

Lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern

Local Plant Diversity in Deciduous Forests

Jolina Paulssen

Hinweis

Diese Arbeit ist bereits in ausführlicher Form im Journal of Vegetation Science auf Englisch veröffentlicht. Die vollständige Arbeit findet sich unter <https://doi.org/10.1111/jvs.13318>

Zusammenfassung

Im Projekt Lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern haben wir den Einfluss von lokalen Umweltbedingungen und Landschaftsstrukturen auf die Diversität von Waldpflanzen in Agrarlandschaften untersucht. Wir haben herausgefunden, dass Waldspezialisten bei geringer Lichtverfügbarkeit und mittlerer Bodenfeuchtigkeit begünstigt werden, während Generalisten höhere Lichtverfügbarkeit und mittlere bis hohe Bodenfeuchtigkeit bevorzugen. In gut vernetzten Landschaften ist die Pflanzendiversität höher, sowohl für die Gesamtartenzahl an Pflanzen als auch für Waldspezialisten und Generalisten. Dies betont die Bedeutung naturnaher Lebensräume wie Hecken und Baumreihen, um die Ausbreitung von Waldpflanzen in Agrarlandschaften zu fördern.

Agrarlandschaften, Ellenberg-Indikatorwerte, Waldgeneralisten, Waldspezialisten, Lebensraumfragmentierung, Landschaftsvernetzung, lokale Pflanzenvielfalt, Nischenaufteilung

Abstract

In the project local plant diversity in deciduous forests, we analyzed the effect of local environmental conditions and landscape structure on the diversity of forest plants in agricultural landscapes in several European study regions. We found that forest specialists are favoured by low light availability and medium soil moisture, while generalists prefer higher light availability and medium to high soil moisture. In well-connected landscapes, plant diversity is higher, both for the total number of plant species and for forest specialists and generalists. This emphasizes the importance of semi-natural habitats such as hedges and tree rows to promote the spread of forest plants in agricultural landscapes.

agricultural landscapes, Ellenberg indicator values, forest generalists, forest specialists, habitat fragmentation, landscape connectivity, local plant diversity, niche partitioning

doi: 10.23766/NiPF.202501.07

Hintergrund und Zielsetzung

Viele durch den Menschen bedingte Veränderungen in der Landnutzung stellen eine große Bedrohung für die Artenvielfalt dar (Tscharntke et al., 2005) und große Gebiete der Welt werden heute durch Land- und Forstwirtschaft, Straßenbau und Urbanisierung beeinflusst (Kennedy et al., 2019). Während traditionelle Landnutzungen mit geringer Intensität oft eine hohe biologische Diversität aufweisen, führt eine weitere Intensivierung der Landwirtschaft zu Lebensraumverlust und Fragmentierung (Tscharntke et al., 2005), was zu einem Rückgang der biologischen Vielfalt führt (Wilcox & Murphy, 1985; Wilson et al., 2016).

In der Europäischen Union werden 70 % der Gesamtfläche als „Landschaften mit schlecht verbundenen Wäldern“ eingestuft (Joint Research Centre, 2013). Jedoch wirken sich Landnutzungsänderungen nicht nur auf die räumliche Verteilung von Wäldern aus, sondern auch auf die Landschaftsmatrix, die diese Flächen

umgibt (Deckers et al., 2005; Poschlod & Braun-Reichert, 2017). Diese Matrix, die für viele Waldpflanzenarten eine mehr oder weniger feindliche Umgebung darstellt, besteht in der Regel aus Grünland und Getreidefeldern, kann aber auch kleine und lineare naturnahe Lebensräume wie ungenutzte Feldränder, Baumreihen und Hecken umfassen (Jamoneau et al., 2011; Poschlod & Braun-Reichert, 2017). Aufgrund der landwirtschaftlichen Expansion wurden diese naturnahen Lebensräume jedoch seit dem 19. Jahrhundert erheblich reduziert (Deckers et al., 2005; Poschlod & Braun-Reichert 2017). Die Vergrößerung und Zusammenlegung einzelner Felder hat zu ausgedehnten und homogenen Zonen landwirtschaftlicher Flächen sowie zu weniger natürlichen Lebensräumen dazwischen geführt (Tscharntke et al., 2005).

