Dieses Zusatzmaterial ist nicht im Hauptartikel enthalten und online abrufbar unter
https://www.natur-und-landschaft.de/extras/zusatzmaterial/

Zusatzmaterial Teil I zu:

Die Mahd nasser Moorstandorte verringert die Aktivitätsdichte, Aktivitätsbiomasse und Habitateignung für gefährdete Bodenarthropoden

Supplement to:

Mowing wet peatland sites reduces activity abundance, activity biomass and habitat suitability for endangered soil arthropods

Martin Lindner, Andreas Kleeberg, Dieter Martin und Joachim Schmidt

Natur und Landschaft — 100. Jahrgang (2025) — Ausgabe 4: 139 – 147

Zusammenfassung

Der Verlust an Artenvielfalt und Biomasse bei Insekten und anderen Arthropoden wurde nicht nur in der Agrarlandschaft, sondern auch in Naturschutzgebieten (NSG) dokumentiert, die sich fernab landwirtschaftlich genutzter Flächen befinden. Im vorliegenden Beitrag zeigen wir, dass unangepasstes Management von Moorstandorten die Habitateignung für überregional seltene und gefährdete Bodenarthropoden verringert und die Insektenbiomasse stark reduziert. In einem zweijährigen Bodenfallen-Untersuchungsprogramm wurde die Auswirkung der Mahd staunasser Moorflächen auf Bodenarthropoden in einem NSG in Mecklenburg untersucht, das von der Ostsee und dem ausgedehnten Waldgebiet der Rostocker Heide umgeben ist. Anhand der Aktivitätsdichten der nachgewiesenen Arten wurden die Bestände von Laufkäfern (Carabidae), Kurzflügelkäfern (Staphylinidae) und Webspinnen (Araneae) auf naturnahen Moorflächen, Sukzessionsstandorten und gemähten Flächen mit biostatistischen Methoden miteinander verglichen. Das derzeitige Management führt zu einem naturfernen Zustand in den Arthropodenbeständen. Verlust von Strukturvielfalt und Bodenverdichtung werden als mögliche Ursachen diskutiert. Von der Mahd profitieren v. a. weit verbreitete Arten. Moortypische, überregional gefährdete und seltene Arten präferieren naturnahe Standorte. Sie verlieren durch unangepasstes Management einen geeigneten Lebensraum. Da Moore einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung der Artenvielfalt liefern, sollten bisherige Strategien des Flächenmanagements in NSG hinsichtlich ihrer Wirkung auf Insekten und andere Arthropoden stetig überprüft werden. Maßnahmen, die nicht mit den Zielen des Biodiversitätsschutzes in Einklang stehen, sollten eingestellt werden.

Insektenrückgang – Naturschutzgebiet – Wiedervernässung – Management – Hotspot-Projekt – Carabidae – Staphylinidae – Araneae

Abstract

The loss of species diversity and biomass in insects and other arthropods has been documented not only in the agricultural landscape, but also in nature reserves that are located far away from agricultural land. In this article, we show that inappropriate management of peatland sites reduces habitat suitability for supra-regionally rare and endangered soil arthropods and greatly reduces insect biomass. The impact on soil arthropods of mowing waterlogged peatlands in a nature reserve in Mecklenburg, which is surrounded by the Baltic Sea and the extensive forest area of the Rostock Heath, was investigated using two-year pitfall trap catches. Based on the activity densities of the species detected, the populations of ground beetles (Carabidae), rove beetles (Staphylinidae) and web spiders (Araneae) in near-natural bog areas, succession sites and mowed areas were compared using biostatistical methods. The current management practices lead to a non-natural state in these arthropod assemblages. Loss of structural diversity and soil compaction are discussed as possible causes. Widespread species in particular benefit from mowing. Supra-regionally endangered and rare species characteristic of peatland habitats prefer near-natural sites. They lose a suitable habitat as a result of inappropriate management. As peatlands make a significant contribution to the conservation of biodiversity, the prevailing land management strategies in nature reserves need to be reviewed continuously with regard to their impact on insects and other arthropods. Measures that are not in line with the objectives of biodiversity conservation should be discontinued.

Insect decline – Nature reserve – Rewetting – Management – Hotspot project – Carabidae – Staphylinidae – Araneae

Double peer-reviewed, Einreichung: 8.5.2024, Annahme: 17.1.2025

DOI: 10.19217/NuL2025-04-02 (inkl. Zusatzmaterial)

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

1 Material und Methoden

1.1 Fotographische Dokumentation der untersuchten Standorte

Abb. A, B, C, D, E, F, G und H

Abb. A: Untersuchungsstandort „d-Mahd A“ (zu den Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung): gemähte Riedfläche auf dem wiedervernässten, ehemaligen Intensivgrünland nach der Mahd im August 2020. Die Schnitthöhe betrug ca. 5 cm. Die Flächen wurden für die Mahd und Mahdgutaufbereitung vielfach befahren. (Foto: Joachim Schmidt)

Fig. A: Study site “d-Mahd A” (for the site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version): Mown reedbed area on rewetted, former intensively used grassland after mowing in August 2020. Cutting height was approx. 5 cm. The area was frequently driven over for mowing and processing the mown material.

Abb. B: Untersuchungsstandort „d-Mahd B“ (zu den Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung): gemähte Riedfläche auf dem wiedervernässten, ehemaligen Intensivgrünland nach der Mahd im August 2021; Technikeinsatz wie am Standort „d-Mahd A“ (siehe Abb. A). (Foto: Joachim Schmidt)

Fig. B: Study site “d-Mahd B” (for the site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version): Mown reedbed area on rewetted, former intensively used grassland after mowing in August 2021; use of technology as at site “d-Mahd A” (see Fig. A).

Abb. C: Untersuchungsstandort „d-Sukz A“ (zu den Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung): etwa 15 Jahre alte Brache auf dem wiedervernässten ehemaligen Intensivgrünland (April 2021). Die Vegetation besteht aus einem Mosaik aus Binsen-, Seggen- und Schilfröhrichten, Flutrasen und offenen Schlenken. (Foto: Joachim Schmidt)

Fig. C: Study site “d-Sukz A” (for the site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version): Approximately 15-year-old fallow on rewetted, formerly intensively used grassland (April 2021). The vegetation consists of a mosaic of rush, sedge and reed beds, flood meadows and open swales.

Abb. D: Untersuchungsstandort „d-Sukz B“ (zu den Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung): etwa 15 Jahre alte Brache auf dem wiedervernässten ehemaligen Intensivgrünland (April 2021). Der Anteil an Schilfrohr (*Phragmites communis*) ist in der Vegetation dieses Standorts höher als auf der Brache „d-Sukz A“ (siehe Abb. C). (Foto: Joachim Schmidt)

Fig. D: Study site “d-Sukz B” (for the site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version): Approximately 15-year-old fallow on rewetted, formerly intensively used grassland (April 2021). The proportion of reeds (*Phragmites communis*) in the vegetation of this site is higher than on the fallow site “d-Sukz A” (see Fig. C).

