldgesellschaften |
| Illyrischer, sub- bis tiefmontaner Buchenwald | 2 | | seltene Waldgesellschaften |
| Mitteuropäischer und illyrischer bodenfeuchter Eichen-Hainbuchenwald | 2 | 9160 | seltene Waldgesellschaften |
| Mitteuropäischer und illyrischer bodentrockener Eichen-Hainbuchenwald | 2 | 9170 | seltene Waldgesellschaften |
| Mullbraunerde-Buchenwald | 2 | 9130 | seltene Waldgesellschaften |
| Rotföhrenmoorwald | 2 | 91D0 | Moore |
| Rotföhren-Trockenauwald | 2 | | Auen |
| Serpentin-Rotföhrenwald | 2 | | seltene Waldgesellschaften |
| Sub- bis tiefmontaner bodensaurer Buchenwald | 2 | 9110 | seltene Waldgesellschaften |
| Thermophiler bodensaurer Eichenmischwald auf Lockersediment | 2 | | seltene Waldgesellschaften |
| Weidenauwald | 2 | 91E0 | Auen |
| Weidenpioniergebüsch | 2 | 3240 | Auen |
| Ahorn-Eschenauwald | 3 | | seltene Waldgesellschaften |
| Ahorn-Eschen-Edellaubwald | 3 | 9180 | seltene Waldgesellschaften |
| Bodensaurer Rotföhrenwald | 3 | | seltene Waldgesellschaften |
| Edelkastanienreicher Mischwald | 3 | 9260 | seltene Waldgesellschaften |
| Fichtenuwald | 3 | | Auen |
| Fichtenmoorwald | 3 | 91D0 | Moore |
| Flaumeichenwald | 3 | 91H0 | seltene Waldgesellschaften |
| Grauerlenauwald | 3 | 91E0 | Auen |
| Hochmontaner Buchenwald | 3 | 9130 | seltene Waldgesellschaften |
| Hopfenbuchenmischwald | 3 | | seltene Waldgesellschaften |
| Karbonat-Lärchen-Zirbenwald | 3 | 9420 | seltene Waldgesellschaften |
| Karbonatschutt-Fichten-Tannen-Buchenwald | 3 | 9130 | seltene Waldgesellschaften |
| Latschen- und Spirkenhochmoor | 3 | 91D0 | Moore |
| Lehm-Fichten-Tannen-Buchenwald | 3 | 9130 | seltene Waldgesellschaften |
| Lindenreicher Edellaubwald | 3 | 9180 | seltene Waldgesellschaften |
| Mesophiler Kalk-Buchenwald | 3 | 9130 | seltene Waldgesellschaften |
| Nasser bodenbasischer Fichten- und Fichten-Tannenwald | 3 | 9410 | seltene Waldgesellschaften |
| Nasser bodensaurer Fichten- und Fichten-Tannenwald | 3 | 9410 | seltene Waldgesellschaften |
| Quirl-Eschenauwald | 3 | 91F0 | Auen |
| Schwarzerlen-Eschenauwald | 3 | 91E0 | Auen |
| Schwarzföhrenwald des Alpenostrandes | 3 | 9530 | seltene Waldgesellschaften |
| Silberpappelauwald | 3 | 91F0 | Auen |
| Silikat-Lärchen-Zirbenwald | 3 | 9420 | seltene Waldgesellschaften |
| Strauchweidenbruch- und -sumpfwald | 3 | | seltene Waldgesellschaften |
| Subpannonischer bodenfeuchter Eichen-Hainbuchenwald | 3 | 91G0 | seltene Waldgesellschaften |
| Subpannonischer bodentrockener Eichen-Hainbuchenwald | 3 | 91G0 | seltene Waldgesellschaften |
| Thermophiler bodensaurer Eichenmischwald auf Festgestein | 3 | | seltene Waldgesellschaften |
| Thermophiler Kalk-Buchenwald | 3 | 9150 | seltene Waldgesellschaften |

Fragestellung 2

Der erste Teil der Frage wird durch Literaturrecherche beantwortet. Im zweiten Teil erfolgt eine Analyse mit den folgenden Arbeitsschritten:

- i. Zufallsauswahl von 11 Probeflächen (Zufallspunkte mit einem umgebenden Radius von 5 km) in den vom Ackerbau geprägten Regionen Niederösterreichs (**Abb. 1**)
- ii. Erfassung (Digitalisierung) der historischen Landnutzung
- iii. Analyse der aktuellen Landnutzung
- iv. Berechnung von CO₂-Einsparungspotenzialen bei unterschiedlichen Formen der Landnutzung
- v. Analyse von Synergieeffekten und Optionen der Wiederherstellung von Lebensräumen, die gleichermaßen für Biodiversitäts- und Klimaschutz prioritär sind

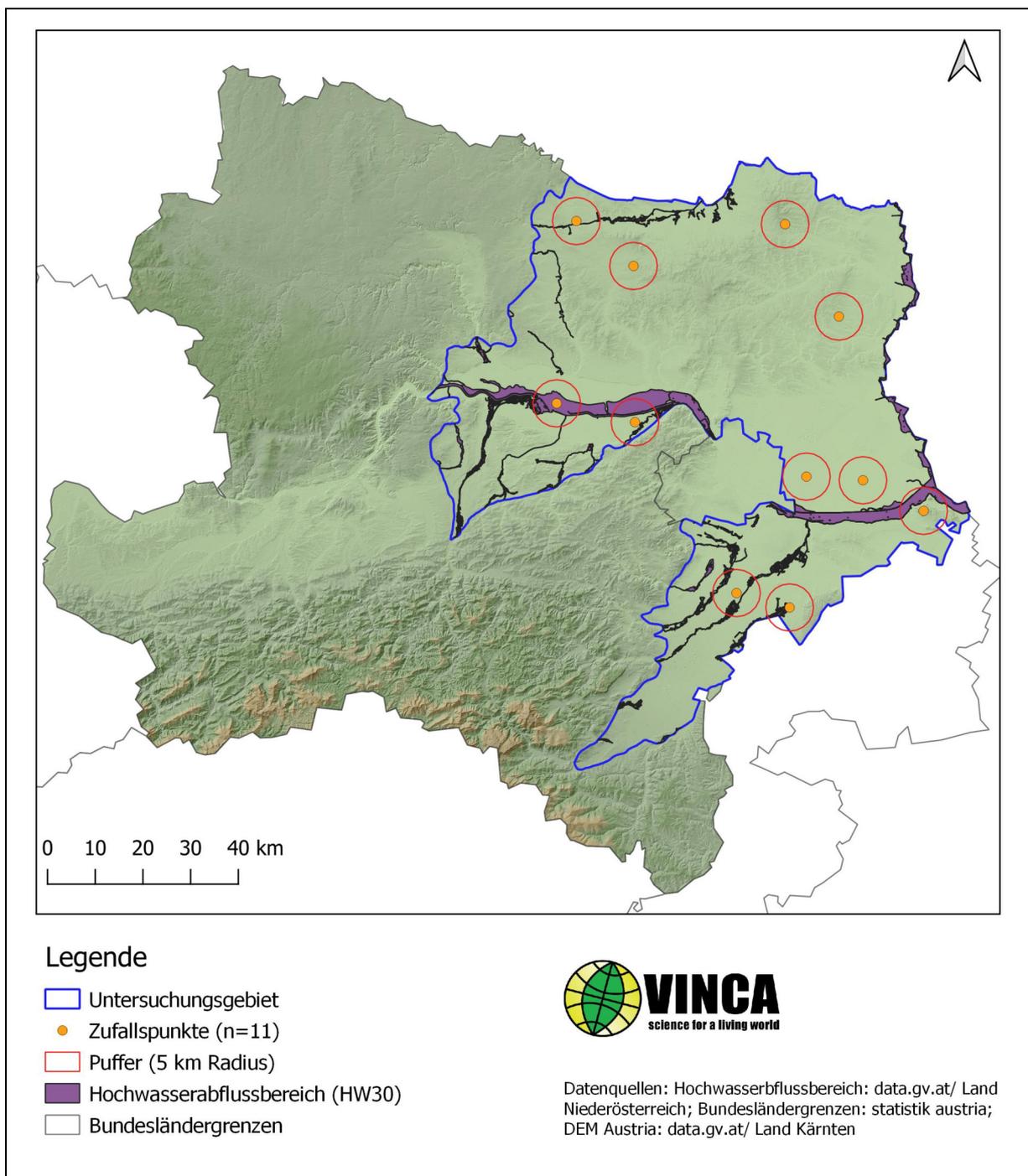


Abb. 1: Lage der Zufallsauswahl der elf Probeflächen mit den Hochwasserabflussbereichen bei HQ30.

Die folgenden Datengrundlagen wurden für Fragestellung 2 verwendet:

- Agrarmarkt Austria 2020: INVEKOS Feldstücke Österreich 2020 & INVEKOS Schläge 2020, heruntergeladen via www.data.gv.at
- NÖ Landesbibliothek: Die Administrativkarte von Niederösterreich 1867–1882 heruntergeladen via www.bibliothekskatalog.noel.gv.at
- Land Niederösterreich 2021: Hochwasserabflussbereiche (HW₃₀) des Land Niederösterreich, heruntergeladen via www.data.gv.at
- Messergebnisse der Treibhausgasbilanzen verschiedener Bodennutzungstypen in Drösler et al. (2011)

Ergebnisse

Fragestellung 1

Der Artenreichtum eines spezifischen Lebensraums schwankt je nach der betrachteten Organismengruppe (Sauberer et al. 2008). So gibt es beispielsweise in totholzreichen Natur- und Urwäldern zwar spezifische Pilz- und Tierarten, aber keine einzige urwaldtypische Blütenpflanzenart (Sauberer et al. 2007). Eine detaillierte Untersuchung zum Thema Artenreichtum in den unterschiedlichen Lebensräumen für alle Organismengruppen liegt bisher nicht vor. Für die Sicherung der Biodiversität in Österreich ist aber folgerichtig die Erhaltung ALLER Ökosysteme bzw. Lebensräume notwendig (vgl. Kapitel Diskussion). Eine Priorisierung ergibt sich aufgrund der Gefährdungseinstufung der Lebensräume. Aufgrund dieser Analyse lassen sich die „top nine“ herausfiltern (alphabetisch gereiht): **Auen** (inkl. naturnaher Fließgewässer), **Feuchtlebensräume allg.** (z.B. Schilf, Seggenriede, Sümpfe), **Feuchtwiesen und -weiden**, **Magerwiesen und -weiden**, **Moore**, **Salzlebensräume**, **seltene Waldgesellschaften** (z.B. lichte Trockenwälder, Wald auf Serpentinegestein, Erlenbruchwälder), **Trockenrasen** (inkl. Halbtrockenrasen und Trockengebüsche) und **Urwälder** (inkl. urwaldartiger Wälder). Alle diese Ökosysteme und Ökosystemkomplexe sind in den letzten 100 bis 150 Jahren unter massivem anthropogenem Druck geraten und leisten andererseits einen hohen Anteil an der in Österreich vorhandenen Biodiversität. Daher kann man hier mit restaurationsökologischen Maßnahmen den höchsten Beitrag zum Erhalt der Biodiversität leisten.