Im Projekt Lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern haben wir den Effekt verschiedener Umweltvariablen auf die lokale Pflanzendiversität in Laubwäldern, die in Agrarlandschaften eingebettet sind, untersucht. Wir haben zwei Gruppen von Pflanzenarten



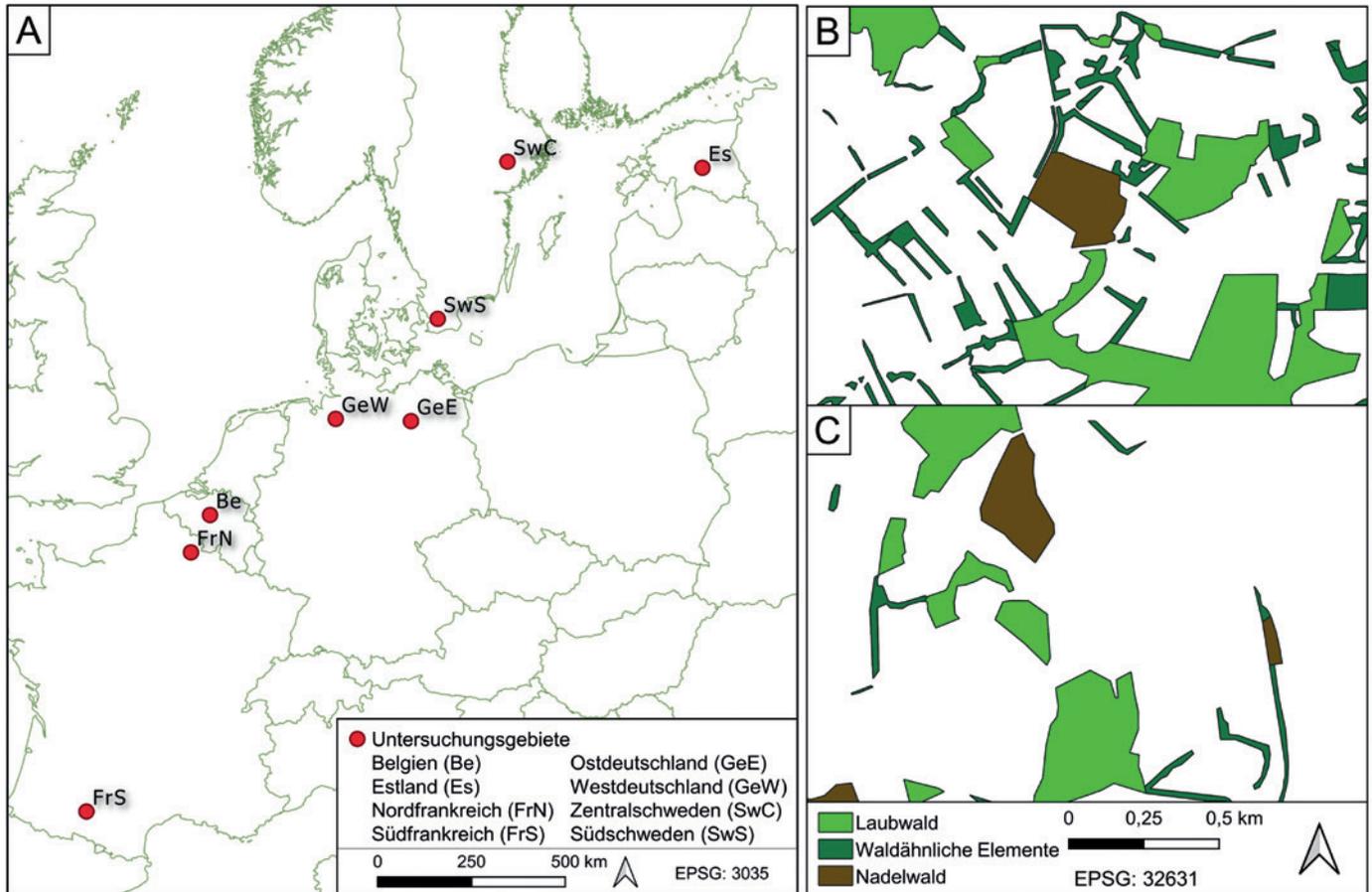


Abbildung 1: Karte der Untersuchungsregionen (A, Shapefile abgerufen von @EuroGeographics). Exemplarischer Ausschnitt einer „Bocage“ (B) und einer „Open“ Landschaft (C) aus Westdeutschland. Die Abbildung wurde aus Paulssen et al. (2024) übernommen und sprachlich angepasst.

betrachtet, um mögliche Unterschiede in ihren Reaktionen auf die Umweltfaktoren heraus zu finden: Waldspezialisten und Generalisten.

Wir haben uns auf folgende Forschungsfragen konzentriert:

- (1) Welchen Einfluss haben Bodenvariablen, Lichtverfügbarkeit, Anzahl der Pflanzenarten im Wald, Waldalter, Waldgröße und Landschaftsstruktur auf die lokale Pflanzendiversität?
- (2) Unterscheiden sich diese Muster zwischen Waldspezialisten und Generalisten?