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

Abb. E: Untersuchungsstandort „n-Sukz A“ (zu den Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung): etwa 15 Jahre alte Brache auf ehemaligem Extensivgrünland im naturnahen Teil des Hütelmoors mit dichten, niedrigwüchsigen *Phragmites*-Beständen, Seggenröhrichten und Offenstellen an Wildschwein-Wühlplätzen (August 2021). (Foto: Joachim Schmidt)

Fig. E: Study site “n-Sukz A” (for the site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version): Approximately 15-year-old fallow on formerly extensively used grassland in the near-natural part of the Hütelmoor with dense, low-growing *Phragmites* stands, sedge reeds and open areas at wild boar burrowing sites (August 2021).

Abb. G: Untersuchungsstandort „Klimax A“ (zu den Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung): eutraphentes (nährstoffreiches) *Phragmites*-Röhricht mit sehr hohem Deckungsgrad im naturnahen Teil des Moors nahe der Laakzone (April 2021). Störungen der weitgehend stabilen Vegetationsverhältnisse werden hier wohl ausschließlich durch Aktivitäten der großen Säugetiere hervorgerufen (Wildwechsel, Wühlstellen). (Foto: Joachim Schmidt)

Fig. G: Study site “Klimax A” (for the site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version): Eutrophic *Phragmites communis* reedbed with a very high cover degree in the near-natural part of the peatland near the Laakzone (April 2021). Disturbances to the largely stable vegetation conditions are probably caused exclusively by the activities of large mammals (deer crossing, burrowing).

Abb. F: Untersuchungsstandort „n-Sukz B“ (zu den Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung): übersandetes, naturnahes Moor im Lee der Küstendüne nach einem Sturmhochwasser im vorausgegangenen Winter (Juni 2019). Die Offenstellen werden sukzessive durch das hier dominierende Schilfrohr (*Phragmites communis*) wiederbesiedelt. (Foto: Joachim Schmidt)

Fig. F: Study site “n-Sukz B” (for the site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version): Over-sanded, semi-natural peatland in the lee of the coastal dune after a storm flood in the previous winter (June 2019). The open areas are gradually being reclaimed by the dominant reed (*Phragmites communis*).

Abb. H: Untersuchungsstandort „Klimax B“ (zu den Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung): eutraphentes (nährstoffreiches) *Phragmites*-Röhricht im naturnahen Teil des Moors am Südufer des Heiligensees (Juni 2021). Störungen der Vegetation (siehe Vordergrund des Fotos) kommen hier aufgrund von Wühlaktivitäten von Wildschweinen häufiger vor als am Standort „Klimax A“ (siehe Abb. G). (Foto: Joachim Schmidt)

Fig. H: Study site “Klimax B” (for the site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version): Eutrophic *Phragmites communis* reedbed in the near-natural part of the peatland on the southern shore of Heiligensee (June 2021). Disturbances of the vegetation occur more frequently than at the “Klimax A” site (see Fig. G) due to the digging activities of wild boars (see foreground of the photo).

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

1.2 Datenverarbeitung und Statistik

1.2.1 Aktivitätsdichte (ADI)

Die ADI auf Basis 14-tägiger Fallenleerungen (ADI_{14d}) wurde für jede Art und jeden Leerungstermin einer Fallenserie aus der Anzahl (n) der erfassten Individuen (Ind) pro Anzahl (n) der jeweils funktionsfähigen Bodenfallen (Bf) am Standort berechnet. Vom 14-tägigen (14d) Leerungsrhythmus abweichende Standzeiten der Fallen wurden wie folgt berücksichtigt (d = Tage):

$$ADI_{14d,Art\ i} = \frac{n(Ind)}{n(Bf)} * \frac{14d}{n(d)}$$

Die Jahres-ADI (ADI_{total}) der Arten wurden hilfsweise als Summe der Aktivitäten über den gesamten Fangzeitraum angegeben, wobei angenommen wurde, dass der gewählte Fangzeitraum (hier: April – Oktober) der Hauptaktivitätsphase der untersuchten Gruppen von Bodenarthropoden entspricht:

$$ADI_{total} = \sum_{Leerungstermin\ i\ =\ 1}^{n} ADI_{14d}$$

1.2.2 Individualbiomasse (IBM)

Die IBM wurde näherungsweise über die mittlere Körperlänge (BL_m) der jeweiligen Arten mittels Regressionsformeln berechnet.

Laufkäfer (Carabidae)

Die Individualbiomasse der Laufkäfer wurde nach Weiss, Linde (2022) berechnet. Die BL_m wurde aus Müller-Motzfeld (2006) entnommen.

Arten < 11,8 mm Körperlänge (Booij et al. 1994):

$$IBM(g) = \frac{10^{-1,3\ +\ 2,95\ *\ log(BL_m[mm])}}{1000}$$

Arten > 11,8 mm Körperlänge (Szyszko 1983):

$$IBM(g) = \exp\left(-8,92804283 + 2,55549621 * \ln(BL_m[mm])\right)$$

Kurzflügelkäfer (Staphylinidae)

Die BL_m wurde aus Freude et al. (1974) und Assing, Schülke (2012) entnommen.

Micropeplinae, Pselaphinae, Scydmaeninae (= Modell 6: Coleoptera, Sohlström et al. 2018):

$$IBM(g) = \frac{10^{-1,053\ +\ 2,592\ *\ log(BL_m[mm])}}{1000}$$

Alle anderen Staphylinidae (= Modell 6: Dermaptera, Sohlström et al. 2018):

$$IBM(g) = \frac{10^{-1,316\ +\ 2,529\ *\ log(BL_m[mm])}}{1000}$$

Webspinnen (Araneae)

Aufgrund des stark ausgeprägten Sexualdimorphismus wurde die IBM der Araneae für männliche und weibliche Individuen separat berechnet. Geschlechtsspezifische BL_m der Araneae basieren auf Nentwig (2020), verfügbar in der „World spider trait database“ (Pekár et al. 2021).