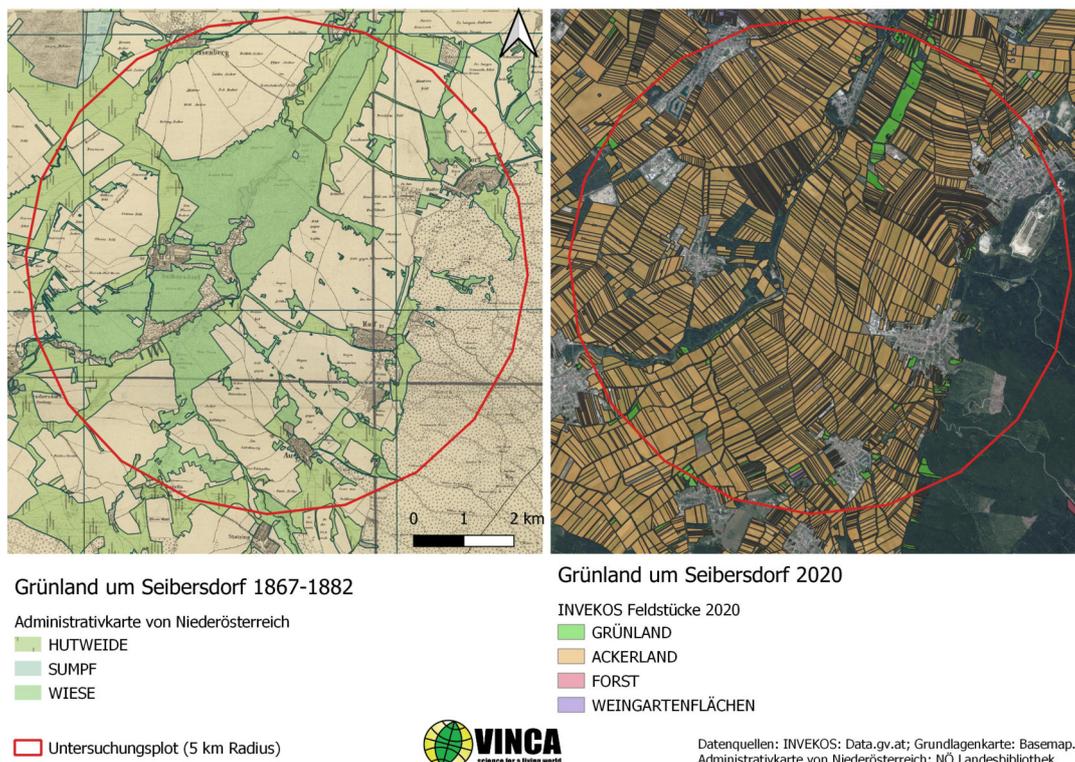


Abb. 2: Verlust des Graslands (Wiesen und Weiden) in der Probefläche Seibersdorf.

Fragestellung 2

Auf die Frage welche Lebensräume besonders relevant für den Klimaschutz sind, zeigt die Literaturrecherche (siehe Kapitel Diskussion und die dort angeführten Zitate), dass nach den **Mooren**, die auf eine bestimmte Flächengröße bezogen die größte Fähigkeit zur Kohlenstoffspeicherung aufweisen, **Wälder** und **Grasländer** faktisch gleichauf liegen und damit dieselbe Bedeutung haben.

Welchen Beitrag können nun priorisierte Lebensräume für den Klimaschutz erfüllen? Um dies quantitativ abschätzen zu können wird die historische mit der aktuellen Landnutzung verglichen, Synergieeffekte werden evaluiert und CO₂-Einsparungspotenziale berechnet.

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts sank der Anteil von landwirtschaftlich genutztem Grasland (Wiesen und Weiden) im Untersuchungsgebiet von **13,5 % auf 1,3 %** der Landbedeckung. Beispielhaft dafür ist etwa die Zufallsfläche mit der Gemeinde Seibersdorf im Zentrum (**Abb. 2**).

Tab. 2: Jährliche CO₂-Einsparungspotenziale durch Änderungen der Landnutzung in den HQ30-Bereichen des Untersuchungsgebietes. Kalkulation auf Basis der Messergebnisse in Drösler et al. (2011).

| Nutzungstyp | Kohlenstoffbindung in Tonnen |
|----------------------------------|------------------------------|
| nicht genutzt nass min | 121.063 |
| nicht genutzt nass mittel | 199.591 |
| nicht genutzt nass max | 249.325 |
| Grasland nass extensiv min | 54.969 |
| Grasland nass extensiv mittel | 153.783 |
| Grasland nass extensiv max | 220.532 |
| Grasland allg extensiv min | 10.143 |
| Grasland allg extensiv mittel | 113.865 |
| Grasland allg extensiv max | 172.761 |
| Grasland trocken extensiv min | 34.683 |
| Grasland trocken extensiv mittel | 73.947 |
| Grasland trocken extensiv max | 124.990 |

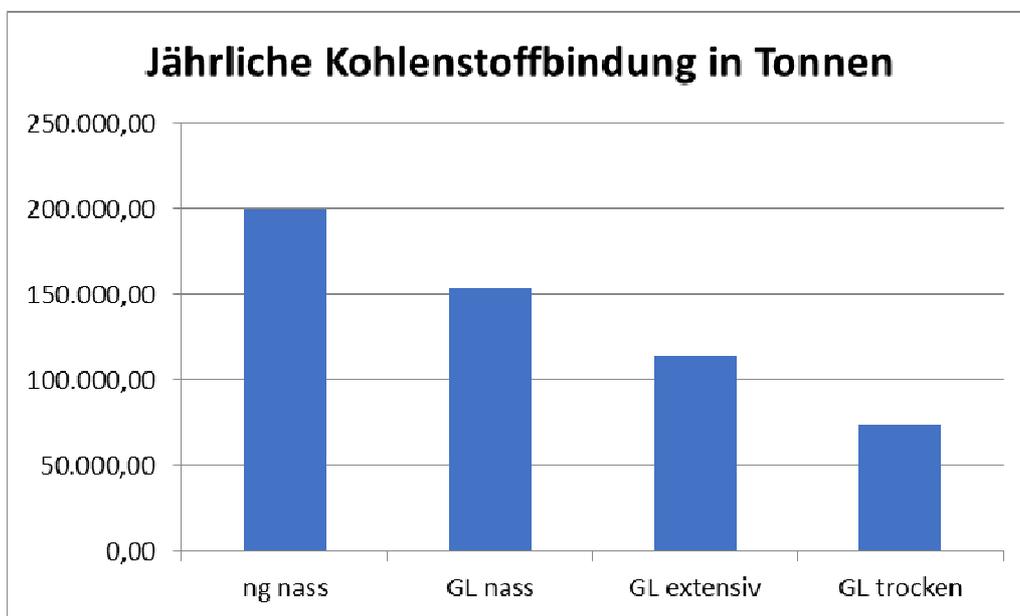


Abb. 3: Mittelwerte der Kohlenstoffbindung bei Landnutzungsänderung von Ackerland in den Überschwemmungsbereichen (HQ30) des Untersuchungsgebietes in Wiesen und Weiden bzw. in „Wildnis“. ng nass = eine Nutzung unterbleibt vollkommen; GL nass = Grasland nass, Nutzung extensiv; GL extensiv = Grasland mit wechselnder Wasserversorgung, Nutzung extensiv; GL trocken = Grasland trocken, Nutzung extensiv.

Wandelt man nun einen Teil der derzeit landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen in Wälder (Auen), Gebüsche, nicht genutzte Feuchtgebiete und/oder in extensiv genutztes Grasland (Wiesen

und Weiden) um, dann ergäben sich enorme Potenziale für die Kohlenstoffspeicherung im Boden. Die Multifunktionalität von Feuchtgebieten und Synergieeffekte berücksichtigend würden sich dabei die Hochwasserbereiche (HQ30) und/oder drainierte Flächen am besten eignen. Im Untersuchungsgebiet sind derzeit ca. 6550 ha der HQ30-Bereiche ackerbaulich genutzt (das sind 1,6 % der Ackerbaufläche des Untersuchungsgebietes). Eine Umstellung der Landnutzung würde diese Flächen von einer Kohlenstoffquelle zu einem Kohlenstoffspeicher transformieren. Abhängig von der nachfolgenden Nutzung und der Wasserversorgung schwankt dabei das unmittelbare Einsparungspotenzial der Kohlenstoffemissionen im Mittel von ca. 74.000 Tonnen bis knapp 200.000 Tonnen pro Jahr (Tab. 2, Abb. 3). Dabei sind aber andere positive Auswirkungen (passiver Hochwasserschutz, Hebung des Grundwasserspiegels, Kühlung in den heißer werdenden Sommermonaten und der Biodiversitätsschutz) bzw. zusätzliche CO₂-Einsparungspotenziale durch verkürzte Transportwege oder eine reduzierte externe Futterproduktion noch gar nicht miteingerechnet. Die relativ großen Schwankungsbereiche bei der Fähigkeit von Böden Kohlenstoff zu speichern, beruhen auf der Vielfalt und Bandbreite von Bodenformen und Wasserversorgung (Wiesmaier et al. 2015). So verlieren tiefgründige, lehmreichere Böden beim Ackerbau deutlich weniger Kohlenstoff als andere Bodentypen.

Fallbeispiele

Worst case Scenario

Das südliche Tullnerfeld war noch im 19. Jahrhundert von ausgedehnten Feucht- und Moorwiesen geprägt. Das 760 ha große Sumpfwiesengebiet westlich von Langenrohr wurde in den 1930er-Jahren trockengelegt (Abb. 3).