Methodik

Untersuchungsgebiet

Die Studie wurde entlang eines geografischen Gradienten durchgeführt, der acht Untersuchungsregionen in fünf Ländern umfasst (Frankreich, Belgien, Deutschland, Schweden, Estland; Abbildung 1A). Die Region in Westdeutschland befindet sich in Niedersachsen. In jeder Region wurden zwei Landschaftsfenster von 5 km × 5 km ausgewählt, die unterschiedliche Landschaftsstrukturen darstellen. Der „Bocage“ Landschaftstyp zeichnete sich durch eine relativ hohe Dichte an kleinen naturnahen Lebensräumen aus, wie zum Beispiel Hecken, Sträucher und Baumreihen, die die

Waldstücke miteinander verbinden (Abbildung 1B). Im Gegensatz dazu entspricht der „Open“ Landschaftstyp einer Landschaft mit isolierteren Waldfragmenten und weniger naturnahen Lebensräumen zwischen den Wäldern (Abbildung 1C). Die „Open“ Landschaften waren hauptsächlich durch Ackerflächen gekennzeichnet, während in den „Bocage“ Landschaften Grünland dominierte. Die Landschaftsfenster wurden in Gebieten positioniert, die reich an Laubwäldern sind.

Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen wurden 2012 und 2013 im Rahmen des smallFOREST-Projekts (www.biodiversa.eu/2022/10/31/small-forest, Valdés et al., 2020) mit Hilfe des FLEUR-Netzwerks (www.fleur.ugent.be) durchgeführt. Innerhalb eines Landschaftsfensters wurden alle Laubwälder mit einer Größe von mehr als 1 ha untersucht. Die Plots hatten eine runde Form mit einem Radius von 10 m, was einer Fläche von 314 m² entspricht. Sie wurden entlang von Transekten platziert, die parallel zur Längsachse des Waldes verliefen und einen Abstand von 50 m zueinander hatten. Innerhalb dieser Transekten waren die Plots in Abständen von 100 m angeordnet. Die genaue Anzahl der Transekten und der Plots variierte je nach Größe und Form des Waldes. Insgesamt wurden 3538 Plots in 699 Laubwäldern untersucht. In jedem Plot

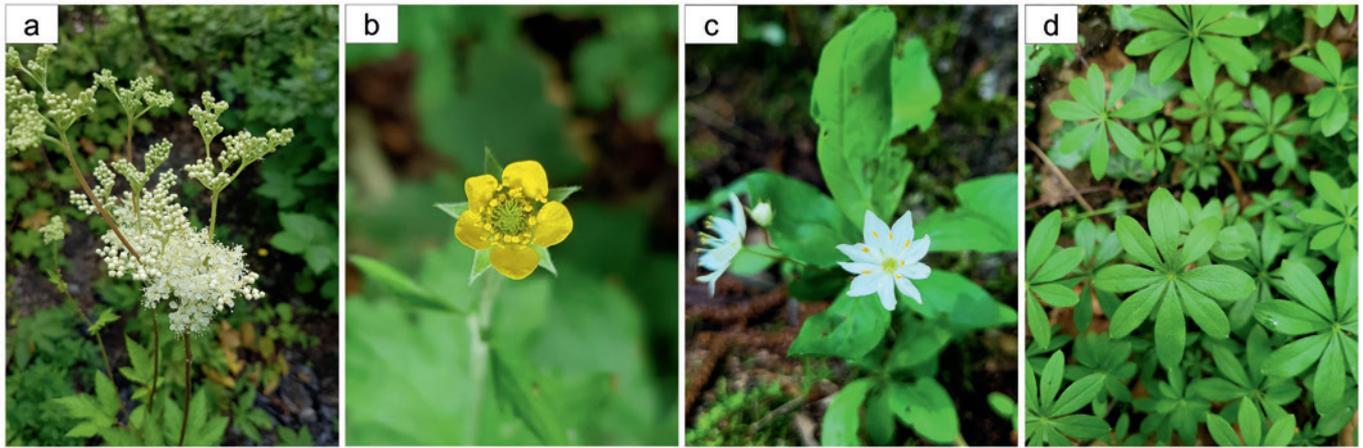


Abbildung 2: Beispiele von Waldspezialisten und Generalisten. *Filipendula ulmaria* – Echtes Mädesüß (a) und *Geum urbanum* – Echte Nelkenwurz (b) gehören zu den Generalisten und *Trientalis europaea* – Europäischer Siebenstern (c) und *Galium odoratum* – Waldmeister (d) zu den Waldspezialisten. Fotos: J. Paulssen