Auf alle Arten wurde das Model „ground spiders“ angewendet (Penell et al. 2018):

$$IBM(g) = \exp\left(-1,72389 + 2,69638 * \ln(BL_m[mm])\right)$$

1.2.3 Aktivitätsbiomasse (ABM)

Die ABM auf Basis 14-tägiger Fallenleerungen (ABM_{14d}) wurde für jede Art und jeden Leerungstermin einer Fallenserie durch Multiplikation der Individualbiomasse (IBM) mit der Aktivitätsdichte (ADI) am jeweiligen Standort berechnet:

$$ABM_{14d,Art\ i} = IBM * ADI_{14d,Art\ i}$$

Für den Vergleich der Biomassen der verschiedenen betrachteten Gruppen (Carabidae, Staphylinidae, Araneae) wurden die ABM_{14d} aller Arten innerhalb der jeweiligen Gruppe am Standort summiert:

$$ABM_{14d,Gruppe} = \sum_{Art\ i\ =\ 1}^{n} ABM_{14d,Art\ i}$$

Die Jahres-Aktivitätsbiomasse (ABMtotal) wurde analog zur Jahres-Aktivitätsdichte als Summe der ABM_{14d} aller Leerungstermine angegeben:

$$ABM_{total} = \sum_{Leerungstermin\ i\ =\ 1}^{n} ABM_{14d}$$

1.2.4 Heatmap

Der Datensatz wurde folgendermaßen reduziert: Alle Arten, die nur mit einem einzelnen Individuum/Standort erfasst wurden, sowie stenök waldgebundene und xerophile (trockenheitsliebende) Laufkäferarten wurden aus dem Datensatz entfernt.

Für die Erstellung der Heatmap wurde das R-package „pheatmap“ (Kolde 2019) verwendet.

Angaben zu den Gefährdungsgraden und Seltenheitskategorien in Deutschland wurden den Roten Listen Deutschlands (Blick et al. 2016; Schmidt et al. 2016; Schmidl et al. 2021) entnommen.

1.2.5 Clusteranalyse

Für die statistische Analyse wurde die Statistiksoftware R/RStudio (R Core Team 2023) verwendet. Für die Abbildungen wurden, wenn nicht anders angegeben, die R-packages „ggplot“ (Wickham 2016) oder „ggpubr“ (Kassambara 2023) verwendet.

Die Ähnlichkeiten der Arthropodenbestände wurden über eine hierarchische Clusteranalyse (Bray-Curtis-Distanzmatrix auf Basis der ADI mit Ward's Method („ward.D2“) und 10.000 boots berechnet (Kirichenko-Babko et al. 2021).

Als Gütemaß wurden der Kophenetische Korrelationskoeffizient (kk), die Bootstrap-Wahrscheinlichkeiten (bp) und geschätzte fehlerkorrigierte Wahrscheinlichkeiten (au) berechnet. Dafür wurden

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

die R-packages „pvclust“ (Suzuki et al. 2019), „vegan“ (Oksanen et al. 2022) und „stats“ (R Core Team 2023) verwendet.

1.2.6 Mehrstufige multidimensionale Skalierung (metaMDS)

Der Datensatz wurde folgendermaßen reduziert: Alle Arten, die nur mit einem einzelnen Individuum/Standort erfasst wurden, sowie stenök waldgebundene und xerophile Laufkäferarten wurden aus dem Datensatz entfernt.

Für die metaMDS (Oksanen 2024 basierend auf Minchin 1987) wurde das R-package „vegan“ (Oksanen et al. 2022) verwendet.

Parameter: verwendete Distanzmatrix = Bray-Curtis, Dimensionen k = 2, maximale Anzahl Iterationen maxit = 999, maximale Anzahl zufälliger Startsequenzen trymax = 500.

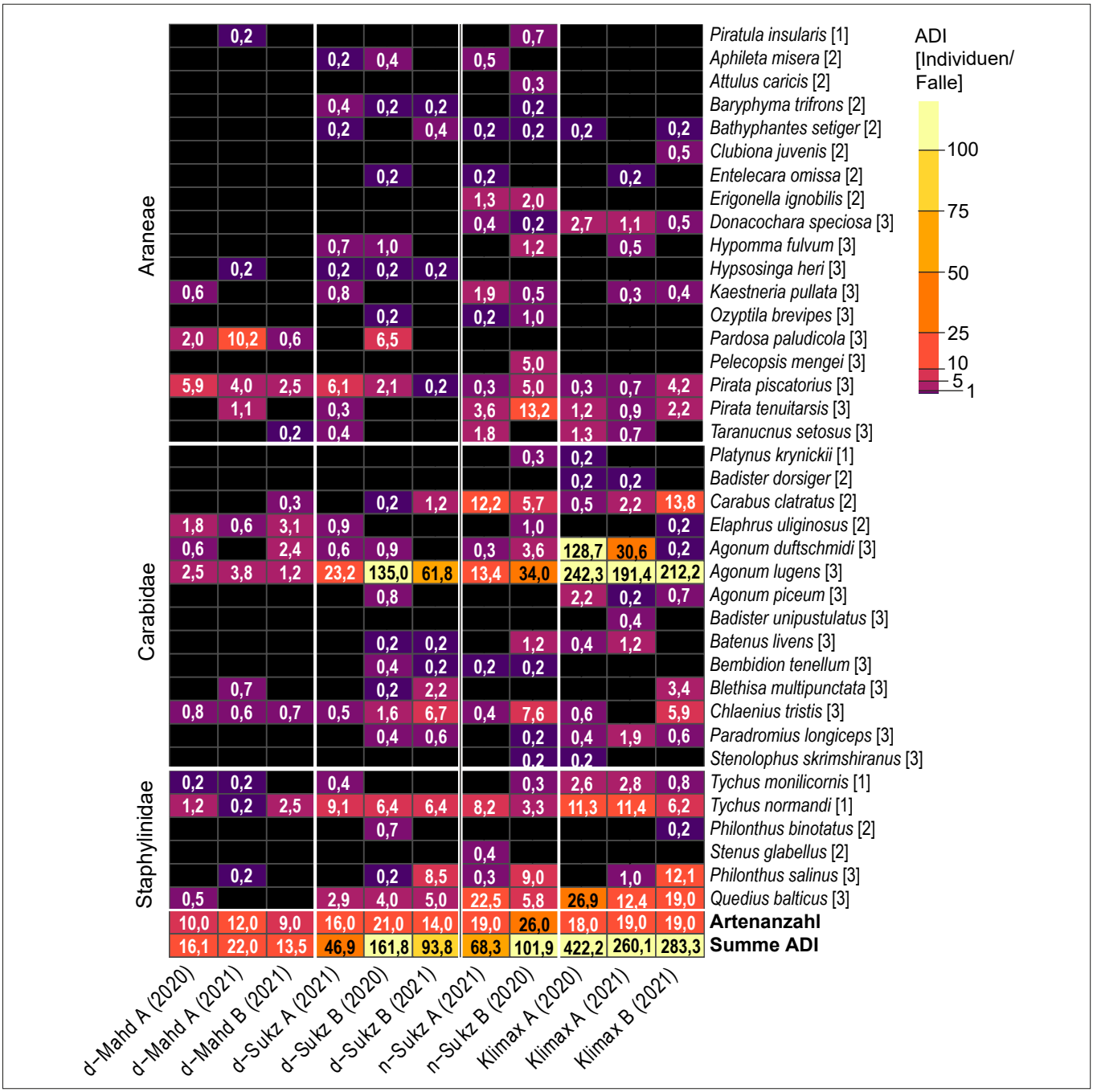

Abb. I: Heatmap der nach den Roten Listen Deutschlands (Blick et al. 2016; Schmidt et al. 2016; Schmidl et al. 2021) gefährdeten Laufkäfer (Carabidae), Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) und Webspinnen (Araneae) auf der Basis von Aktivitätsdichten (ADI) auf Grundlage von Bodenfallenfängen im Küstenmoor des Naturschutzgebiets „Heiligensee und Hütelmoor“. Die Rote-Liste-Kategorien sind dem Artnamen in eckigen Klammern hinzugefügt: 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet. Erläuterungen zu den Untersuchungsflächen und Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung; Fotos zu den Flächen siehe Abb. A, B, C, D, E, F, G und H, S. 2 f.

