

# Zusatzmaterial zu:

## 10 Jahre Monitoring belegen die Wiederherstellung Magerer Flachlandmähwiesen in Luxemburg

Supplement to:

10 years of monitoring prove the restoration  
of lowland hay meadows in Luxembourg

Inge-Beatrice Biro, Claire Wolff und Simone Schneider

Natur und Landschaft — 99. Jahrgang (2024) — Ausgabe 4: 161 – 173

### Zusammenfassung

Aufgrund der starken Gefährdung von Grünlandhabitaten in Mitteleuropa gibt es auf europäischer und nationaler Ebene klare Zielvorgaben für deren Wiederherstellung. In Luxemburg wird langfristig die Renaturierung von über 4.000 ha des Fauna-Flora-Habitat-Lebensraumtyps (FFH-LRT) Magere Flachlandmähwiese (FFH-LRT 6510) angestrebt. Im Südwesten Luxemburgs wurden seit mehr als 15 Jahren Grünlandrenaturierungen mit autochthonem Spendermaterial (frisches Mahdgut oder direkt geerntete Saatgutmischung) durchgeführt. Zur Erfolgskontrolle wurden die Maßnahmen seit 2012 von einem vegetationskundlichen Monitoring begleitet. Für den vorliegenden Beitrag wurden 202 Artenlisten von 43 Wiederherstellungsmaßnahmen auf ehemaligen Grünland-, Acker- und Fichtenforststandorten ausgewertet, die als Zielbiotop den FFH-LRT 6510 hatten. Dabei wurde die Entwicklung der renaturierten Bereiche in Bezug auf die Artenzusammensetzung der Blütenpflanzen, die Anzahl und Deckungssumme definierter Zielarten und das Kräuter-Gräser-Verhältnis geprüft und die Anzahl an Zielarten für die Spender- und Empfängerflächen miteinander verglichen. Als Parameter der Erfolgskontrolle wurden die Übertragungsraten der Zielarten berechnet. Die Empfängerflächen wurden Wertstufen für das lebensraumtypische Arteninventar des FFH-LRT 6510 zugeordnet. Die Renaturierungen konnten – auch in Abhängigkeit von ihrer Vornutzung – als sehr erfolgreich eingestuft werden. Das Artenspektrum der renaturierten Bereiche hat sich dem der Spenderflächen genähert und die Anzahl der Zielarten konnte auf den Empfängerflächen signifikant erhöht werden. Insgesamt wurden mittlere Übertragungsraten von 45–76 % der Zielarten erreicht. Vor allem haben sich häufige Zielarten gut etablieren können, während seltene Zielarten nur in geringem Umfang übertragen wurden. 90 % der betrachteten Empfängerflächen erreichten in Bezug auf die lebensraumtypische Artenzusammensetzung des FFH-LRT 6510 die Wertstufe A. Im Einklang mit anderen Studien kann geschlussfolgert werden, dass der Renaturierungserfolg im mesophilen Grünland bereits nach 3–4 Jahren überprüft werden kann. Zur umfassenden Bewertung des Erfolgs von Grünlandrenaturierungen fehlt es bislang jedoch an einheitlichen Erfassungsstandards. Ein Monitoring nach Wiederherstellungen von Graslandlebensräumen mittels standardisierter Methode und einheitlicher Parameter wird als zwingend notwendig erachtet, um gezielte Nachbesserungen vornehmen zu können. Zielarten, die sich schlecht bzw. nicht etablieren konnten oder in den Spenderflächen fehlen, sollen nachträglich durch Einsaat oder Aussaat eingebracht werden.

Erfolgskontrolle – Grünlandrenaturierung – Magere Flachlandmähwiese – Mahdgutübertragung – Übertragungsraten – Zielarten