wurden alle Gefäßpflanzenarten der Kraut-, Strauch- und Baumschicht erfasst. Taxonomische Gruppen, wie z. B. *Rubus fruticosus* agg. (Brombeere), wurden als eine Art behandelt. Die Anzahl der Pflanzenarten pro Plot haben wir als lokale Artenanzahl definiert. Beim Wechsel zwischen den Plots entlang eines Transektes wurden zusätzliche Pflanzenarten vermerkt, die in keinem der Plots vorkamen. So entstand für jeden Wald eine nahezu vollständige Liste der Pflanzenarten.

Datenanalyse

Alle Analysen wurden sowohl für die Gesamtzahl der Pflanzenarten als auch für zwei Teilgruppen von Pflanzenarten durchgeführt. Die erste Gruppe umfasste Pflanzenarten, die hauptsächlich in Wäldern mit geschlossenem Kronendach vorkommen (Waldspezialisten) und die zweite Gruppe umfasste Pflanzenarten, die sowohl in Wäldern als auch außerhalb von Wäldern wachsen (Generalisten) (Heinken et al. 2022). Beispiele von Waldspezialisten und Generalisten sind in Abbildung 2 dargestellt. Da keine lokalen Messungen der klimatischen Bedingungen oder der Bodenfaktoren in den Plots vorhanden waren, wurden die Umweltbedingungen anhand von Ellenberg-Indikatorwerten (EIV) ermittelt. Diese Werte geben Aufschluss über verschiedene Umweltfaktoren wie Licht, Bodenfeuchtigkeit, Bodenstickstoff und Boden-pH (Ellenberg et al., 1991). Bei dem mittleren EIV für jeden Plot handelt es sich um den Mittelwert der Indikatorwerte von den Pflanzen, die in dem jeweiligen Plot vorkamen.

Vor der Modellierung haben wir die Multikollinearität der einflussnehmenden Variablen untersucht. Der Ellenberg Indikator Wert für Bodenstickstoff wurde, aufgrund hoher Kollinearität mit dem Indikator Wert für Boden-pH, aus dem Model ausgeschlossen. Ebenso wurden das Alter und die Größe des Waldes aufgrund hoher Kollinearität mit der Artenanzahl pro Wald nicht mit ins Modell genommen. Diese Variablen wurden jedoch trotzdem berücksichtigt, da die im Modell verbleibenden Variablen, die hoch mit ihnen korreliert sind, deren Einfluss indirekt repräsentieren.

Wir haben „Generalized linear mixed-effects models“ (GLMM) mit Poisson-Verteilung durchgeführt, um den Einfluss von Licht, Bodenfeuchtigkeit, Boden-pH, Artenanzahl im Wald und Landschaftsstruktur auf die lokale Artenanzahl zu untersuchen.

Ergebnisse

Insgesamt wurden in allen Regionen 749 verschiedene Gefäßpflanzenarten erfasst. Die durchschnittliche lokale Artenanzahl pro Plot reichte von 14,1 (Belgien) bis 28,9 (Nordfrankreich). Im Durchschnitt machte der Anteil der Spezialisten 20 % und der Anteil der Generalisten 65 % der Gesamtartenanzahl aus.

Das finale Modell erklärte 27 % der Variation in der Gesamtartenanzahl, 59 % bei den Waldspezialisten und 37 % bei den Generalisten. Je höher die Artenanzahl in einem Wald, desto höher ist die lokale Anzahl an Pflanzenarten. Dies war der Fall sowohl für die Gesamtartenanzahl, als auch für die Waldspezialisten und Generalisten (Abbildung 3). In Bezug auf den Einfluss der Landschaftsstruktur haben wir festgestellt, dass die lokale Artenanzahl von Waldpflanzen in den „Bocage“ Landschaften höher ist. Dies ist der Fall für die Gesamtartenanzahl an Pflanzen, aber auch für Waldspezialisten und Generalisten einzeln (Abbildung 3).

Bei den lokalen Umweltfaktoren zeigten die Lichtverfügbarkeit, die Bodenfeuchtigkeit und der Boden-pH einen quadratischen Zusammenhang mit der lokalen Pflanzenanzahl (Optimumkurve). Die höchste Pflanzenanzahl zeigte sich bei mittleren Umweltbedingungen (Abbildung 4). Zudem wurde eine Nischenaufteilung zwischen Waldspezialisten und Generalisten beobachtet. Geringe Lichtverfügbarkeit und mittlere Bodenfeuchtigkeit begünstigten Waldspezialisten, während Generalisten bei höherer Lichtverfügbarkeit sowie mittlerer und hoher Bodenfeuchtigkeit am häufigsten vertreten waren. Außerdem war die Artenanzahl bei mittlerem Boden pH-Wert am höchsten.