Fig. I: Heatmap of ground beetles (Carabidae), rove beetles (Staphylinidae) and web spiders (Araneae) endangered according to the German Red Lists (Blick et al. 2016; Schmidt et al. 2016; Schmidl et al. 2021) on the basis of activity densities (ADI) based on pitfall trap catches in the coastal peatland of the “Heiligensee and Hütelmoor” nature reserve. The Red List categories are appended to the species name in square brackets: 1 = threatened with extinction, 2 = critically endangered, 3 = endangered. For explanations of the study sites and site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version; for photographs of the sites, see Figs A, B, C, D, E, F, G and H, p. 2 f.

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

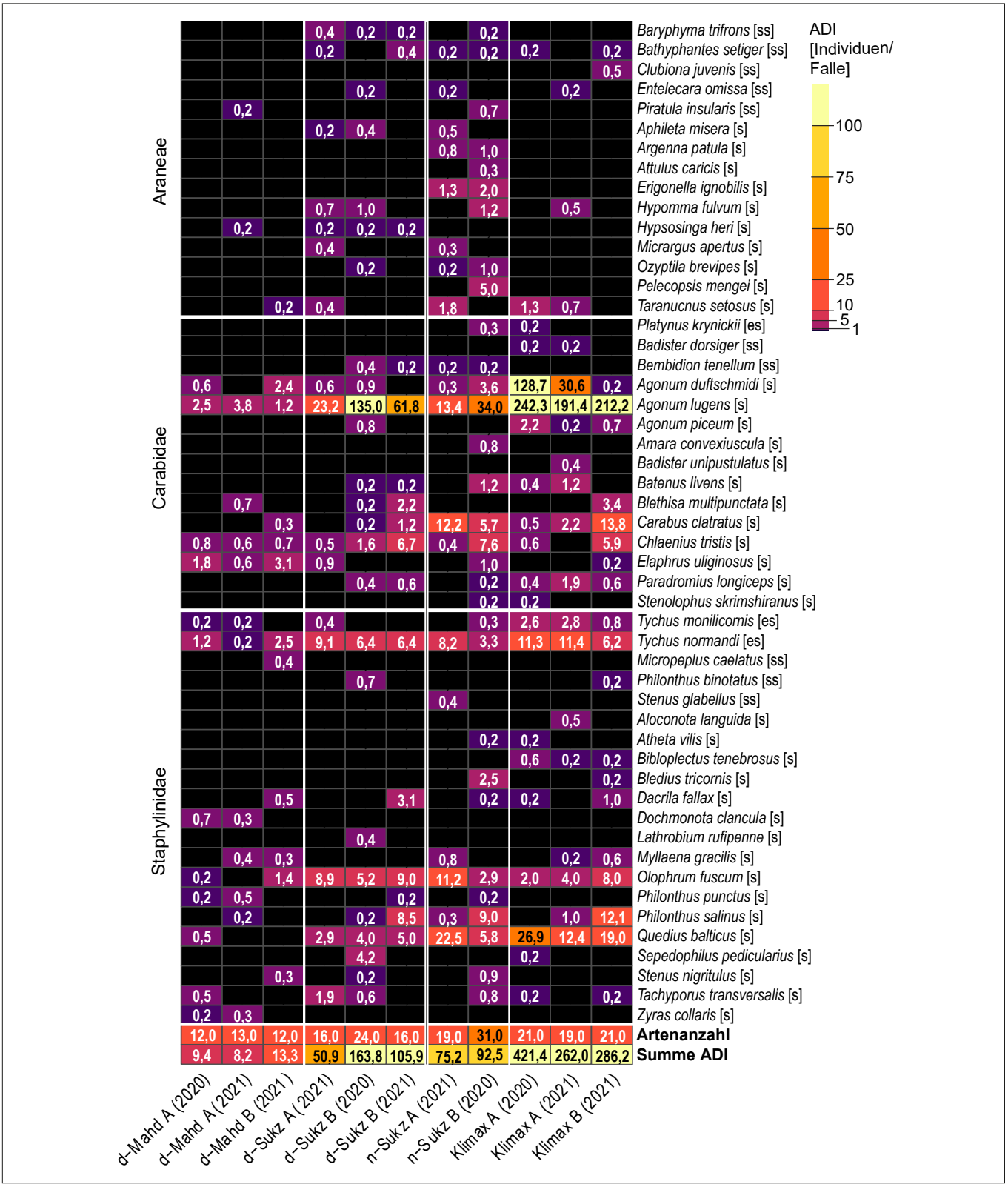

Abb. J: Heatmap der in Deutschland seltenen Laufkäfer (Carabidae), Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) und Webspinnen (Araneae) auf der Basis von Aktivitätsdichten (ADI) auf Grundlage von Bodenfallenfängen im Küstenmoor des Naturschutzgebiets „Heiligensee und Hütelmoor". Die Seltenheitskategorien (in eckigen Klammern dem Artenamen beigefügt; es = extrem selten, ss = sehr selten, s = selten) basieren auf Rasterfrequenzen und sind der jeweiligen Roten Liste Deutschlands (Blick et al. 2016; Schmidt et al. 2016; Schmidl et al. 2021) entnommen. Erläuterungen zu den Untersuchungsflächen und Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung; Fotos zu den Flächen siehe Abb. A, B, C, D, E, F, G und H, S. 2 f.

Fig. J: Heatmap of ground beetles (Carabidae), rove beetles (Staphylinidae) and web spiders (Araneae) rare in Germany on the basis of activity densities (ADI) based on pitfall trap catches in the coastal peatland of the "Heiligensee and Hütelmoor" nature reserve. The rarity categories (appended to the species name in square brackets; es = extremely rare, ss = very rare, s = rare) are based on grid frequencies and are taken from the respective German Red List (Blick et al. 2016; Schmidt et al. 2016; Schmidl et al. 2021). For explanations of the study sites and site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version; for photographs of the sites, see Figs A, B, C, D, E, F, G and H, p. 2 f.