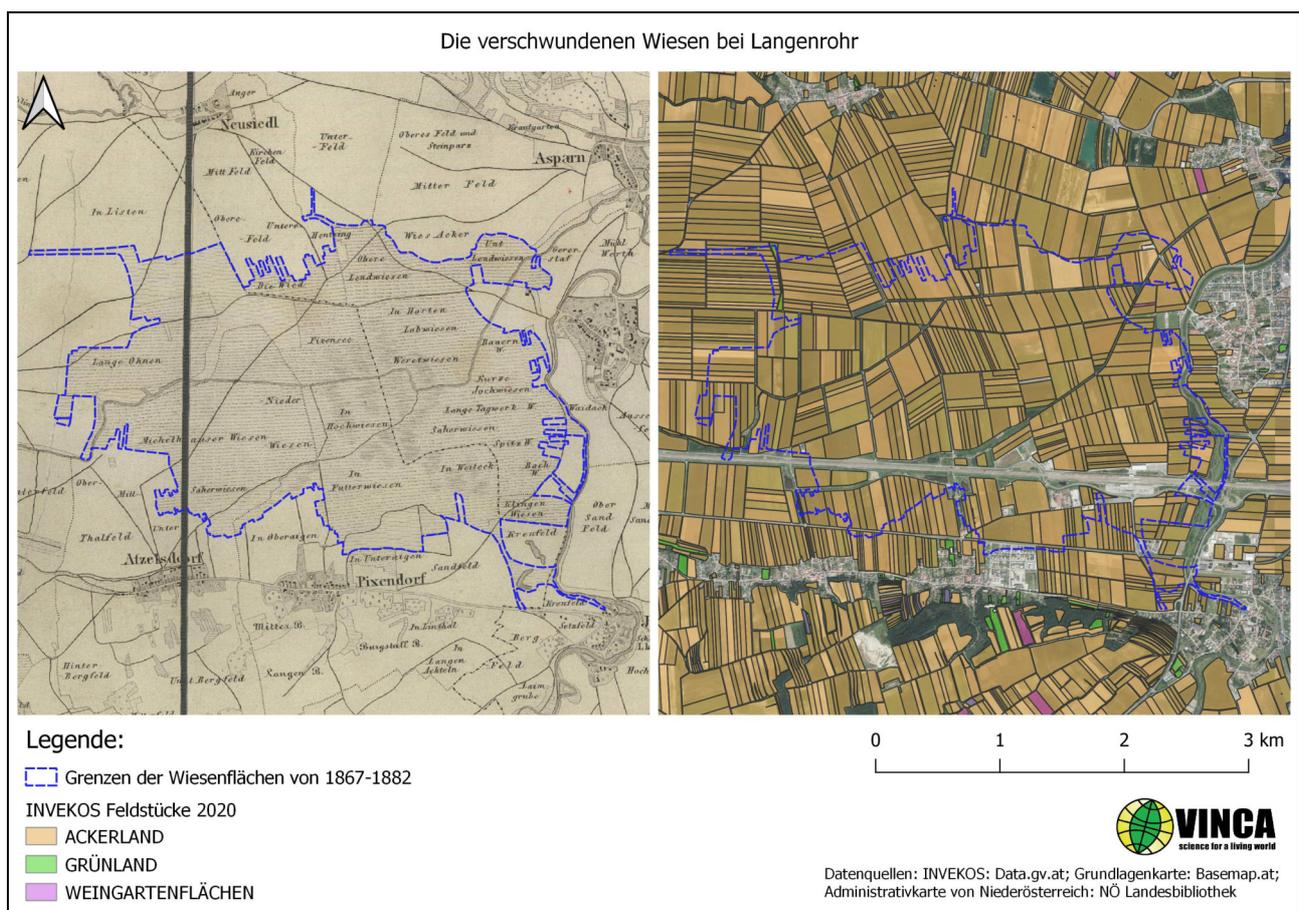


Abb. 3: Kompletter Verlust des Graslands (Wiesen und Weiden) bei Langenrohr im Tullner Feld im Laufe des 20. Jahrhunderts.

Das Brüderpaar Pircher beschreibt im Jahr 1935 wie es vor dem Untergang dieser Welt der Sumpfwiesen bei Langenrohr ausgeschaut hat und zugegangen ist:

Ein paar Tage drauf mischt sich einmal in den Lerchensang und Kiebitzschrei ein heller Ruf, den man kilometerweit vernimmt: „tuiit – tuiit!“, klingend wie Querpfeifengetön, von eigen süßer Klangfarbe, kündend, daß nun auch wieder der Große Brachvogel im Lande ist, der „Gogl“ oder der „Hoadschneppf“, der scheue, für den Jäger schier unerreichbare, große gelbgraue Vogel aus der Verwandtschaft der Schnepfen, wie schon der Volksmund richtig andeutet, mit den hohen Ständern und dem ibisartig gebogenen langen Stecher. [...] Die ungeheure Himmelsglocke unseres Tullnerfeldes ward bleich und bleicher, die Sterne erblaßten, von Osten herauf hob sich ein taufarbener Streif, der mählich sich blaßgrün färbte. Ein Wachtelschlag erwachte, irgendwo ein zweiter, wieder einer. [...] Die Rebhähne begannen zu locken, der seltsame Ruf des Wachtelkönigs: „ätsch – ätsch“ – der schier die ganze lichte Sommernacht durchwacht hatte, klingt auch noch immer dazwischen. Und während sich der grüne Streif am Osthimmel rötet und emporwächst, beginnen irgendwo in dem taudurchzitterten ungeheuren Himmelsraum die Silberglöckchen des ersten Lerchenliedes aufzujubeln. [...] Fronleichnam war die Zeit des Abschiedes von diesem wundervollen Garten Gottes. Die Sense kam und sang ihm das Sterbelied. Es war einstmals eine festliche Zeit für die Orte, die an diesem Wiesenlande Anteil hatten, ähnlich etwa, wie die Zeit der Weinlese im Weinland. Gute Mähder waren gesucht, wurden gut bewirtet und gut bezahlt, und gute Mähder waren stolz! Lang vor dem ersten Rebhahnruft und Wachtelschlag standen sie draußen in der Wiesenweite, den Korb mit dem Zwiemandel voll guten Trunks und dem Frühstück, dem das Fleisch keineswegs ermangelte, unter den Grauweidenbüschen wohlgeborgen, hinten am Hosenriemen den Kimpfel mit dem Wetzstein, seitwärts hineingestrickt den Tabaksbeutel. Es war in der ersten, höchstens in der zweiten Stunde nach Mitternacht, daß eben gerade der Tau gefallen war, da huben die Sensen an zu singen in der durchsichtigen Sommernacht, von Langenrohr bis Rust, von Atzelsdorf bis Neusiedl, ausgenommen die Gebiete, die etwa gar zu tief im Wasser standen.

Mitte der 1960er-Jahre wurden die letzten dieser Feuchtgebiete des Tullner Felds, die im Bereich zwischen den Ortschaften Tulbing, Chorherrn und Nitzing lagen, trockengelegt und die verbliebenen Wiesen umgebrochen (Jurasky 1965). Hier waren auch die letzten Brutpaare des Großen Brachvogels im Tullner Feld anzutreffen. Mit der Trockenlegung dieser letzten Feuchtwiesen sind im Tullner Feld alle Niedermoore, Feuchtwiesen und Sümpfe restlos zerstört worden. Der erfolgreichen Kommassierung im Tullner Feld wurde ein Denkmal gesetzt (**Abb. 4**).



Abb. 4: Das Kommassierungs-Denkmal in Tulln an der Donau. © Norbert Sauberer.

Best case Scenario

Das Niedermoor- und Feuchtwiesengebiet **Herrngras – Jesuitenbachursprung** (Gemeinde Moosbrunn) ist ein Zentrum der biologischen Vielfalt in Österreich. Es stellt eines der Kerngebiete des Europaschutzgebiets Feuchte Ebene-Leithaaunen dar und befindet sich zum überwiegenden Teil im Besitz des ORF. Es gibt kaum einen anderen Ort in Niederösterreich mit einer so hohen Anzahl höchstrangigen Schutzgütern, dies gilt sowohl hinsichtlich der FFH-Richtlinie, als auch hinsichtlich der Handlungsprioritäten des Landes Niederösterreich.

An Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie sind zu nennen:

- Moor-Wiesenvögelchen (*Coenonympha oedippus*, FFH-Kennziffer 1071) (**Abb. 5**)
- Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea nausithous*, FFH-Kennziffer 6179) (**Abb. 6**)
- Sumpf-Gladiole (*Gladiolus palustris*, FFH-Kennziffer 4096) (**Abb. 7**)
- Bauchige Windelschnecke (*Vertigo moulinsiana*, FFH-Kennziffer 1016)

An Arten der Vogelschutzrichtlinie sind u.a. zu nennen:

- Wachtelkönig (*Crex crex*)
- Großer Brachvogel (*Numenius arquata*)
- Sumpfohreule (*Asio flammeus*)



Abb. 5: Das Moor-Wiesenvögelchen (*Coenonympha oedippus*) kommt in Österreich nur an je einem Fundort in Vorarlberg (Rheintal) und in Niederösterreich (Moosbrunn: Herrngras) vor. © Norbert Sauberer.

An Arten mit höchster oder hoher Handlungspriorität nach dem Konzept des Landes NÖ sind u.a. zu nennen:

- Dickwurzel-Löffelkraut (*Cochlearia macrorrhiza*)
- Gefärbtes Laichkraut (*Potamogeton coloratus*)
- Duft-Lauch (*Allium suaveolens*)
- Farnblatt-Schafgarbe (*Achillea asplenifolia*)
- Lungen-Enzian (*Gentiana pneumonanthe*) (**Abb. 8**)
- Hundsfisch (*Umbra cramerii*)
- Große Wiesenvögelchen (*Coenonympha tullia*)

An Lebensräumen nach dem Anhang I der FFH-Richtlinie sind v.a. zu nennen:

- LRT 7210* Kalkreiche Niedermoore mit *Cladium mariscus* und Arten von *Caricion davallianae*
- LRT 7230 Kalkreiche Niedermoore
- LRT 6410 Pfeifengraswiesen auf kalkreichem Boden, torfigen und tonig-schluffigen Böden (*Molinion caeruleae*) (**Abb. 9**)



Abb. 6: Der Dunkle Wiesenknopf-Ameisenbläuling (*Maculinea nausithous*) ist eine hochspezialisierte Schmetterlingsart und legt seine Eier auf dem Großen Wiesenknopf ab. © Norbert Sauberer.