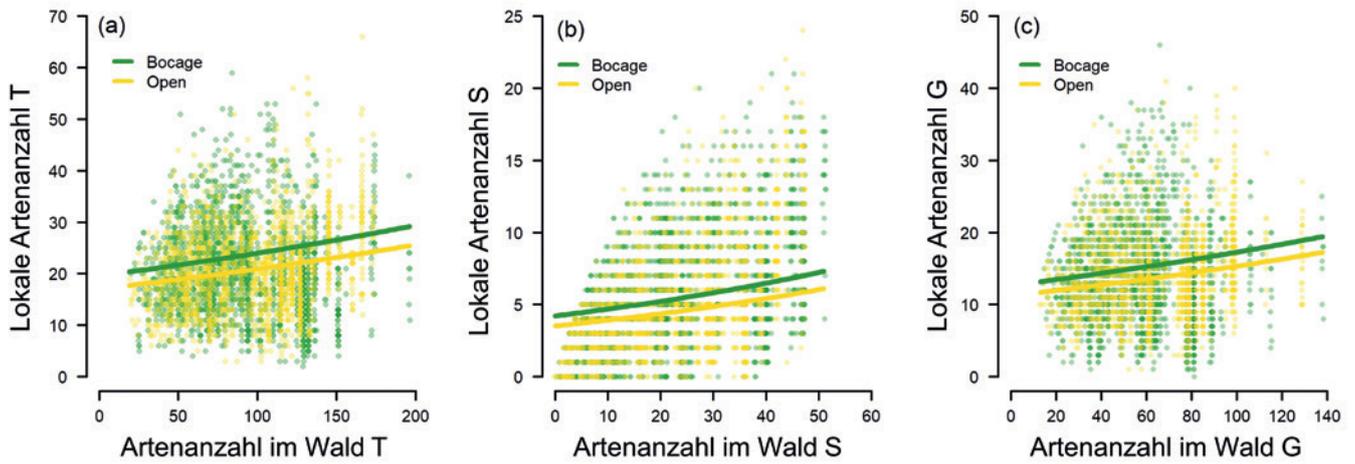


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der lokalen Artenanzahl und der Artenanzahl im Wald für (a) die Gesamtheit der Pflanzenarten, (b) die Waldspezialisten und (c) die Generalisten (abgekürzt mit T, S, G). Plots in der „Bocage“ Landschaft sind grün dargestellt und Plots in der „Open“ Landschaft gelb. Die Datenpunkte sind zur Veranschaulichung mit erhöhter Transparenz dargestellt. Die Abbildung wurde aus Paulssen et al. (2024) übernommen und sprachlich angepasst.