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

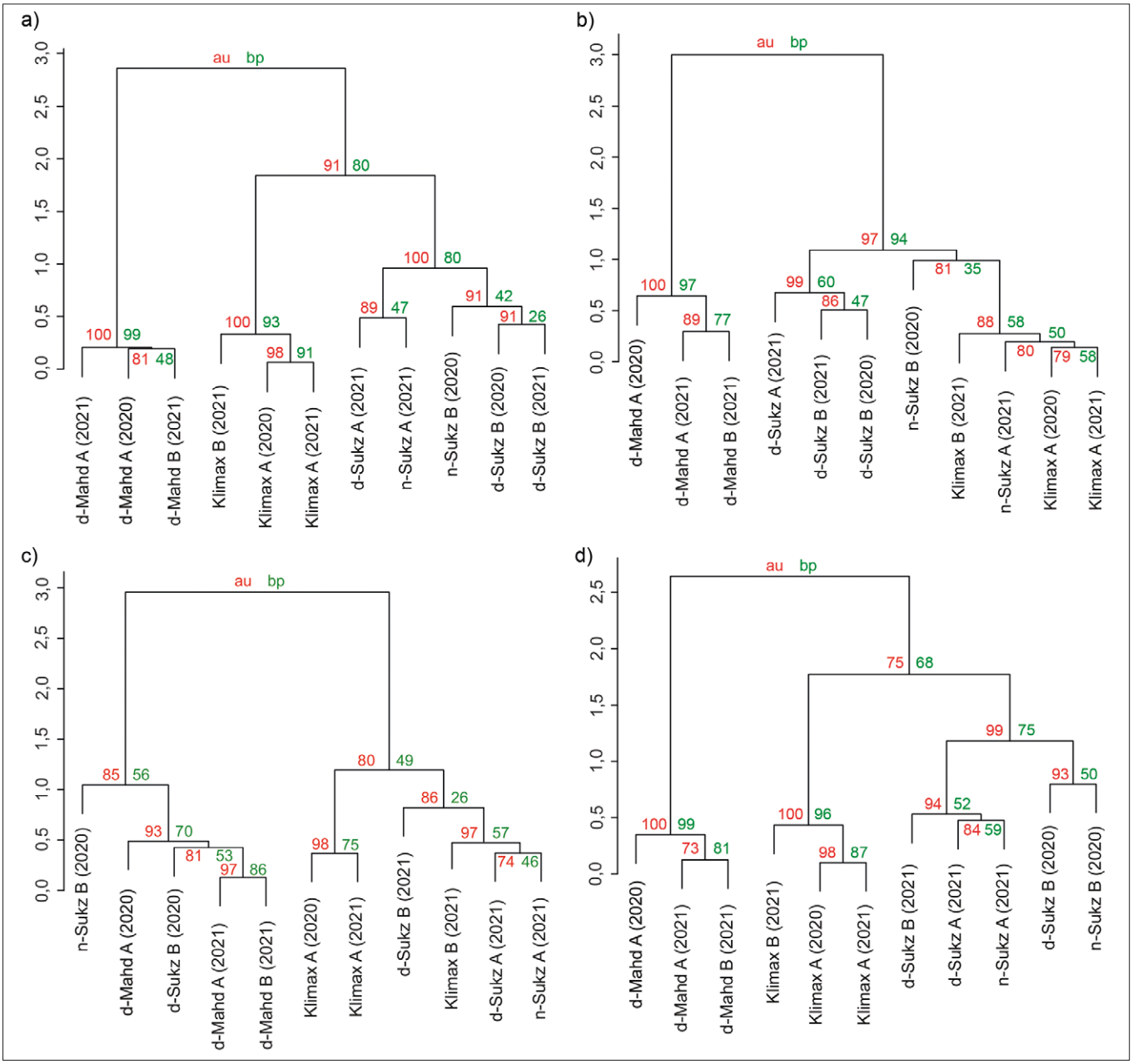

Abb. K: Dendrogramme der Arthropodenbestände a) der Laufkäfer (Carabidae), b) der Kurzflügelkäfer (Staphylinidae), c) der Webspinnen (Araneae) und d) von allen Gruppen kombiniert auf der Basis von Aktivitätsdichten (ADI) auf Grundlage von Bodenfallenfängen im Küstenmoor des Naturschutzgebiets „Heiligensee und Hütelmoor"; Bray-Curtis-Distanzmatrix, Cluster-Methode: ward.D2, a) Kophenetischer Korrelationskoeffizient – kk = 0,87, b) kk = 0,88, c) kk = 0,70, d) kk = 0,83, Anzahl boots = 10.000, au (rot) = geschätzte fehlerkorrigierte p-Werte, bp (grün) = Bootstrap-Wahrscheinlichkeiten. Erläuterungen zu den Untersuchungsflächen und Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung; Fotos zu den Flächen siehe Abb. A, B, C, D, E, F, G und H, S. 2 f.

Fig. K: Dendrograms of arthropod populations of a) ground beetles (Carabidae), b) rove beetles (Staphylinidae), c) web spiders (Araneae) and d) all groups combined on the basis of activity densities (ADI) based on pitfall trap catches in the coastal peatland of the "Heiligensee and Hütelmoor" nature reserve; Bray-Curtis distance matrix, cluster method: ward.D2, a) cophenetic correlation coefficient – kk = 0.87, b) kk = 0.88, c) kk = 0.70, d) kk = 0.83), number of boots = 10,000, au (red) = estimated error-corrected p-values, bp (green) = bootstrap probabilities. For explanations of the study sites and site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version; for photographs of the sites, see Figs A, B, C, D, E, F, G and H, p. 2 f.

Als Gütemaße wurden der Stressparameter aus den metaMDS und der nicht metrische R^2-Wert aus den zugehörigen Shepard-Diagrammen angegeben.

In der Analyse wurden die Daten aller Arten einbezogen, die Abbildungen wurden zur Übersichtlichkeit auf die deutschlandweit seltenen und gefährdeten Arten reduziert.

Angaben zu den Gefährdungsgraden und Seltenheitskategorien in Deutschland wurden den Roten Listen Deutschlands (Blick et al. 2016; Schmidt et al. 2016; Schmidl et al. 2021) entnommen.