### Abstract

Due to the severe threat to grassland habitats in Central Europe, there are clearly defined targets for their restoration at both the European and national level. In Luxembourg, the long-term goal is the restoration of over 4,000 ha of the lowland hay meadow habitat type 6510 listed under the Habitats Directive of the European Union. In the southwest of Luxembourg, grassland restoration projects have been carried out for more than fifteen years with autochthonous donor material (fresh hay or directly harvested seed mixture). In order to monitor the success of the restoration measures, they have been accompanied by vegetation monitoring since 2012. For the present study, 202 species lists of 43 restoration measures on former grassland, arable land and spruce forest were evaluated. All sites had the habitat type 6510 as target biotope. The development of the restored sites was examined with regard to the species composition of flowering plants, the number and cover sum of defined target species and the herb-grass ratio. The number of target species on donor and recipient sites was compared to each other. As a success indicator, the transfer rates of the target species were calculated and the recipient sites were assigned qualitative grades for the species inventory characteristic of habitat type 6510. The restoration measures were graded as very successful. The species composition of the restored sites approached that of the donor sites and the number of target species increased significantly in the recipient sites. Overall, mean transfer rates of 45 % to 76 % of the target species were achieved. Common target species established themselves particularly well, while rare target species were only transferred to a small extent. 90 % of the recipient sites achieved qualitative grade A with regard to the characteristic species composition of habitat type 6510. In line with other studies, it can be concluded that the success of restoration measures in mesophilic grasslands can already be verified after three to four years. However, to date there is a lack of uniform recording standards for a comprehensive evaluation of the success of grassland restoration. Monitoring after restoration by means of a standardised method and uniform parameters is considered imperative in order to be able to make targeted improvements. Target species that have established themselves poorly or not at all or that are missing in the donor sites should be introduced subsequently by sowing or planting.

Success monitoring – Meadow restoration – Lowland hay meadow – Green hay transfer – Transfer rates – Target species

## 1 Methoden

### 1.1 Untersuchungsgebiet

Die Renaturierungsflächen liegen naturräumlich im Luxemburger Gutland (mittlere Höhe 300 m über Normalnull, jährliche Durchschnittstemperatur 8,5–9,0 °C, jährliche Niederschlagsmenge 800–900 mm; Pfister et al. 2005). Mehr als die Hälfte der Flächen liegt auf Gesteinsschichten verschiedener Ausprägungen des Lias – insbesondere auf tonigen Mergeln und Kalken, gelegentlich auch im Übergang zum Luxemburger Sandstein. Einzelne Empfängerflächen finden sich auf Keuper-Mergel, alluvialen Talablagerungen sowie jungtertiären Ablagerungen (Administration du Cadastre et de la Topographie 2018).

### 1.2 Datenaufarbeitung und statistische Auswertung

Die Nomenklatur der erfassten Gefäßpflanzen richtet sich nach Lambinon, Verloove (2015) (mit Ausnahme der Aggregate), die der deutschen Artnamen folgt <https://floraweb.de>.

Das Renaturierungsmonitoring hat in seinem zehnjährigen Bestehen einen Entwicklungsprozess durchlaufen (u. a. aus Praktikabilitätsgründen) und wurde im Laufe der Jahre geringfügig angepasst, wobei die Erfassungsmethodik der Vegetation unverändert blieb. Abweichungen von dem vorgestellten Monitoring-Schema gab es nur beim Rhythmus der Erfassungen und auf wenigen älteren Flächen betrug die Größe der Dauerplots 5 m × 5 m (davon 5 Plots in der Auswertung), bevor konsequent das Maß von 2 m × 8 m angewandt wurde. In der Regel wurde ein Dauerplot pro Empfängerfläche angelegt; bei größeren Empfängerflächen auch mehrere Dauerplots.

Für die Auswertung wurden sowohl die Vegetationsaufnahmen der Dauerplots als auch die Artenlisten der gesamten Spender- und Empfängerflächen berücksichtigt; pro Betrachtungseinheit wurden dazu immer nur die aktuellste Artenliste bzw. Vegetationsaufnahme und die Artenliste bzw. Vegetationsaufnahme, die den Ausgangszustand vor der Renaturierung beschreibt, verwendet. Als Ausgangszustand der Renaturierungsplots wurden die Vegetationsaufnahmen des jeweils dazugehörigen Kontrollplots im ersten Jahr nach der Renaturierung genutzt. Für acht Renaturierungsplots wurden Vegetationsaufnahmen vor der Durchführung der Wiederherstellungsmaßnahmen erhoben, die in diesen Fällen den Ausgangszustand beschreiben. Der Ausgangszustand der gesamten Empfängerfläche auf bestehendem Grünland ist für 12 der 23 verwendeten Empfängerflächen dokumentiert. Bei Renaturierungen ehemaliger Äcker und Fichtenschläge wurde der Ausgangszustand aus rein pragmatischen Gründen, die mit dem Ablauf und der konkreten Umsetzung zusammenhängen, nicht dokumentiert.