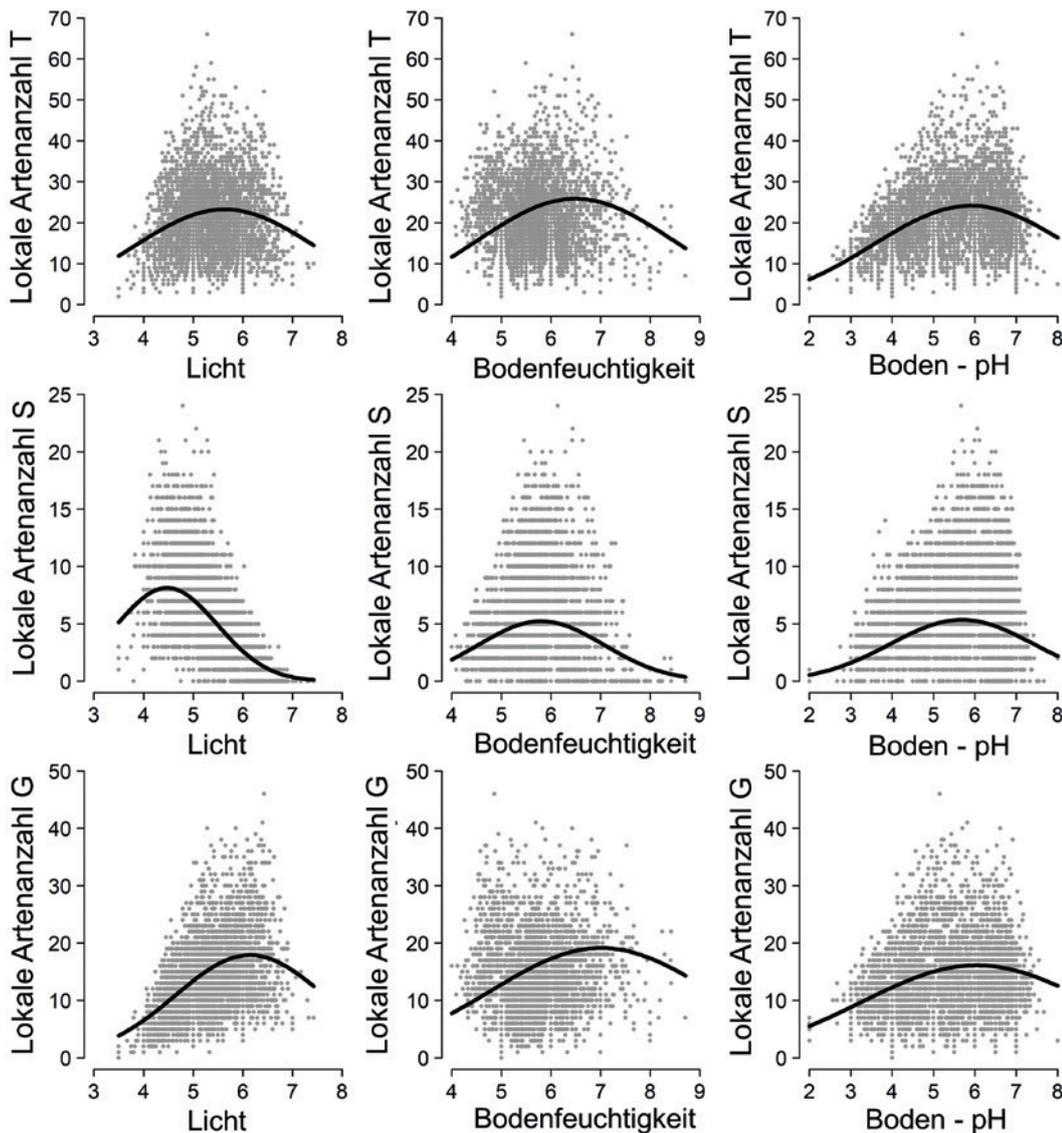


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen der lokalen Artenanzahl und der Lichtverfügbarkeit, Bodenfeuchtigkeit und dem pH-Wert des Bodens (basierend auf den Ellenberg-Indikatorwerten). Oben: Gesamtheit der Arten; Mitte: Waldspezialisten; Unten: Generalisten (abgekürzt mit T, S, G). Die Abbildung wurde aus Paulssen et al. (2024) übernommen und sprachlich angepasst.



Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sich eine Erhöhung der Artenanzahl im Wald positiv auf die lokale Pflanzenanzahl auswirkt. Eine solche positive Beziehung ergibt sich, weil lokale Populationen, z. B. in einem Plot, ihre Arten von einem Artenpool auf einem größeren räumlichen Level, z. B. einem Wald, beziehen (He et al., 2005). Ob eine Art, die einen Wald erreicht hat und sich folglich in diesem Wald-Artenpool befindet, tatsächlich eine Population an einem lokalen Standort ausbildet, hängt von ihrer Ausbreitungsfähigkeit und ihrer Fähigkeit ab, unter den spezifischen lokalen Umweltbedingungen zu wachsen (Pärtel et al., 2013).

Wir haben festgestellt, dass der lokale Artenreichtum von Waldpflanzen in den „Bocage“ Landschaftstypen höher ist als in den „Open“ Landschaftstypen. Dies deutet darauf hin, dass kleine naturnahe Lebensräume wie Hecken, Baumreihen und Sträucher in der umgebenden Landschaftsmatrix die Konnektivität zwischen Wäldern verbessern und die Ausbreitung von Waldpflanzen zwischen Wäldern ermöglichen (Jamoneau et al., 2011; Lenoir et al., 2021). Diese „ökologischen Korridore“ (Jamoneau et al., 2011) erhöhen die Ausbreitungsmöglichkeiten für Pflanzenarten, indem sie die Erreichbarkeit von Lebensräumen verbessern und eine allgemein höhere Durchlässigkeit der Landschaft schaffen. Dies kann dazu führen, dass es mehrere Möglichkeiten gibt, ein Waldstück zu erreichen, und dass Waldpflanzenarten mehr Chancen haben, lokale Populationen in einem Wald zu etablieren. Van Neste et al. (2020) stellten fest, dass lineare Landschaftselemente generell einen geeigneten Lebensraum für viele Waldarten darstellen. Obwohl Generalisten eher ein höheres Ausbreitungsvermögen haben und weniger empfindlich auf die Fragmentierung von Lebensräumen reagieren, als Spezialisten (Verheyen & Hermy, 2001; Brunet et al., 2011), zeigen die Ergebnisse unserer Studie, dass auch Generalisten durch die Fragmentierung von Lebensräumen negativ beeinflusst werden können, wenn die Konnektivität zwischen den Waldstücken gering ist.