Abb. 7: Die Sumpf-Gladiole (*Gladiolus palustris*), eine europaweit geschützte Art, hat ihren Schwerpunkt in Pfeifengraswiesen. © Norbert Sauberer.



Abb. 8: Der Lungenenzian (*Gentiana pneumonanthe*) ist eine österreichweit stark gefährdete Art der mageren Feuchtwiesen. 7.9.2021, © Norbert Sauberer.



Abb. 9: Eine typische Pfeifengraswiese im Herrngras mit dem stark gefährdeten Duft-Lauch (*Allium suaveolens*). 7.9.2021, © Norbert Sauberer.

Mehr als 50 in Österreich gefährdete Blütenpflanzenarten wurden im Herrngras bereits nachgewiesen. Das Herrngras ist zudem ein wichtiger Lebensraum für viele Amphibien und Reptilien. Die Quellgewässer sind bisher nur unzureichend wissenschaftlich untersucht, beherbergen aber eine Vielzahl sehr seltener Tier- und Pflanzenarten.

Das Herrngras ist trotz dem Abbau von Torf zwischen dem 19. bis 20. Jahrhundert für die örtliche Glasfabrik ein überaus wertvolles Ökosystem geblieben. Wichtig ist die weitgehend unveränderte

Grundwasserversorgung, daher wird weiterhin Moorboden gebildet. Der zweite wichtige Grund sind die hier errichteten Kurzwellensendeanlagen des ORF. Da diese Anlagen, die früher noch zahlreicher im Gelände verstreut lagen, immer gut erreichbar sein müssen, war und ist die Wiesenmahd die wesentliche Nutzungsart im Gebiet.

Prioritäre Ökosysteme und Leitarten

Einige prioritäre Ökosysteme und Leitarten werden vorgestellt, die als exemplarisch für restaurationsökologische Maßnahmen herangezogen werden können.

Hochmoore

Hochmoore werden von Torfmoosen aufgebaut, die mit ihren Zellen große Mengen an Wasser speichern können. Dadurch wird ein vom Grundwasserstand unabhängiger, „mooreigener“ Wasserspiegel aufgebaut. Hochmoore sind meist „uhrglasförmig“ aufgewölbt und bilden am Rand einen eigenen Vorfluter (Randgraben) aus. Die Pflanzenwelt der Hochmoore besteht zu einem hohen Grad aus Spezialisten, die mit diesen nährstoffarmen Bedingungen gut zurechtkommen. Daher gibt es viele Arten, die mit Pilzen in Symbiose leben (z.B. Erikagewächse) oder auch Arten mit Mechanismen zum Fang von Insekten (Sonnentau). Auch in der Tierwelt gibt es eine Vielzahl hochspezialisierter Arten, die teilweise nur in diesem Lebensraum zu finden sind.

Ein Hochmoor mit einer Mächtigkeit von 5 Metern, was durchaus bei etlichen österreichischen Hochmooren zutreffen kann, speichert auf einem Hektar rund 1500 Tonnen Kohlenstoff, das wären ca. 40 LKW-Ladungen (Niedermair et al. 2011). Das ist der Top-Rang unter allen Lebensräumen, die als Kohlenstoffsinken gelten. Leider gibt es nur wenige Regionen und Gegenden in Österreich wo eine Hochmoorbildung überhaupt möglich ist, da diese an bestimmte geologische und klimatische Bedingungen geknüpft ist (vgl. Steiner 2005). So benötigen Hochmoore ausreichend Niederschläge und geringe Verdunstungsraten. Zudem haben die Menschen die meisten Hochmoore abgetorft und/oder entwässert (**Abb. 10**). Dies führte zu einer starken Abnahme der Moorfläche in den letzten Jahrhunderten (Succow & Joosten 2001). Durch Revitalisierung können aber Hochmoore wieder ihre Kohlenstoffsinkenfunktion erfüllen, wenn entsprechende wasserbauliche Maßnahmen auf lokaler Ebene gesetzt werden.



Abb. 10: Ein durch Abtorfung und Entwässerung weitgehend zerstörtes Hochmoor in Spielberg (Waldviertel). 4.7.2018, © Norbert Sauberer.

Niedermoore

Niedermoore entstehen dort wo Grund- bzw. Quellwasser das gesamte Jahr über oberflächennah anströmt (**Abb. 11**). Da sich Niedermoore im Gegensatz zu Hochmooren nicht aufwölben, werden sie auch als Flachmoore bezeichnet. Niedermoore können beträchtliche Humushorizonte aufbauen und sind so bedeutende Kohlenstoffspeicher. In Moosbrunn wurden die Niedermoortorfe im 19. Jahrhundert abgetorft und als Brennmaterial für die örtliche Glasfabrik genutzt. Da das aus dem Untergrund tretende Wasser das ganze Jahr über fast die gleiche Temperatur hat, wird der Lebensraum Niedermoor im Sommer gekühlt und im Winter bleibt er vergleichsweise wärmer als die Umgebung. Da diese Grundwasseraustritte oft über Jahrhunderte oder sogar Jahrtausende unverändert bleiben, sind Niedermoore überaus stabile Lebensräume, solange die Menschen nicht in den Wasserhaushalt eingreifen. Niedermoore im pannonischen Raum sind besonders interessant, da sich hier etliche Eiszeitrelikte halten konnten. Arten, die während der Eiszeiten auch die Ebenen besiedelten, verschwanden dort wieder mit Ausnahme dieser speziellen, sommerlich gekühlten Lebensräume. So finden sich heutzutage hier noch beispielsweise die Mehlprimel, der Alpen-Schnittlauch oder die Bergeidechse. Niedermoore können mittels später Mahd extensiv genutzt werden.



Abb. 11: Das Naturdenkmal Brunnlust in Moosbrunn in der Feuchten Ebene des südlichen Wiener Beckens mit Breitblättrigem Wollgras und Alpen-Schnittlauch. 29.5.2016, © Norbert Sauberer.

Pfeifengraswiesen

Die große Blütezeit der Pfeifengraswiesen war das 18. und 19. Jahrhundert. Die Bevölkerungszahl stieg, Pferde und Ochsen waren noch die wichtigsten Transportmittel und die Talebenen noch nicht großflächig trocken gelegt worden. Pfeifengraswiesen sind im Wesentlichen nicht gedüngte, nasse und nur einmal spät im Jahr gemähte Wiesen. Das Mähgut mit hohem Raufaseranteil konnte als Futter für Esel und Pferde und als Einstreu in den Ställen genutzt werden. Im pannonischen Raum waren die Pfeifengraswiesen v.a. auf anmoorigen Feuchtschwarzerden zu finden, die einen Humushorizont von oft mehr als einem Meter aufwiesen. Durch die Entwässerung der Feuchtschwarzerden wurde in wenigen Jahrzehnten dieser kohlenstoffreiche Humus abgebaut und verweht.

Pfeifengraswiesen sind sehr artenreiche Lebensräume mit vielen selten gewordenen Arten. Neben verschiedensten Orchideen wachsen hier stark gefährdete Arten wie der Lungenenzian, der Duftlauch (vgl. **Abb. 9**) oder die Sumpfgladiole. Wenn Pfeifengraswiesen eine gewisse Größe haben können sie auch den selten gewordenen Wiesenbrütern als Lebensraum dienen.

Im Sinne der Multifunktionalität (Klima- und Biodiversitätsschutz, Hebung des Grundwasserspiegels und Kühlung der Landschaft, Raufutter für Pferde) ist die Revitalisierung von Pfeifengraswiesen ein wichtiger Baustein.

Extensive Weiden (Abb. 12)

Extensive Weiden werden noch immer unterschätzt, sie sind aber ein Wunder der Nachhaltigkeit (Bunzel-Drüke et al. 2019). Die Tier- und Pflanzenwelt von oft schon mehrere Jahrhunderte existierenden extensiven Weiden hat ein enges Geflecht entwickelt und ist überaus artenreich. Dadurch können klimatische Unregelmäßigkeiten wie Dürre rasch ausgeglichen werden, da es im Ökosystem immer Arten gibt, die einspringen können wenn andere Arten aufgrund zeitweiser ungünstiger Bedingungen teilweise ausgefallen sind. Bewirtschaftungsmäßig gut eingestellte, artenreiche Extensiv-Weiden sind daher überaus wertvoll und brauchen keinen zusätzlichen Input von außen. Es macht also auch ökonomisch Sinn (low-input farming) diese Lebensräume zu erhalten bzw. zu revitalisieren. Viele der in Österreich selten gewordenen oder sogar ausgestorbenen Arten (z.B. Wiesenotter) sind auf extensive Weiden angewiesen. Vogelarten, die vorwiegend größere Insekten fressen, benötigen ausgedehnte extensive Weiden, da hier der Insektenreichtum und die Insektenmenge so groß sind wie in kaum einem anderen Lebensraum. Extensive Weiden können auch ein parkartiges Aussehen mit einem mehr oder weniger hohen Bestand an Bäumen und Büschen haben. Dieses mosaikartige Weideland beherbergt eine immens hohe Biodiversität, und sie hat einen hohen landschaftsästhetischen Wert, der beispielsweise im englischen Landschaftspark imitiert wird.

Die Re-Etablierung von extensiven Weiden in allen Regionen ist ein Kernelement bei der Überwindung der Biodiversitätskrise in Österreich. Die Böden von extensiven Weiden sind zudem – wie neueste Forschungsergebnisse zeigen – wesentliche Kohlenstoffsinken.



Abb. 12: Extensive Beweidung im Naturschutzgebiet Weikendorfer Remise im Marchfeld. 15.6.2021, © Norbert Sauerer.