Das Alter der Renaturierung ist definiert als die Differenz zwischen dem Jahr, in dem die Renaturierung durchgeführt wurde, und dem Jahr, in dem die jeweils betrachtete vegetationskundliche Erfassung gemacht wurde. Eine Aufnahme, die im Folgejahr der Renaturierung erfasst wurde, entspricht somit einem Renaturierungsalter von einem Jahr.

Für den Vergleich der Artenzusammensetzung der Spenderflächen mit den Renaturierungsplots wurde eine NMDS-Ordination (NMDS = nichtmetrische multidimensionale Skalierung) mithilfe von PC-ORD Version 7.0 (McCune, Mefford 2016) berechnet. Dabei handelt es sich um ein Ordinationsverfahren, bei dem allen Artenlisten bzw. Vegetationsaufnahmen auf Grundlage floristischer Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit ein Wert zugeordnet wird. Auf Basis dieser Werte werden die Listen bzw. Aufnahmen ordiniert und das Ergebnis wird in einem mehrdimensionalen Koordinatensystem dargestellt. Für die Berechnung wurden die Standardeinstellungen in PC-ORD mit dem Jaccard-Index als Distanzmaß verwendet. Alle Vegetationsdaten der Spenderflächen (halbquantitative Häufigkeitsskala) sowie der Renaturierungsplots (Braun-Blanquet-

Aufnahmen) wurden in Präsenz-Absenz-Daten umgewandelt. Die Ordination beruht auf 95 Datensätzen, davon gehören 64 zu Renaturierungsplots auf 26 Empfängerflächen und 31 zu Spenderflächen. Als Ergebnis der NMDS wurde eine dreidimensionale Variante mit einem Stress-Wert unter 20 akzeptiert. Für die Darstellung wurden zwei Ordinationsdiagramme erstellt, in denen die Renaturierungsplots einmal nach der Vornutzung der Empfängerflächen (ehemalige Ackernutzung oder Grünland) klassifiziert wurden und einmal nach dem Alter der Renaturierungen. Zusätzlich wurden die oben erwähnten errechneten Parameter dem Ordinationsdiagramm als Variablen überlagert. Für alle Variablen, die eine Artenzahl ausdrücken, muss berücksichtigt werden, dass die Artenzahlen für große Flächen (gesamte Nutzungspartelle der Spenderflächen) tendenziell größer sind als für kleine Flächen (Renaturierungsplots). Deshalb ist anzunehmen, dass alle Umweltgradienten, die die Artenzahl anzeigen, stark positiv mit den Spenderflächen korreliert sind.

Die Empfänger- und Spenderflächen wurden in Hinblick auf die Anzahl an Zielarten mithilfe einer ANOVA und eines Post-hoc-Tukey-HSD-Tests (Tukey's honest significance test,  $\alpha = 0,05$ ) miteinander verglichen ( $n = 72$ ). Normalverteilung und Varianzhomogenität waren gegeben. Bei der Auswertung der Dauerplots lag jedoch keine Normalverteilung vor, weshalb der gepaarte Wilcoxon-Rangsummentest verwendet wurde. Die Entwicklung der Renaturierungsplots nach der Renaturierung wurde betrachtet ( $n = 64$ ), indem die Anzahl und Deckung an Zielarten sowie das Kräuter-Gräser-Verhältnis für Plots vor und nach der Renaturierung miteinander verglichen wurden. Für die Berechnung der Deckungssumme der Zielarten wurde die Schätzung der Artenmächtigkeit nach der von Reichelt, Wilmanns (1973) modifizierten Braun-Blanquet-Skala wie folgt umgewandelt (Gilhaus et al. 2015):  $r = 0,1\%$ ,  $+$  =  $0,1\%$ ,  $1 = 1\%$ ,  $2m = 2\%$ ,  $2a = 8\%$ ,  $2b = 18\%$ ,  $3 = 33\%$ ,  $4 = 58\%$  und  $5 = 83\%$ .

Um zu testen, ob sich die Zielarten über die aktiv renaturierten Teilbereiche hinaus ausgebreitet haben, wurden zwei Tests mittels gepaarter Wilcoxon-Rangsummentests durchgeführt. Die Anzahl an Zielarten wurde zum einen für die Kontrollplots vor und nach der Renaturierung miteinander verglichen und zum anderen wurde die Anzahl an Zielarten der Renaturierungs- und Kontrollplots nach der Renaturierung miteinander verglichen.