2 Ergebnisse

2.1 Heatmaps gefährdeter und seltener Arten

Abb. I, S. 5, Abb. J

2.2 Clusteranalysen

Abb. K

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

2.3 Ähnlichkeitsstrukturanalyse

Abb. L, M; Abb. N, S. 10

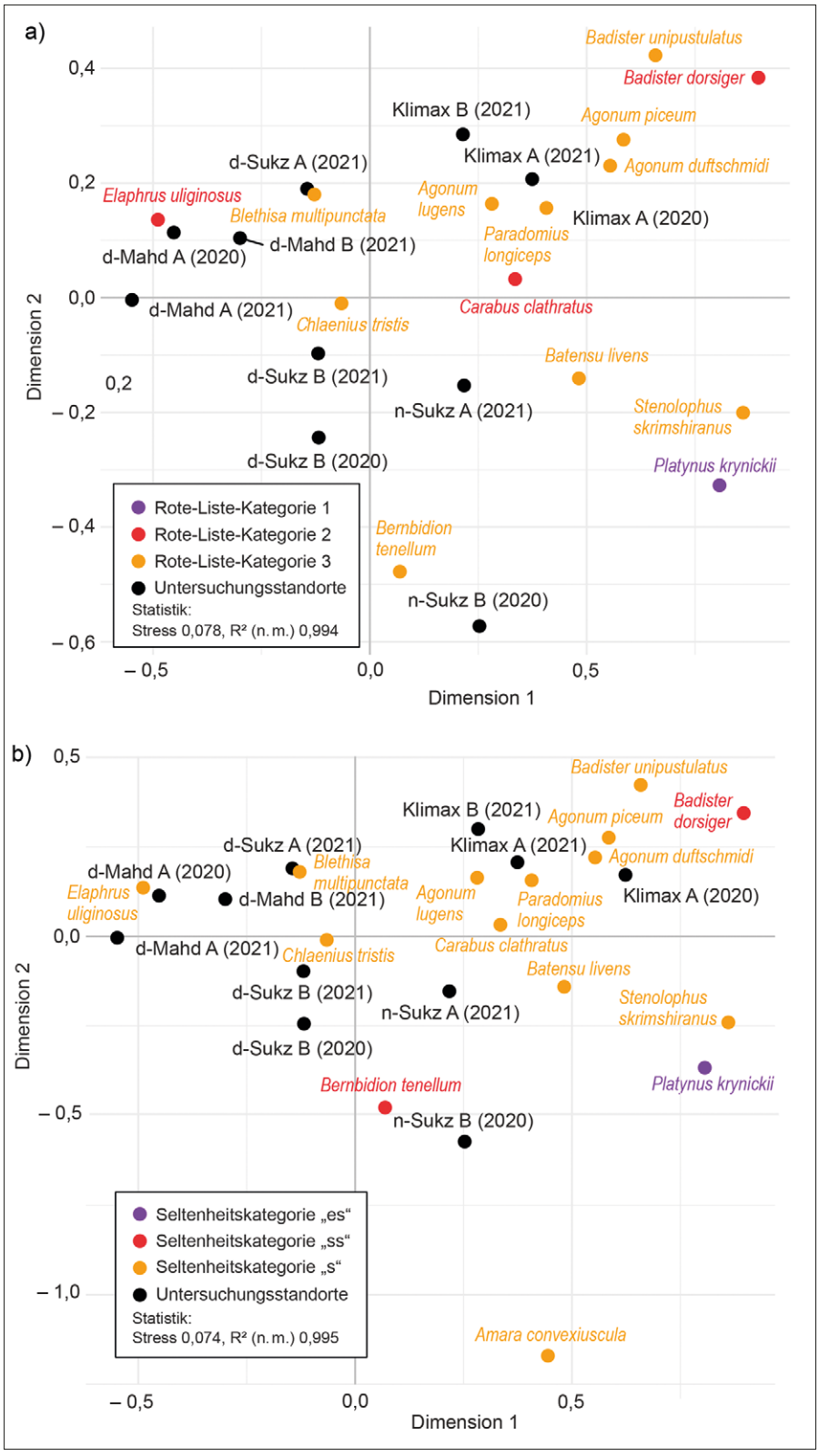

Abb. L: Ähnlichkeitsstrukturanalyse (mehrstufige multidimensionale Skalierung – metaMDS) auf Basis einer Bray-Curtis-Distanzmatrix der Aktivitätsdichten (ADI) der Laufkäfer (Carabidae) im Küstenmoor des Naturschutzgebiets „Heiligensee und Hütelmoor“, unterschieden a) nach den Rote-Liste-Kategorien (1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet) und b) nach den Rasterfrequenz-basierten Häufigkeiten (es = extrem selten, ss = sehr selten, s = selten) nach der Roten Liste Deutschlands (Schmidt et al. 2016). Erläuterungen zu den Untersuchungsflächen und Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung; Fotos zu den Flächen siehe Abb. A, B, C, D, E, F, G und H, S. 2 f.; Parameter der metaMDS siehe Abschnitt 1.2.6, S. 5 ff.

Fig. L: Similarity structure analysis (multi-step multidimensional scaling – meta-MDS) based on a Bray-Curtis distance matrix of activity densities (ADI) of ground beetles (Carabidae) in the coastal peatland of the “Heiligensee and Hütelmoor” nature reserve, differentiated a) according to Red List categories (1 = threatened with extinction, 2 = critically endangered, 3 = endangered) and b) according to grid-based frequencies (es = extremely rare, ss = very rare, s = rare) taken from the German Red List (Schmidt et al. 2016). For explanations of the study sites and site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version; for photographs of the sites, see Figs A, B, C, D, E, F, G and H, p. 2 f.; for parameters of the metaMDS, see Section 1.2.6, p. 5 ff.