Auen

Auen sind Komplexlebensräume und nur so zu verstehen. Da nicht regulierte Flüsse und Bäche bei jedem Hochwasser ihren Lauf ändern, entsteht ein vielfältiger Mosaiklebensraum (Abb. 13). Fließendes und stehendes Wasser, versumpfte Bereiche, Schilfbestände, trockene Schotterrücken, sandige Flussufer, Weidengebüsche, hochwüchsiger Auwald – all dies gehört zu einem Auenökosystem. Es ist nicht verwunderlich, dass Auen für etliche Organismengruppen der artenreichste Lebensraum

(z.B. Brutvögel) in Mitteleuropa ist. Neben der natürlichen Dynamik waren Biber und die großen Huftiere (insbesondere die Auerochsen) ganz wesentliche Mitgestalter der Auen. Aufgrund der Ausrottung dieser Tierarten und der Regulierungen der Fließgewässer ist diese Dynamik verloren gegangen. Damit verloren aber auch viele Tier- und Pflanzenarten ihren bevorzugten Lebensraum. Arten wie der Wachtelkönig siedelten sich daher zunehmend in von Menschen bewirtschafteten Wiesen an.

Den Flüssen wieder mehr Platz geben und eine Revitalisierung von Auen ist daher von großer Bedeutung für die Biodiversität, aber auch im Sinne eines passiven Hochwasserschutzes von gesellschaftlicher Relevanz. Da Auen nährstoffreiche Ökosysteme sind, wäre auch über neue, angepasste Formen der Nutzung zu diskutieren. So könnte beispielsweise eine teilweise Beweidung mit Rindern (den Nachfahren des Auerochsen, der hier gelebt hat) Neophyten wie den Staudenknöterich eindämmen. Dies wäre eine win-win-Situation, da externe Futtermittel eingespart würden und es auch zu keinem Konflikt mit anderen Formen der Landnutzung kommt.



Abb. 13: Das Naturdenkmal Schwechatau in der Gemeinde Traiskirchen. 15.4.2015, © Norbert Sauberer.

Biber

Bevor die Menschheit die Biber in weiten Teilen Mitteleuropas ausgerottet haben, waren diese größten heimischen Nager praktisch an jedem Gewässer der tieferen Lagen bis ca. 900 Meter Meereshöhe zu finden (Sieber & Bauer 2001). Der Biber ist eine Schlüsselart, ein Landschaftsgestalter und es wird immer deutlicher wie notwendig Biber für die Erhaltung der Biodiversität in aquatischen und semi-aquatischen Lebensräumen sind. Zahlreiche Studien belegen mittlerweile, dass die Tätigkeit der Biber für eine Reihe von anderen Tier- und Pflanzenarten von großem Vorteil ist. Biber schaffen ein Lebensraum-Mosaik mit unterschiedlichen Sukzessionsphasen. Durch die Arbeit der Biber entstandene Tümpel und Teiche locken Amphibien, Libellen und Wasservögel an (**Abb. 14**).

Konflikte mit dem zurückkehrenden Biber treten fast ausschließlich dort auf wo die Gewässer vom Menschen stark eingeengt wurden und keinerlei Pufferbereich erhalten geblieben ist. Viele (teure) restaurationsökologische Maßnahmen könnten jedoch eingespart werden, ließe man den Bibern einfach nur den nötigen Platz ihren Lebensraum selbst zu gestalten.



Abb. 14: Bibersteich in Pottendorf im südlichen Wiener Becken. 11.7.2008, © Norbert Sauberer.

Auerochs, Wisent und Kuh

Der Auerochs oder Ur war ehemals in den Tallagen weit verbreitet und hat insbesondere Flussauen bzw. Feuchtgebiete als Lebensraum bevorzugt. Gemeinsam mit der natürlichen Dynamik der Fließgewässer und den Tätigkeiten der Biber haben Auerochsen eine landschaftsgestaltende Rolle eingenommen. Dadurch entstand ein Landschaftsmosaik mit einem höheren Anteil an grasdominierter Offenlandschaft. Spätestens mit der frühmittelalterlichen Besiedlungswelle wurde die Urform unserer heutigen Kühe weitgehend durch Jagd ausgerottet und starb letztendlich im 17. Jahrhundert zur Gänze aus (Bauer 2001a). Das Wisent unternahm hingegen ausgedehnte Wanderungen in mehr oder weniger großen Familiengruppen von den tieferen Lagen im Winter bis zu den hochmontan-subalpinen Lagen an der Waldgrenze der Alpen (Bauer 2001b). Dabei wurden bevorzugte Wanderrouten begangen und so der Lebensraum mitgestaltet. Nicht zu vergessen ist, dass auch Rothirsche ursprünglich keine Waldbewohner waren (erst der Mensch hat sie dazu gemacht), sondern diese mit ausgedehnten Wanderbewegungen Offenland als Äsungsraum bevorzugten und somit auch zur mosaikartigen Reduktion des Gehölzaufwuchses beitrugen.

Die domestizierte Kuh könnte nun einen Teil der ehemaligen, für die Aufrechterhaltung der Biodiversität so wichtigen landschaftsgestaltenden Funktion der großen Huftierarten ersetzen. Dies aber nur wenn eine extensive, naturnahe Beweidung durchgeführt wird. Kühe sind perfekte Grasverwerter und erschließen damit eine für den Menschen nicht verwertbare Ressource (Idel 2021). Auen und Feuchtgebiete lassen sich so im Einklang mit naturschutzfachlichen Zielen nutzen. Gleichzeitig wird Wasser in der Landschaft gehalten, der Grundwasserspiegel stabilisiert, es findet eine sommerliche Kühlung auf Landschaftsebene statt und durch Humusbildung werden diese Gebiete zu Kohlenstoffsinken.

Moor-Wiesenvögelchen (*Coenonympha oedippus*) (siehe Abb. 5)

Dieser kleine Schmetterling verlor den größten Teil seines Lebensraums durch die Trockenlegung der Niedermoore im Tiefland. Nur je ein Vorkommen in Vorarlberg und in Niederösterreich ist erhalten geblieben. Die Flugzeit dieses Schmetterlings ist kurz und die meiste Zeit des Jahres verbringt diese Art als Raupe bodennah an Gräsern fressend. Die Art ist vermutlich deshalb so selten, da sie zwar verhältnismäßig Wärme liebend ist, aber gleichzeitig der Lebensraum nährstoffarm und dauer-

haft nass sein muss. Brachen mit Pfeifengras und Kleinseggen am Rand von Niedermooren sind vermutlich der am besten geeignete Lebensraum, nur ist so eine Kombination kaum noch irgendwo zu finden. Glücklicherweise ist der Bereich der Kurzwellensendeanlagen des Herrngrases in Moosbrunn aber weiterhin als Lebensraum für diese überaus seltene, europaweit geschützte Schmetterlingsart geeignet. Das Moor-Wiesenvögelchen steht stellvertretend für viele andere spezialisierte Insektenarten, die auf Moore und Feuchtwiesen als Lebensraum angewiesen sind.

Lungenenzian (*Gentiana pneumonanthe*) (siehe Abb. 8)

Als typische Art von nährstoffarmen Pfeifengraswiesen und Niedermooren ist diese einst durchaus häufige Art mit der Trockenlegung dieser Lebensräume weitgehend verschwunden. Auch eine auf Enziangewächse spezialisierte Schmetterlingsart, der Lungenenzian-Bläuling, ist damit über weite Strecken verloren gegangen. Der Lungenenzian verträgt nur eine einmalige Mahd im Jahr. Aufgrund der späten Blütezeit ist entweder eine sehr späte Mahd ab Ende August oder eine frühe Mahd im Juni möglich. Bei einer frühen Mahd kann sich der Lungenenzian regenerieren und kommt dann ab Ende August zur Blüte und kann noch rechtzeitig vor dem Winter Samen ausbilden. Der Lungenenzian würde durch eine Revitalisierung von Pfeifengraswiesen und Niedermoore stark profitieren.

Mondhornkäfer (*Copris lunaris*)

Im Weideökosystem stellen Dungkäfer, und insbesondere die coprophagen Scarabaeiden mit ihren ca. 120 Arten eine nicht zu unterschätzende Rolle dar. Durch den Wegfall der Weidewirtschaft sowie dem prophylaktischen Einsatz von Entwurmungsmitteln und anderen Antiparasitika sind in den letzten 60 Jahren die Bestände dieser Arten eingebrochen.



Abb. 15: Der Mondhornkäfer (*Copris lunaris*) war einstmals ein sehr häufiger Dungkäfer und ist heutzutage eine große Rarität geworden. © Tobias Schernhammer.

Zahlreiche Studien zeigen, dass durch diesen Rückgang verschiedenfache Schäden entstehen. Einige der vielen negativen Auswirkungen dieses Rückgangs sind u. a. ein erhöhter Parasitendruck auf den Weideflächen (Sands & Wall 2017), verstärkter Methanausstoß aus nicht zersetztem Dung (Penttilä et al. 2013), verzögerte Remineralisierung von Dung (Nichols et al. 2008), massiver Rückgang der Insektenbiomasse und in der Folge von Insektenfressern (Buse 2019, Young 2015).

Beispielhaft für die Gruppe der Dungkäfer lässt sich der Mondhornkäfer (*Copris lunaris*) (Abb. 15) hervorheben. Diese Art ist aktuell in Niederösterreich nur noch von einem Fundort bekannt, bis 1960 war sie jedoch weit verbreitet. Mit einer Größe von rund zwei Zentimetern gehört der Mondhornkäfer zu den imposanteren Vertretern der heimischen Dungfauna. Von April bis Ende September wurde der Mondhornkäfer insbesondere unter Rinderdung gefunden und dürfte im Frühjahr neben anderen großen Vertretern dieser Gruppe eine nicht zu unterschätzende Biomassequelle für großinsektenfressende Vögel und Fledermausarten dargestellt haben. Petrovitz (1956) schreibt in

seiner Arbeit über das Neusiedlerseegebiet: „Die koprophagen Scarabaeiden sind vielen Nachstellungen ausgesetzt. [...] Einen Fuchs konnte ich beobachten, wie er anfliegende *Copris lunaris* aus der Luft wegging.“ Diese Beschreibung einer unglaublich großen Anzahl an Individuen ist heute in Österreich nicht mehr vorstellbar und darf als bezeichnend für das allgemeine Insektensterben herangezogen werden.

Diskussion

Fragestellung 1

Auf die Frage welche Ökosysteme bzw. Lebensräume besonders relevant für den Erhalt der Artenvielfalt in einem abgegrenzten geographischen Raum wie Österreich sind, lässt sich zunächst ganz einfach antworten: Alle! Denn erst die Vielfalt der Lebensräume ergibt die Chance für möglichst viele unterschiedliche Organismenarten ein für sie adäquates Habitat zu finden und dauerhaft zu besiedeln. Zumindest mit einem gewissen Anteil sollte also jeder in Österreich vorkommende natürliche und naturnahe Lebensraum erhalten bleiben. Wobei manche Lebensraumtypen immer schon selten und nur punktuell vorhanden waren (z.B. Quellen), andere aber große Flächenanteile von Österreich bedeck(t)en (z.B. Buchenmischwälder).