Dieser positive Einfluss der „Bocage“ Landschaft auf die lokale Pflanzenvielfalt ist ein wichtiges Ergebnis, denn es zeigt, wie die biologische Vielfalt von Pflanzenarten in Wäldern, die in Agrarlandschaften eingebettet sind, gefördert werden kann. Letzteres unterstreicht, wie wichtig es ist, kleine naturnahe Lebensräume wie Baumreihen, ungenutzte Feldränder und Hecken nicht nur zu erhalten, sondern auch zu erweitern, um die Ausbreitung von Waldspezialisten und Generalisten in Agrarlandschaften zu fördern.

Wir kommen zu dem Schluss, dass Waldspezialisten und Generalisten in ähnlicher Weise von der Landschaftsstruktur, von der Artenanzahl im Wald und vom pH-Wert des Bodens beeinflusst werden, während die Licht- und Bodenfeuchtigkeitsbedingungen unterschiedliche Auswirkungen haben. Die Ergebnisse erweitern unser Verständnis der Faktoren und Prozesse, die die lokale Pflanzenvielfalt prägen, und helfen, die unterschiedlichen Reaktionen von Waldspezialisten und Generalisten zu verstehen.

Danksagung

Ich möchte mich bei dem FLEUR Netzwerk für die Vegetationsdaten und bei Martin Diekmann für die umfassende Unterstützung in diesem Projekt bedanken.

Quellenverzeichnis

- BRUNET, J., VALTINAT, K., MAYR, M. L., FELTON, A., LINDBLADH, M., & BRUUN, H. H. (2011). Understorey succession in post-agricultural oak forests: Habitat fragmentation affects forest specialists and generalists differently. *Forest Ecology and Management*, 262(9), 1863–1871. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.007>
- DECKERS, B., KERSELAERS, E., GULINCK, H., MUYS, B., & HERMY, M. (2005). Long-term spatio-temporal dynamics of a hedgerow network landscape in Flanders, Belgium. *Environmental Conservation*, 32(1), 20–29. <https://doi.org/10.1017/S0376892905001840>
- ELLENBERG, H., WEBER, H., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., & PAULISSEN, D. (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, 18, 1–248.
- GEOPORTAL OF THE EUROPEAN COMMISSION (EUROSTAT) EUROGEOGRAPHICS AND UN-FAO (2020). Co<<<untries, 2020 - Administrative Units - Dataset. Available at <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/countries> [Accessed 08 June 2021]
- HE, F., GASTON, K. J., CONNOR, E. F., & SRIVASTAVA, D. S. (2005). The local–regional relationship: immigration, extinction, and scale. *Ecology*, 86(2), 360–365. <https://doi.org/10.1890/04-1449>
- HEINKEN, T., DIEKMANN, M., LIIRA, J., ORCZEWSKA, A., SCHMIDT, M., BRUNET, J., CHYTRÝ, M., CHABRERIE, O., DECOCQ, G., DE FRENNE, P., DŘEVOJAN, P., DZWONKO, Z., EWALD, J., FEILBERG, J., GRAAE, B. J., GRYNES, J.-A., HERMY, M., KRIEBITZSCH, W.-U., LAIVIŃŠ, M., ... VAN NESTE, T. (2022). The European Forest Plant Species List (EuForPlant): Concept and applications. *Journal of Vegetation Science*, 33(3), e13132. <https://doi.org/10.1111/jvs.13132>
- JAMONEAU, A., SONNIER, G., CHABRERIE, O., CLOSSET-KOPP, D., SAGUEZ, R., GALLET-MORON, E., & DECOCQ, G. (2011). Drivers of plant species assemblages in forest patches among contrasted dynamic agricultural landscapes: Local species diversity in forest metacommunities. *Journal of Ecology*, 99(5), 1152–1161. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01840.x>
- JOINT RESEARCH CENTRE, INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY, ESTREGUIL, C., CAUDULLO, G., DE RIGO, D. (2013). Forest landscape in Europe: pattern, fragmentation and connectivity. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/77842>
- KENNEDY, C. M., OAKLEAF, J. R., THEOBALD, D. M., BARUCH-MORDO, S., & KIESECKER, J. (2019). Managing the middle: A shift in conservation priorities based on the global human modification gradient. *Global Change Biology*, 25(3), 811–826. <https://doi.org/10.1111/gcb.14549>