Für die gesamte Datenverarbeitung und Analyse wurde – abgesehen von der Ordination – R Version 4.2.2 (R Core Team 2022) mit den Paketen rstatix (Kassambara 2022) und stats (R Core Team 2022) verwendet. Die Werte der Artenzahlen, Deckungswerte sowie des Kräuter-Gräser-Verhältnisses wurden auf ganze Zahlen gerundet.

### 1.3 Ermittlung von Übertragungsraten sowie Einstufung zum FFH-LRT 6510

Um den Renaturierungserfolg der Zielarten zu quantifizieren, wurde zunächst für 19 Empfängerflächen die Anzahl der übertragenen Zielarten bestimmt. Diese ergibt sich aus der Anzahl an nachgewiesenen Zielarten in der letzten zur Verfügung stehenden Artenliste der Empfängerfläche abzüglich der Anzahl an Zielarten, die vor der Renaturierung schon auf diesen Flächen nachgewiesen wurden. Für Renaturierungen auf bestehendem Grünland konnten demnach nur Flächen berücksichtigt werden, für die auch Artenlisten vor der Renaturierung existierten. Bei Renaturierungen auf ehemaligen Äckern und Fichtenschlägen wurden alle nach der Renaturierung erfassten Zielarten auf der Empfängerfläche als erfolgreich übertragen gewertet. In einem zweiten Schritt wurden die übertragenen Zielarten der 19 Empfängerflächen ins Verhältnis gesetzt zu der Anzahl an Zielarten auf den Spenderflächen. Daraus ergibt sich die Übertragungsraten von Zielarten pro Renaturierung. Bei Renaturierungen, bei denen Material von mehr als einer Spenderfläche verwendet wurde, wurde die Anzahl an Zielarten der Spenderflächen

zusammengefasst. Im vorliegenden Beitrag wird in diesen Fällen der Einfachheit halber dennoch der Begriff Spenderfläche verwendet, auch wenn damit das Material mehrerer Spenderflächen gemeint ist.

Zusätzlich zur Übertragungsrates pro Renaturierung wurde der artspezifische Übertragungserfolg ermittelt, indem die Frequenz der Zielarten auf den Spender- und Empfängerflächen miteinander verglichen wurde. Hierfür wurde für 32 Spender- und Empfängerflächenpaare ermittelt, ob eine Zielart – falls auf den Spenderflächen vorhanden – nach der Renaturierung auch auf der Empfängerfläche vorkam. Daraus leitet sich der Übertragungserfolg pro Zielart ab, auf dessen Basis die Zielarten in fünf Kategorien unterteilt wurden (siehe Tab. 3, S. 168 in der gedruckten Fassung): I (Zielart in 100 % bis 61 % der Fälle übertragen), II (60 % bis 41 %), III (40 % bis 21 %), IV (20 % bis 1 %) und V (0 %).

Abschließend wurde geprüft, inwiefern die Empfängerflächen nach der Renaturierung dem FFH-LRT 6510 entsprachen. Das Durchschnittsalter der einbezogenen 21 Empfängerflächen nach Renaturierung lag bei fünf Jahren. Um die Entwicklung der Empfängerflächen im Vergleich zum Zustand vor der Renaturierung darzustellen, wurden nur solche ausgewählt, bei denen der Ausgangszustand vor der Renaturierung erfasst wurde oder die vor der Renaturierung als Äcker oder Fichtenforste genutzt wurden. Für die Einstufung als FFH-LRT 6510 wurden pro Empfängerfläche auf Basis der Anzahl der Zielarten die Klassifikationskriterien des Offenland-Biotopkatasters angewendet (Ministère de l'Environnement 2009; MECDD 2023). Das Bewertungssystem der Biotop berücksichtigt neben der lebensraumtypischen Artenzusammensetzung der Fläche auch die Struktur der Vegetation (ob bspw. ein ausgeprägter Krautreichtum vorliegt oder der Bestand krautarm ist, ob die vertikale Struktur überwiegend aus Mittel- und Untergräsern oder Obergräsern aufgebaut ist) und eventuell vorhandene Beeinträchtigungen (z. B. Ablagerungen, Ein-/Nachsaat, Herbizidschäden, Nährstoffeintrag auch von angrenzenden Flächen, Überweidung/-nutzung). Dabei ergibt sich die Gesamtbewertung des LRT durch Addition der Einzelbewertungen von Artenzahl, Struktur und Beeinträchtigung (Ministère de l'Environnement 2009; ANF 2023). In der vorliegenden Auswertung basiert die Klassifizierung in die Wertstufen A, B und C allein auf der lebensraumtypischen Artenzusammensetzung und ist somit nur eine Annäherung an die Biotopqualität bzw. vollständige Biotoptypenbewertung der Empfängerflächen. Es gelten folgende Definitionen für die Wertstufen (entsprechend der Kartieranleitung des Biotopkatasters, Ministère de l'Environnement 2009; ANF 2023): A =  $\geq 15$  Zielarten vorhanden, B = 9–14 Zielarten vorhanden, C = 4–8 Zielarten vorhanden und bei weniger als 4 Zielarten liegt keine lebensraumtypische Artenzusammensetzung vor.