Es stellt sich zudem die Frage wie die Biodiversität selbst eines nur wenige Quadratmeter großen Lebensraums überhaupt umfassend erhoben werden kann. Denn Studien die die gesamte Insektenwelt oder die Mikroorganismen mituntersuchen sind selten bzw. aufgrund des methodischen Aufwands gar nicht möglich. Daher werden in der Regel nur einzelne Indikatorarten oder -gruppen untersucht, die eine mehr oder weniger große Aussagekraft für die gesamte Biodiversität haben. Auf Landschaftsebene stellen beispielsweise Vögel und Farn- und Blütenpflanzen verhältnismäßig gute Indikatoren dar, die auch mit relativ geringen Kosten erhoben werden können (vgl. Sauberer et al. 2004, 2008). Die Funktion von Indikatorgruppen ist jedoch stark vom Lebensraumtyp und dem Untersuchungsmaßstab abhängig (z.B. Hess et al. 2006, Zulka et al. 2014). Um im oben erwähnten Bild zu bleiben: Es macht keinen Sinn in Quellökosystemen Totholzkäfer als Indikatorgruppe auszuwählen oder in Buchenwäldern Quellschnecken.

Es gibt Ökosysteme bzw. Ökosystemkomplexe die eine besonders hohe Artenvielfalt aufweisen (vgl. Kaule 1991). Das beste Beispiel sind hier die Auen, denn aufgrund der Dynamik der Fließgewässer – zumindest dort wo sie noch mehr oder weniger frei fließen dürfen – entsteht ein vielfältiges Mosaik aus Lebensräumen, die kleinräumig miteinander verzahnt sind. So ist die Vielfalt der Brutvögel in den Auen die höchste von allen untersuchten Lebensräumen (z.B. Zuna-Kratky et al. 2000). Insgesamt stellen Feuchtgebiete trotz ihres geringen Flächenanteils einen besonders großen Anteil an der Biodiversität. So sind ca. ein Viertel der Farn- und Blütenpflanzen und ein Drittel der Brutvogelarten Österreichs an Feuchtgebiete strikt oder überwiegend gebunden (Sauberer et al. 1999). Andererseits sind Lebensräume wie die Moore eher artenarm, zumindest wenn man Vögel und Blütenpflanzen betrachtet (dahingegen ist in Mooren eine große Vielfalt an Moosen zu finden!), jedoch kommt hier eine einzigartige Biodiversität vor, die an keinen anderen Platz zu finden ist und noch dazu einen hohen Gefährdungsgrad aufweist.

Daher wurde auf die Frage, welche Ökosysteme bzw. Lebensräume besonders relevant für den Erhalt der Artenvielfalt in Österreich sind, auf die aktuelle Gefährdung der Lebensräume zurückgegriffen. Erst wenn alle Lebensräume ausreichend in einem guten Zustand gesichert sind, ist auch der Artenreichtum in Österreich gesichert. Die österreichische Biotoptypenliste (Essl et al. 2002, 2004, 2008, Traxler et al. 2005) wurde in dieser Studie zu vereinfachten übergeordneten Kategorien zusammengefasst, sodass daraus allgemein verständliche Lebensraumbezeichnungen generiert werden konnten. Den „top nine“ **Auen** (inkl. naturnaher Fließgewässer), **Feuchtlebensräume allg.** (z.B. Schilf, Seggenriede, Sümpfe), **Feuchtwiesen und -weiden, Magerwiesen und -weiden, Moore, Salzlebensräume, seltene Waldgesellschaften** (z.B. lichte Trockenwälder, Wald auf Serpentinegestein, Erlenbruchwälder), **Trockenrasen** (inkl. Halbtrockenrasen und Trockengebüsche) und **Urwälder** (inkl. urwaldartiger Wälder) ist somit das größte Potenzial für den Schutz der Biodiversität bei der Wiederherstellung von Lebensräumen zugewiesen worden – auch im Sinne der Effektivität der eingesetzten Mittel (vgl. Strassburg et al. 2019).

Fragestellung 2

Die bisher durchgeführten Studien zeigen, dass von allen Landlebensräumen die Moore das größte Potenzial zur Kohlenstoffspeicherung aufweisen (vgl. Niedermaier et al. 2011, Essl et al. 2013, Baumgarten et al. 2021), wenn man die Ergebnisse auf eine einheitliche Flächengröße – also etwa auf einen Hektar – bezieht. Das Problem ist, dass Moorbildung in Österreich nur stellenweise möglich ist. Insbesondere die Hochmoore sind nur in den kühleren und regenreicheren Regionen von Österreich anzutreffen (Steiner 2005). Succow & Joosten (2001) gehen von einem menschengemachten Verlust der Hochmoorfläche in Österreich von ursprünglich 3000 km² auf heutzutage nur mehr 300 km² aus. In Niederösterreich (Waldviertel) sind nach neuestem Kenntnisstand 661 Hektar an Hoch- und Übergangsmooren erhalten geblieben (Pfundner et al. 2021). Dahingegen waren die von Grundwasser geprägten Niedermoore und Anmoore im pannonischen Osten Österreichs – aber auch anderswo wie etwa im Rheintal – durchaus recht verbreitet und bedeckten große Flächen. Das bedeutet, dass sogar in den trockensten und wärmsten Landschaften Österreichs Moorbildung möglich ist. Leider wurden hier aber in der Vergangenheit die meisten dieser Lebensräume zerstört. Zunächst ist das Wasser mittels Gräben abgeleitet worden, dabei blieb eine Bewirtschaftung als Wiese oder Weide überwiegend noch erhalten. Spätestens im 20. Jahrhundert wurden dann diese moorigen Wiesen mit großtechnischen Maßnahmen trockengelegt und das Grasland umgebrochen (Zeilerbauer 1979). Die trockenfallenden Anmoor- und Feuchtschwarzerdeböden waren dadurch der Winderosion ausgesetzt und es kam vergleichbar mit dem „Dust Bowl“, der durch den Umbruch der Prärien in Nordamerika verursacht wurde, zu massiven Flugerdeverwehungen (Sauberer et al. 1999). Wo vorher eine Humusaufgabe von vielen Dezimetern auf schottrigem bis sandigem Untergrund bestand, die sich nach dem Ende der letzten Eiszeit kontinuierlich aufgebaut hatte, ist jetzt zumeist nur mehr der fast humuslose Untergrund zu finden. Es gibt Berichte von Landwirten aus dem Wiener Becken, die in den 1960er-Jahren nach der Trockenlegung im feinen Humus ohne einem einzigen Stein pflügten und nun ihre Enkel reinen Schotter umpflügen müssen. Das bedeutet, dass die gesamte Humusaufgabe mit dem darin enthaltenen Kohlenstoff nach nur 50–60 Jahren Ackerbau vernichtet bzw. durch Winderosion verfrachtet wurde.

Nach den Mooren sind die Wälder und die Grasländer (Wiesen und Weiden) diejenigen Landlebensräume, die am meisten zur Kohlenstoffspeicherung beitragen können (Essl et al. 2013, Jedicke 2015, Terrer et al. 2021). Dabei wird immer klarer, dass Grasländer bisher in ihrer Bedeutung für die Kohlenstoffspeicherung deutlich unterschätzt wurden. Wie eine aktuelle Meta-Analyse (108 Studienergebnisse wurden analysiert) zeigt, sind in Zeiten der Erderwärmung die Grasländer tendenziell sogar besser als Wälder dazu geeignet den Kohlenstoff aus der Atmosphäre im Boden zu binden (Terrer et al. 2021). Eine andere Meta-Analyse (95 Studien mit insgesamt 322 Untersuchungsflächen wurden analysiert) konnte sogar aufzeigen, dass bei der Aufforstung von Grasland auf ca. 75 % aller Untersuchungsflächen ein Rückgang bei der Kohlenstoffspeicherung im Boden festzustellen war (Poeplau et al. 2011).

Es zeigt sich also, dass Wiesen und Weiden – insbesondere feuchte bis nasse – eine bisher völlig unterschätzte Ressource für die Kohlenstoffspeicherung darstellen. Im Prinzip ist Grasland nichts anderes als eine Art von Permakultur mit permanenter Bodenbedeckung, jedoch mit einem vergleichsweise geringen Baum- und Gehölzanteil. Auch in der Landwirtschaft werden immer öfters Methoden zur schonenderen Bodenbearbeitung angewendet, damit der Humusanteil erhalten bleibt oder aufgebaut wird. Trotzdem ist der überwiegende Teil der Landwirtschaft derzeit noch immer nicht nachhaltig. Das ist einerseits dadurch begründet, dass für jede Kalorie, die der menschlichen Ernährung dient, 2–3 × so viel (fossile) Energie hineingesteckt wird und andererseits finden humus-schonende Anbaumethoden nur auf einem Bruchteil der ackerbaulich genutzten Flächen Anwendung.

Im niederösterreichischen Bezugsraum der vorliegenden Studie sank seit dem Ende des 19. Jahrhunderts der Anteil von Wiesen und Weiden von 13,5 % auf 1,3 % der Landbedeckung. Ein wesentlicher Faktor für den Verlust der Wiesen und Weiden war die Drainagierung der Böden. Dies setzte große Mengen an im Wiesenhumus gebundenen Kohlenstoff frei. Bei einer Revitalisierung von hydromor-

phen Böden und einer Änderung der Landnutzungsform würde der größte Effekt im Sinne von gleichzeitigem Klima- und Biodiversitätsschutz erreicht werden können.