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

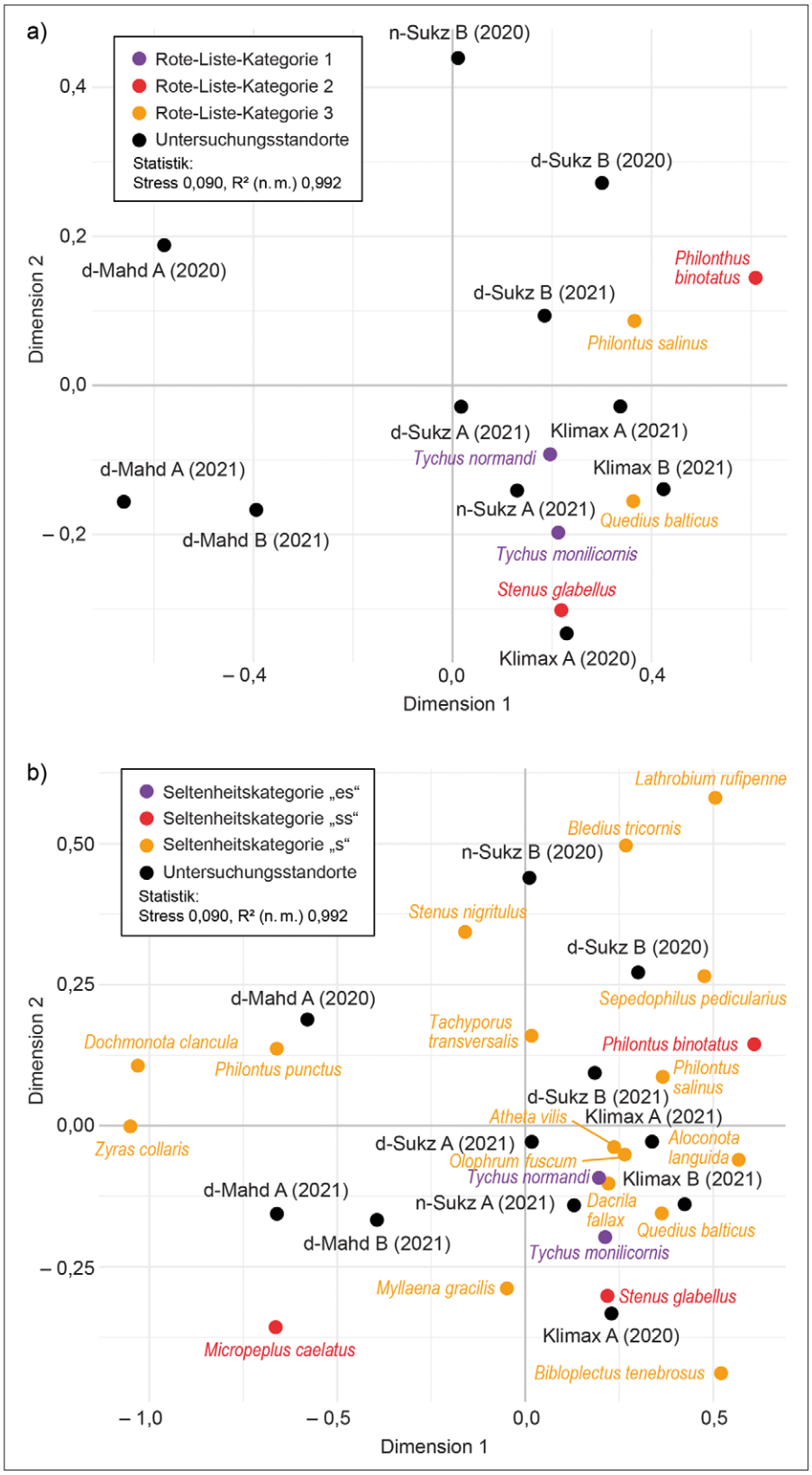

Abb. M: Ähnlichkeitsstrukturanalyse (mehrstufige multidimensionale Skalierung – metaMDS) auf Basis einer Bray-Curtis-Distanzmatrix der Aktivitätsdichten (ADI) der Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) im Küstenmoor des Naturschutzgebiets „Heiligensee und Hütelmoor“, unterschieden a) nach den Rote-Liste-Kategorien (1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet) und b) nach den Rasterfrequenz-basierten Häufigkeiten (es = extrem selten, ss = sehr selten, s = selten) nach der Roten Liste Deutschlands (Schmidl et al. 2021). Erläuterungen zu den Untersuchungsflächen und Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung; Fotos zu den Flächen siehe Abb. A, B, C, D, E, F, G und H, S. 2 f.; Parameter der metaMDS siehe Abschnitt 1.2.6, S. 5 ff.

Fig. M: Similarity structure analysis (multi-step multidimensional scaling – meta-MDS) based on a Bray-Curtis distance matrix of activity densities (ADI) of rove beetles (Staphylinidae) in the coastal peatland of the “Heiligensee and Hütelmoor” nature reserve, differentiated a) according to Red List categories (1 = threatened with extinction, 2 = critically endangered, 3 = endangered) and b) according to grid-based frequencies (es = extremely rare, ss = very rare, s = rare) taken from the German Red List (Schmidl et al. 2021). For explanations of the study sites and site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version; for photographs of the sites, see Figs A, B, C, D, E, F, G and H; for parameters of the metaMDS, see Section 1.2.6, p. 5 ff.