- LENOIR, J., DECOCQ, G., SPICHER, F., GALLET-MORON, E., BURIDANT, J., & CLOSSET-KOPP, D. (2021). Historical continuity and spatial connectivity ensure hedgerows are effective corridors for forest plants: Evidence from the species–time–area relationship. *Journal of Vegetation Science*, 32(1), e12845. <https://doi.org/10.1111/jvs.12845>
- PAULSSEN, J., BRUNET, J., COUSINS, S. A. O., DECOCQ, G., DE FRENNE, P., DE SMEDT, P., HEDWALL, P., LENOIR, J., LIIRA, J., LINDGREN, J., NAAF, T., PAAL, T., VALDÉS, A., VERHEYEN, K., WULF, M., & DIEKMANN, M. (2024). Patterns of local plant diversity and community saturation in deciduous forests in Europe. *Journal of Vegetation Science*, 35(6), e13318. <https://doi.org/10.1111/jvs.13318>
- PÄRTEL, M., SZAVA-KOVATS, R., & ZOBEL, M. (2013). Community completeness: Linking local and dark diversity within the species pool concept. *Folia Geobotanica*, 48(3), 307–317. <https://doi.org/10.1007/s12224-013-9169-x>
- POSCHLOD, P., & BRAUN-REICHERT, R. (2017). Small natural features with large ecological roles in ancient agricultural landscapes of Central Europe - History, value, status, and conservation. *Biological Conservation*, 211, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.12.016>
- SMALL FOREST. BIODIVERSA+ EUROPEAN BIODIVERSITY PARTNERSHIP
Available at <https://www.biodiversa.eu/2022/10/31/smallforest> [Accessed 12 March 2024]
- TSCHARNTKE, T., KLEIN, A. M., KRUESS, A., STEFFAN-DEWENTER, I., & THIES, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- VALDÉS, A., LENOIR, J., DE FRENNE, P., ANDRIEU, E., BRUNET, J., CHABRERIE, O., COUSINS, S. A. O., DECONCHAT, M., DE SMEDT, P., DIEKMANN, M., EHLMANN, S., GALLET-MORON, E., GÄRTNER, S., GIFFARD, B., HANSEN, K., HERMY, M., KOLB, A., LE ROUX, V., LIIRA, J., ... DECOCQ, G. (2020). High ecosystem service delivery potential of small woodlands in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 57(1), 4–16. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13537>
- VANNESTE, T., GOVAERT, S., DE KESEL, W., VAN DEN BERGE, S., VANGANSBEKE, P., MEEUSSEN, C., BRUNET, J., COUSINS, S. A. O., DECOCQ, G., DIEKMANN, M., GRAAE, B. J., HEDWALL, P.-O., HEINKEN, T., HELSEN, K., KAPÁS, R. E., LENOIR, J., LIIRA, J., LINDMO, S., LITZA, K., ... DE FRENNE, P. (2020). Plant diversity in hedgerows and road verges across Europe. *Journal of Applied Ecology*, 57(7), 1244–1257. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13620>
- VERHEYEN, KRIS., & HERMY, MARTIN (2001). Spatio-temporal colonization patterns of forest plant species in a mixed deciduous forest. *Journal of Vegetation Science*, 12(4), 567–578. <https://doi.org/10.2307/3237008>
- WILCOX, B. A., & MURPHY, D. D. (1985). Conservation strategy: The effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist*, 125(6), 879–887. <https://doi.org/10.1086/284386>
- WILSON, M. C., CHEN, X. Y., CORLETT, R. T., DIDHAM, R. K., DING, P., HOLT, R. D., HOLYOAK, M., HU, G., HUGHES, A. C., JIANG, L., LAURANCE, W. F., LIU, J., PIMM, S. L., ROBINSON, S. K., RUSSO, S. E., SI, X., WILCOVE, D. S., WU, J., & YU, M. (2016). Habitat fragmentation and biodiversity conservation: Key findings and future challenges. *Landscape Ecology*, 31(2), 219–227. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0312-3>

Kontakt

Jolina Paulssen, M.Sc.
Universität Bremen,
AG Vegetationsökologie und Naturschutzbiologie
James-Watt-Straße 1, 28359 Bremen
jolina@uni-bremen.de