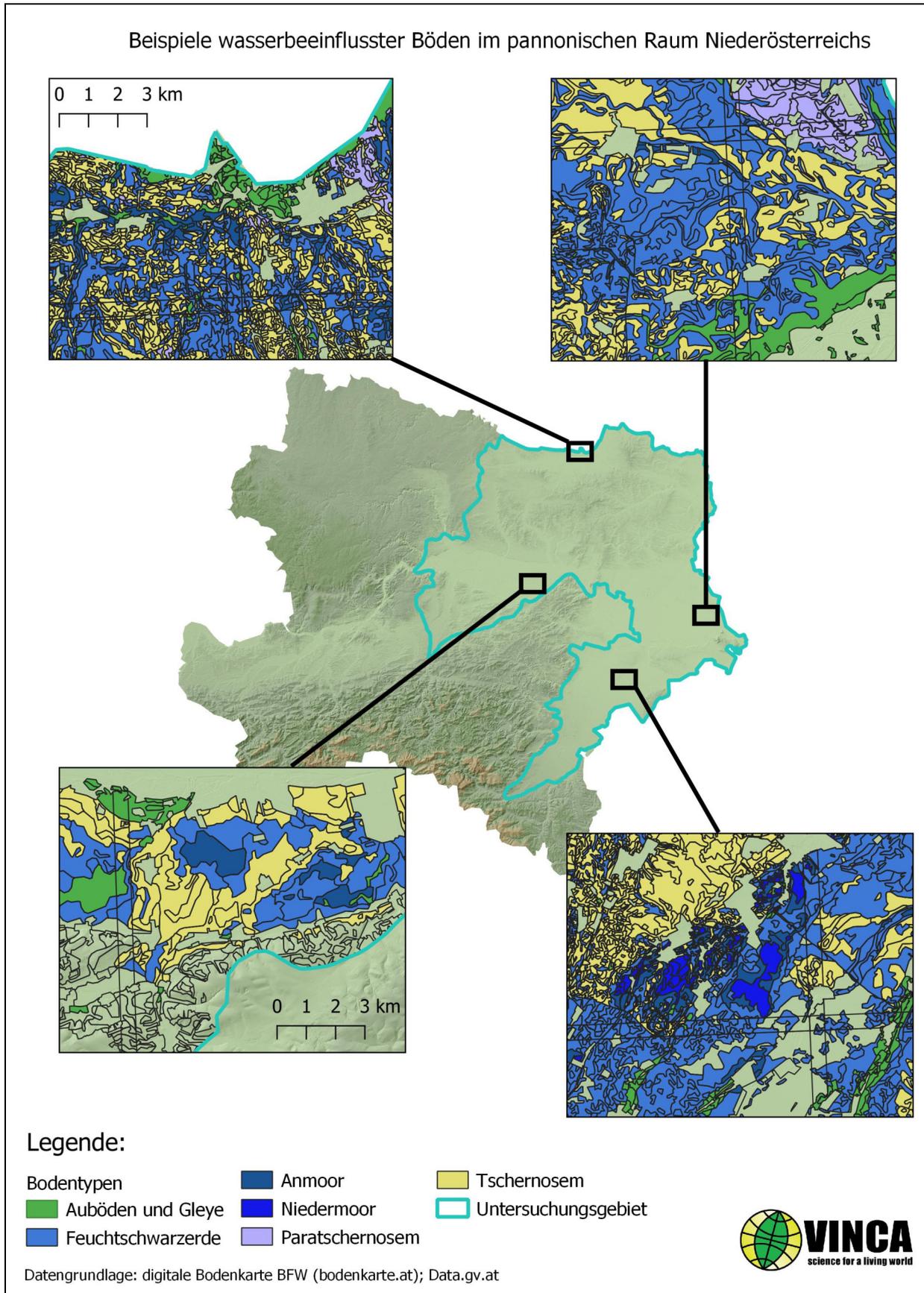


Abb. 16: Hydromorphe Böden in vier Beispielsgebieten im pannonischen Klimagebiet in Niederösterreich. Die Aufnahme der Bodentypen fand vorwiegend zwischen 1958 bis 1980 statt.

In **Abb. 16** wird exemplarisch dargestellt wie flächenmäßig bedeutend wasserbeeinflusste Böden im Tiefland Ostösterreichs einmal waren. Hier liegt ein gewaltiges Potential für restaurationsökologische Maßnahmen verborgen. Von 1857 bis 1979 wurden knapp 75.000 Hektar mit staatlicher Förderung in Niederösterreich drainagiert (Zeilerbauer 1979). Im Sinne der Multifunktionalität wurde in dieser Studie zunächst einmal von einer Landnutzungsänderung in den Zonen, die im Bereich eines 30-jährigen Hochwassers liegen ausgegangen. Würde man hier die Ackernutzung auf eine nachhaltige, permanent den Boden bedeckende Nutzungsform umstellen, dann könnte pro Jahr eine Reduktion der CO₂-Emissionen von mehr als 200.000 Tonnen erfolgen. In Summe wäre das eine Landnutzungsänderung auf 6550 ha, das sind 1,6 % der Ackerbaufläche des Untersuchungsgebietes. Würde man 8 % der Ackerbaufläche des Untersuchungsgebietes – bevorzugt in den drainagierten Bereichen – wieder revitalisieren, dann wäre das schon eine Reduktion von ca. 1 Million Tonnen CO₂ jährlich. Dies wäre eine Fläche von rund 32.750 Hektar oder nur 44 % der ehemals drainagierten Böden.

Die Kohlenstoffbindung von Böden ist abhängig vom Bodentyp, dem Wasserhaushalt und der Form der Landnutzung (extensive Bewirtschaftung oder komplette Nutzungsaufgabe). Da extensiv genutzte Wiesen und Weiden Ökosysteme mit hoher Biodiversität sind und zudem viele gefährdete Arten vorkommen, sollte hier (neben der Wiederherstellung von Auen und Mooren) der zukünftige Schwerpunkt gesetzt werden.

Halada et al. (2011) zeigten auf, dass europaweit 63 Lebensraumtypen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie auf eine nachhaltige Nutzung angewiesen sind. Fast alle benötigen, zumindest teilweise, eine extensive Beweidung oder Mahd. Für **Österreich** sind dies die folgenden **22 Lebensraumtypen** (in Klammer die Nummer nach der FFH-Richtlinie, in Fettdruck diejenigen die auch im Untersuchungsgebiet zu finden sind):

- **Pannonic salt steppes and salt marshes (1530)**
- **Pannonic inland dunes (2340)**
- **Rupicolous calcareous or basophilic grasslands of the Alysso-Sedion albi (6110)**
- Siliceous alpine and boreal grasslands (6150)
- Alpine and subalpine calcareous grasslands (6170)
- **Rupicolous pannonic grasslands (Stipo-Festucetalia pallentis) (6190)**
- **Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (Festuco-Brometalia) (6210)**
- Species-rich Nardus grasslands, on siliceous substrates in mountain areas (and sub-mountain areas, in continental Europe) (6230)
- **Sub-pannonic steppic grassland (6240)**
- **Pannonic loess steppic grasslands (6250)**
- **Pannonic sand steppes (6260)**
- **Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae) (6410)**
- **Hydrophilous tall herb fringe communities of plains and of the montane to alpine levels (6430)**
- **Alluvial meadows of river valleys of the Cnidion dubii (6440)**
- **Lowland hay meadows (Alopecurus pratensis, Sanguisorba officinalis) (6510)**
- Mountain hay meadows (6520)
- Transition mires and quaking bogs (7140)
- Depressions on peat substrates of the Rhynchosporion (7150)
- **Calcareous fens with Cladium mariscus and species of the Caricion davallianae (7210)**
- **Alkaline fens (7230)**
- Siliceous rock with pioneer vegetation of the Sedo-Scleranthion or of the Sedo albi-Veronicion dillenii (8230)
- **Limestone pavements (8240)**

Viele der hier aufgelisteten Lebensraumtypen sind auch für den Klimaschutz besonders relevant und sollten vorrangig bei restaurationsökologischen Maßnahmen berücksichtigt werden.

Die gerade erst vom Umweltbundesamt veröffentlichte Studie (Paternoster et al. 2021) nimmt leider nicht auf die „Halada-Liste“ Bezug. Auch mögliche Synergieeffekte mit dem Klimaschutz werden zwar erwähnt, aber im methodischen Rahmen der Studie nicht berücksichtigt. Daher können die räumlich expliziten Aussagen von Paternoster et al. (2021) nur teilweise nachvollzogen werden. Eine dementsprechende Überarbeitung und Ergänzung dieser Studie ist unbedingt anzuraten.

Betrachtet man die lange Liste der gefährdeten oder sogar österreichweit ausgerotteten Arten (Wiesenotter!), so bringt eine Revitalisierung von Wiesen und Weiden des Tieflands verbunden mit einer Nutzungs-Extensivierung sowohl für den Biodiversitäts- als auch den Klimaschutz die größten Vorteile, v.a. wenn dies noch mit einem Wiederanheben des Grundwasserspiegels durch das Schließen von Drainagen bzw. mit einer Wiedervernässung verbunden ist.

Extensive Weideökosysteme mit einer Ausdehnung von mindestens 50 ha können so auch den gefährdeten Wiesenbrütern wie dem Großen Brachvogel, dem Braunkehlchen, der Grauammer oder dem Wiesenpieper wieder als Lebensraum dienen, da damit auch die Insektenwelt arten- und individuenreicher wird (vgl. Bunzel-Drüke et al. 2019, Idel 2021).

Danksagung

Wir danken Hans-Peter Haslmayr für hilfreiche bodenkundliche Auskünfte und Gabriele Pfundner für den aktuellen Kenntnisstand zum Vorkommen von Hoch- und Übergangsmooren in Niederösterreich.