## 2 Literatur

- Administration du Cadastre et de la Topographie (2018): Carte géologique harmonisée. [https://bit.ly/Karte\\_Geol\\_Lux](https://bit.ly/Karte_Geol_Lux) (aufgerufen am 16.1.2023).
- ANF/Administration de la nature et des forêts (Hrsg.) (2023): Biotopkataster Luxemburg. Monitoring des Erhaltungszustands der nach Artikel 17 des modifizierten Naturschutzgesetzes geschützten Offenlandbiotope. Kartieranleitung. Version 2.0. ANF. Diekirch: 91 S.
- Gilhaus K., Vogt V., Hölzel N. (2015): Restoration of sand grasslands by topsoil removal and self-greening. *Applied Vegetation Science* 18(4): 661–673. DOI: 10.1111/avsc.12176

- Kassambara A. (2022): Rstatix: Pipe-friendly framework for basic statistical tests. <https://github.com/kassambara/rstatix> (aufgerufen am 27.11.2023).
- Lambinon J., Verloove F. (Hrsg.) (2015): Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines. Ptéridophytes et Spermatophytes. Edition du Jardin botanique Meise. Meise: 1.195 S.
- McCune B., Mefford M.J. (2016): PC-ORDTM. Multivariate analysis of ecological data. Version 7.0. User's Booklet. Wild Blueberry Media LLC. Corvallis: 34 S.
- MECDD/Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable (Hrsg.) (2023): Bewertungsbogen BTK 6510. <https://environnement.public.lu/dam-assets/documents/natur/biodiversite/cadastre-des-biotopes/kb-2023-de-v0.zip> (aufgerufen am 9.1.2023).
- Ministère de l'Environnement (Hrsg.) (2009): Biotopkataster Luxemburg. Erfassung der geschützten Offenlandbiotope nach Art. 17 des luxemburgischen Naturschutzgesetzes. Kartieranleitung. Teil 1: Geländekartierung. Ministère de l'Environnement. Luxemburg: 62 S.
- Pfister L., Wagner C. et al. (2005): Atlas climatique du grand-duché de Luxembourg. Musée national d'histoire naturelle. Luxembourg: 80 S.
- R Core Team (2022): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Wien. <https://www.r-project.org/> (aufgerufen am 10.10.2022).
- Reichelt G., Wilmanns O. (1973): Vegetationsgeographie. Westermann. Braunschweig: 210 S.

**Inge-Beatrice Biro**  
**Korrespondierende Autorin**  
**Naturschutzsyndikat SICONA**  
**Wissenschaftliche Abteilung**  
**12, rue de Capellen**  
**8393 Olm**  
**LUXEMBURG**  
**E-Mail: [beatrice.biro@sicona.lu](mailto:beatrice.biro@sicona.lu)**



Studium der Landschaftsökologie an der Universität Münster; im Jahr 2019 war die Autorin zunächst freiberuflich für das luxemburgische Naturschutzsyndikat SICONA tätig und wurde im April 2020 festes Mitglied des Teams der wissenschaftlichen Abteilung. Im Rahmen dieser Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin beschäftigt sie sich mit botanischen Erfassungen, vorwiegend im Grünland und auf Äckern, sowie der Verwaltung und Auswertung der von SICONA erhobenen floristischen und faunistischen Daten.

**Claire Wolff**  
**Naturschutzsyndikat SICONA**  
**Wissenschaftliche Abteilung**  
**12, rue de Capellen**  
**8393 Olm**  
**LUXEMBURG**

**Dr. Simone Schneider**  
**Naturschutzsyndikat SICONA**  
**Leiterin der wissenschaftlichen Abteilung**  
**12, rue de Capellen**  
**8393 Olm**  
**LUXEMBURG**  
**E-Mail: [simone.schneider@sicona.lu](mailto:simone.schneider@sicona.lu)**