Literatur

- Bauer K. 2001a. Ur, Auerochse *Bos primigenius* Bojanus, 1827. In: Spitzenberger F. Die Säugetierfauna Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Band 13: 730–735.
- Bauer K. 2001b. Abriss der pleistozän/holozänen Vegetations- und Faunengeschichte. In: Spitzenberger F. Die Säugetierfauna Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Band 13: 34–80.
- Baumgarten A., Haslmayr H.-P., Schwarz M., Huber S., Weiss P., Obersteiner E., Aust G., Englisch M., Horvath D., Leitgeb E., Foldal C., Rodlauer Ch., Bohner A., Spiegel H. & Jandl R. 2021. Organic soil carbon in Austria – Status quo and foreseeable trends. *Geoderma* 402: 115214.
- Bibby C.J., Collar N.J., Crosby M.J., Heath M.F., Imboden C., Johnson T.H., Long A.J., Stattersfield A.J. & Thirgood S.J. 1992. Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. International Council for Bird Preservation, Cambridge, UK.
- Bunzel-Drüke M., Böhm C., Ellwanger G., Finck P., Grell H., Hauswirth L., Herrmann A., Jedicke E., Joest R., Kämmer G., Köhler M., Kolligs D., Krawczycki R., Lorenz A., Luick R., Mann S., Nickel H., Rath U., Reisinger E., Riecken U., Rössling H., Sollmann R., Ssymanck A., Thomsen K., Tischew S., Vierhaus H., Wagner H.-G. & Zimball O. 2019. Naturnahe Beweidung und NATURA 2000 – Ganzjahresbeweidung im Management von Lebensraumtypen und Arten im europäischen Schutzgebietssystem NATURA 2000. Heinz Sielmann Stiftung, Duderstadt, 292 Seiten.
- Buse J. 2019. Bedeutung des Dungs von Weidetieren für wirbellose Tiere, insbesondere für koprophage Käfer. In: Bunzel-Drüke et. al, Naturnahe Beweidung und Natura 2000; pp. 278–283.
- Drösler M., Freibauer A., Adelman W., Augustin J., Bergman L., Beyer C., Chojnicki B., Förster Ch., Giebels M., Görlitz S., Höper H., Kantelhardt J., Liebersbach H., Hahn-Schöfl M., Minke M., Petschow U., Pfadenhauer J., Schaller L., Schägner P., Sommer M., Thuille A. & Wehrhan M. 2011. Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis. Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006–2010. Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, 21 S.
- Essl F., Egger G., Ellmauer T. & Aigner S. 2002. Rote Liste gefährdeter Biotoptypen Österreichs. Wälder, Forste, Vorwälder. Umweltbundesamt, Wien. 104 S.
- Essl F., Egger G., Karrer G., Theiss M. & Aigner S. 2004. Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs. Grünland, Grünlandbrachen und Trockenrasen; Hochstauden- und Hochgrasfluren, Schlagfluren und Waldsäume; Gehölze des Offenlandes und Gebüsche. Umweltbundesamt, Wien. 272 S.
- Essl F., Egger G., Poppe M., Rippel-Katzmaier I., Staudinger M., Muhar S., Unterlercher M. & Michor K. 2008. Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs. Binnengewässer, Gewässer- und Ufervegetation. Technische Biotoptypen und Siedlungsbiotoptypen. Umweltbundesamt, Wien. 316 S.

- Essl F., Knapp H.D., Lexer M.J., Seidl R. & Riecken U. 2013. Vegetation und Boden als Kohlenstoffspeicher und -speicher. In: Essl F. & Rabitsch W. (Hrsg.) Biodiversität und Klimawandel. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, pp. 264–277.
- Essl F. & Rabitsch W. (Hrsg.) 2013. Biodiversität und Klimawandel. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 458 S.
- Halada L., Evans D., Romão C. & Petersen J.-E. 2011. Which habitats of European importance depend on agricultural practices? *Biodiversity and Conservation* 20: 2365–2378.
- Hess G.R., Bartel R.A., Leidner A.K., Rosenfeld K.M., Rubino M.J., Snider S.B. & Ricketts T.H. 2006. Effectiveness of biodiversity indicators varies with extent, grain, and region. *Biological Conservation* 132: 448–457.
- Kaule G. 1991. Arten- und Biotopschutz. UTB, Ulmer, Stuttgart, 519 S.
- Idel A. 2021. Die Kuh ist kein Klimakiller. 8. Auflage, Metropolis-Verlag, Marburg, 210 S.
- Jedicke E. 2015. Klimawirksamkeit von Weidelandschaften. In: Bunzel-Drücke M. et al. Naturnahe Beweidung und NATURA 2000 – Ganzjahresbeweidung im Management von Lebensraumtypen und Arten im europäischen Schutzgebietssystem NATURA 2000. Heinz Sielmann Stiftung, Duderstadt, pp. 337–341.
- Jurasky J. 1965. Die letzten Wiesen des Tullnerfeldes. *Kulturberichte aus Niederösterreich* 2: 15.
- Nichols E., Spector S., Louzada J., Larsen T., Amazquita S. & Favila M.E. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation* 141: 1461–1474.
- Niedermaier M., Plattner G., Egger G., Essl F., Kohler B. & Zika M. 2011. Moore im Klimawandel. Studie des WWF Österreich, der Österreichischen Bundesforste und des Umweltbundesamtes. Auftraggeber: Österreichische Bundesforste AG, Kompetenzfeld Naturschutz, Purkersdorf.
- Paternoster D., Danzinger F., Koukal T., Kudrnovsky H., Lackner S., Berger A., Schadauer K., Wrbka T., Stejskal-Tiefenbach M. & Ellmauer T. 2021. Strategischer Rahmen für eine Priorisierung zur Wiederherstellung von Ökosystemen auf nationalem und subnationalem Niveau. Umweltbundesamt, Wien, Reports 741: 1–147.
- Penttilä A., Slade E.M., Simojoki A., Riutta T., Minkkinen K. & Roslin T. 2013. Quantifying beetle-mediated effects on gas fluxes from dung pats. *PLoS One* 8: e71454.
- Petrovitz R. 1956. Die koprophagen Scarabaeiden des nördlichen Burgenlandes. *Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland* 13: 1–25.
- Pfundner G., Brocks J., Gross M., Schmidt A. & Zechmeister H. 2021. Moorentwicklungskonzept Waldviertel. Erstellt im Rahmen des Interreg Projektes Crossborder Habitat Network and Management – Connecting Nature AT-CZ. Naturschutzbund NÖ, Wien, 139 S.
- Pircher P. & Pircher E. 1935. Unsere Sumpfwiesen. In: Tullnerfelder Heimat im Wandel der Zeit. Der Tullner Gau – Zeitschrift für Heimatforschung 10: 8–14.
- Poelau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Wesemael B.V., Schumacher J. & Gensior A. 2011. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology* 17: 2415–2427.
- Prendergast N., Quinn R.M., Lawton J.H., Eversham B.C. & Gibbons D.W. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature* 365: 335–337.
- Sands B. & Wall R. 2017. Dung beetles reduce livestock gastrointestinal parasite availability on pasture. *Journal of Applied Ecology* 54: 1180–1189.
- Sauberer N., Grass V., Wrbka E., Frühauf J. & Wurzer A. 1999. Feuchtwiesen - Weinviertel und Wiener Becken, NÖ Landschaftsfonds, St. Pölten, 48 S.
- Sauberer N., Zulka K. P., Abensperg-Traun M., Berg H. M., Bieringer G., Milasowszky N., Moser D., Plutzer C., Pollheimer M., Storch C., Trostl R., Zechmeister H. G. & Grabherr G. 2004. Surrogate taxa for biodiversity in agricultural landscapes of eastern Austria. *Biological Conservation* 117: 181–190.
- Sauberer N., Hochbichler E., Milasowszky N., Panagoitis B. & Sachslehner L. 2007. Nachhaltiges Waldbiomassmanagement im Biosphärenpark Wienerwald. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. 150 S.
- Sauberer N., Moser D. & Grabherr G. (Hrsg.) 2008. Biodiversität in Österreich. Räumliche Muster und Indikatoren der Arten- und Lebensraumvielfalt, Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt.
- Sieber J. & Bauer K. 2001. Europäischer und Kanadischer Biber. In: Spitzenberger F. Die Säugetierfauna Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Band 13: 366–374.
- Steiner G.M. 2005. Die Moorverbreitung in Österreich. *Stapfia* 85: 55–96.

- Strassburg B.N., Beyer H.L., Crouzeilles R., Iribarrem A., Mendes Barros P.S., Ferreira De Siqueira M. & al. 2019. Strategic approaches to restoring ecosystems can triple conservation gains and halve costs. *Nature Ecology and Evolution* 3: 62–70.
- Strassburg B.B.N., Iribarrem A., Beyer H.L., Cordeiro C.L., Crouzeilles R., Jakovac C.C., Junqueira A.B., Lacerda E., Latawiec A.E., Balmford A., Brooks T.M., Butchart S.H.M., Chazdon R.L., Erb K.-H., Brancalion P., Buchanan G., Cooper D., Díaz S., Donald P.F., Kapos V., Leclère D., Miles L., Obersteiner M., Plutzer C., Scaramuzza C.A. de M., Scarano F.R. & Visconti P. 2020. Global priority areas for ecosystem restoration. *Nature* 586: 724–729.
- Succow M. & Joosten H. (eds.) 2001. *Landschaftsökologische Moorkunde* (2nd ed.). Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 622 S.
- Terrer C., Phillips R.P., Hungate B.A., Rosende J., Pett-Ridge J., Craig M.E., Groenigen K.J. van, Keenan T.F., Sulman B.N., Stocker B.D., Reich P.B., Pellegrini A.F.A., Pendall E., Zhang H., Evans R.D., Carrillo Y., Fisher J.B., Van Sundert K., Vicca S. & Jackson R.B. 2021. A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO₂. *Nature* 59: 599–603.
- Traxler A., Minarz E., Englisch T., Fink B., Zechmeister H. & Essl F. 2005. Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs. Moore, Sümpfe und Quellfluren; Hochgebirgsrasen, Polsterfluren, Rasenfragmente und Schneeböden; Äcker, Ackerraine, Weingärten und Ruderalfluren; Zwergstrauchheiden; Geomorphologisch geprägte Biotoptypen. Umweltbundesamt, Wien, 286 S.
- Wiesmeier M., Lützw M. von, Spörlein P., Geuß U., Hangen E., Reischl A., Schilling B. & Kögel-Knabner I. 2015. Land use effects on organic carbon storage in soils of Bavaria: the importance of soil types. *Soil & Tillage Research* 146: 296–302.
- Zeilerbauer L. 1979. *Der landwirtschaftliche Wasserbau in Niederösterreich*. Amt der NÖ Landesregierung, Unveröffentlicht, 164 S.
- Zulka K. P., Abensperg-Traun M., Milasowszky N., Bieringer G., Gereben-Krenn B.-A., Holzinger W., Hölzler G., Rabitsch W., Reischütz A., Querner P., Sauberer N., Schmitzberger I., Willner W., Wrabka T. & Zechmeister H. 2014. Species richness in dry grassland patches of eastern Austria: A multi-taxon study on the role of local, landscape and habitat quality variables. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 182: 25–36.
- Zuna-Kratky T., Kalivodová T.E., Kürthy A., Horal D. & Horák P. 2000. *Die Vögel der March-Thaya-Auen im österreichisch-slowakisch-tschechischen Grenzraum*. Distelverein, Deutsch-Wagram, 285 S.