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

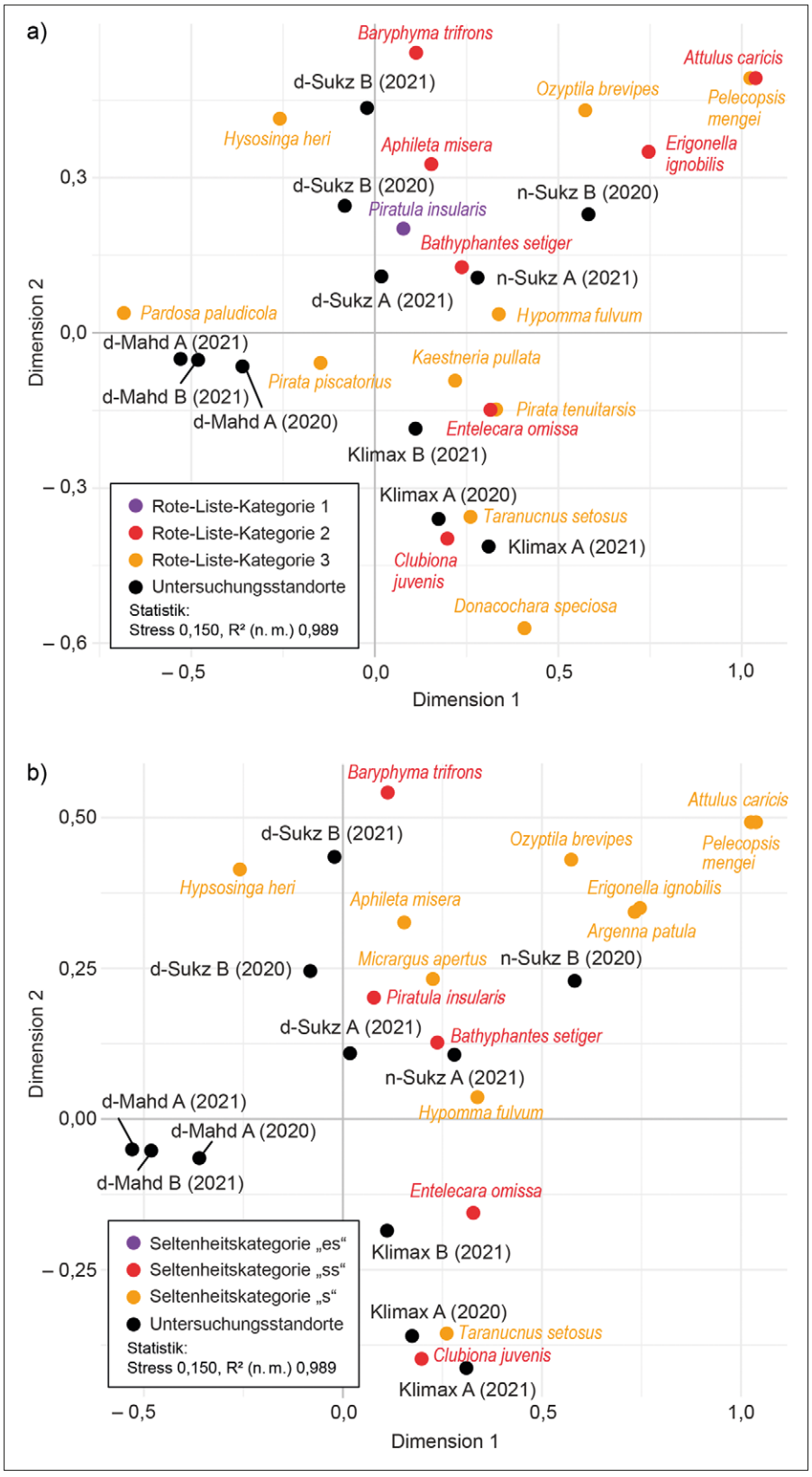

Abb. N: Ähnlichkeitsstrukturanalyse (mehrstufige multidimensionale Skalierung – metaMDS) auf Basis einer Bray-Curtis-Distanzmatrix der Aktivitätsdichten (ADI) der Webspinnen (Araneae) im Küstenmoor des Naturschutzgebiets „Heiligensee und Hütelmoor“, unterschieden a) nach den Rote-Liste-Kategorien (1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet) und b) nach den Rasterfrequenz-basierten Häufigkeiten (es = extrem selten, ss = sehr selten, s = selten) nach der Roten Liste Deutschlands (Blick et al. 2016). Erläuterungen zu den Untersuchungsflächen und Standort-Codes siehe Abb. 3, S. 141, in der gedruckten Fassung; Fotos zu den Flächen siehe Abb. A, B, C, D, E, F, G und H, S. 2 f.; Parameter der metaMDS siehe Abschnitt 1.2.6, S. 5 ff.

Fig. N: Similarity structure analysis (multi-step multidimensional scaling – metaMDS) based on a Bray-Curtis distance matrix of activity densities (ADI) of web spiders (Araneae) in the coastal peatland of the “Heiligensee and Hütelmoor” nature reserve, differentiated a) according to Red List categories (1 = threatened with extinction, 2 = critically endangered, 3 = endangered) and b) according to grid-based frequencies (es = extremely rare, ss = very rare, s = rare) taken from the German Red List (Blick et al. 2016). For explanations of the study sites and site codes, see Fig. 3, p. 141, in the printed version; for photographs of the sites, see Figs A, B, C, D, E, F, G and H; for parameters of the metaMDS, see Section 1.2.6, p. 5 ff.

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart

3 Literatur

Assing V., Schülke M. (2012): Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 4. Staphylinidae (exklusive Aleocharinae, Pselaphinae und Scydmaeninae). 2. Aufl. Spektrum. Heidelberg: 560 S.

Blick T., Finch O.D. et al. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Spinnen (Arachnida: Araneae) Deutschlands. In: Gruttke H., Balzer S. et al. (Hrsg.): Rote Liste der gefährdeten Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Bd. 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(4). Bundesamt für Naturschutz. Bonn: 383 – 510.

Booij K., den Nijs L. et al. (1994): Size and weight of carabid beetles: Ecological applications. Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society 5: 93 – 98.

Freude H., Harde K.W., Lohse G.A. (1974): Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 5: Staphylinidae 2 (Hypocyphtinae und Aleocharinae), Pselaphidae. Goecke & Evers. Krefeld: 381 S.

Kassambara A. (2023): gpubr: 'ggplot2' based publication ready plots. R package version 0.6.0. https://cran.r-project.org/package=ggpubr (aufgerufen am 1.4.2024).

Kirichenko-Babko M.B., Danko Y.M. et al. (2021): Comparison of the use of species abundance and presence-absence data for diversity assessment. Journal of Physics Conference Series 1.736(1): e012044. DOI: 10.1088/1742-6596/1736/1/012044

Kolde R. (2019): pheatmap: Pretty heatmaps. R package version 1.0.12. https://cran.r-project.org/package=pheatmap (aufgerufen am 1.4.2024).

Minchin P.R. (1987): An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. Vegetatio 69(1): 89 – 107. DOI: 10.1007/BF00038690

Müller-Motzfeld G. (Hrsg.) (2006): Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 2. Adephaga 1: Carabidae (Laufkäfer). Korrigierter Nachdruck der 2. Aufl. Elsevier. München: 521 S.

Nentwig W. (2020): Body size of European spiders from spiders of Europe. Datasets. World spider trait database. Masaryk University. https://spidertraits.sci.muni.cz/datasets/5 (aufgerufen am 1.4.2024).

Oksanen J. (2024): metaMDS: Nonmetric multidimensional scaling with stable solution from random starts, axis scaling and species scores. Vegan (version 2.6-8). https://www.rdocumentation.org/packages/vegan/versions/2.6-8/topics/metaMDS (aufgerufen am 2.10.2024).

Oksanen J., Simpson G.L. et al. (2022): egan: Community ecology package. R package version 2.6-4. https://cran.r-project.org/package=vegan (aufgerufen am 1.4.2024).

Pekár S., Wolff J.O. et al. (2021): The world spider trait database: A centralized global open repository for curated data on spider traits. Database 2021(0): 1 – 10. DOI: 10.1093/database/baab064

Penell A., Raub F., Höfer H. (2018): Estimating biomass from body size of European spiders based on regression models. Journal of Arachnology 46(3): 413 – 419. DOI: 10.1636/JoA-S-17-044.1

R Core Team (2023): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Wien. https://www.R-project.org/ (aufgerufen am 1.4.2024).

Schmidl J., Bussler H. et al. (2021): Rote Liste und Gesamtartenliste der Kurzflüglerartigen, Stutzkäferartigen, landbewohnenden Kolbenwasserkäfer und Ufer-Kugelkäfer (Coleoptera: Polyphaga: Staphylinoidea, Histeroidea, Hydrophiloidea partim; Myxophaga: Sphaeriusidae) Deutschlands. In: Ries M., Balzer S. et al. (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Bd. 5: Wirbellose Tiere (Teil 3). Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(5). Bundesamt für Naturschutz. Bonn: 31 – 95.

Schmidt J., Trautner J., Müller-Motzfeld G. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) Deutschlands. In: Gruttke H., Balzer S., Binot-Hafke M. (Hrsg.): Rote Liste der gefährdeten Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Bd. 4: Wirbellose Tiere (Teil 2). Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(4). Bundesamt für Naturschutz. Bonn: 139 – 204.

Sohlström E.H., Marian L., Barnes A.D. et al. (2018): Applying generalized allometric regressions to predict live body mass of tropical and temperate arthropods. Ecology and Evolution 8(24): 12.737 – 12.749. DOI: 10.1002/ece3.4702

Suzuki R., Terada Y., Shimodaira H. (2019): pvclust: Hierarchical clustering with p-values via multiscale bootstrap resampling. R package version 2.2-0. https://cran.r-project.org/package=pvclust (aufgerufen am 1.4.2024).

Szyszko J. (1983): Methods of macrofauna investigations. In: Szyszko J. (Hrsg.): The process of forest soil macrofauna formation after aforestation farmland. Warsaw Agricultural University Press. Warschau: 10 – 16.

Weiss F., Linde A. (2022): How to estimate carabid biomass? An evaluation of size-weight models for ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and perspectives for further improvement. Journal of Insect Conservation 26: 537 – 548. DOI: 10.1007/s10841-022-00391-6

Wickham H. (2016): ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer International Publishing. Cham: 260 S. DOI: 10.1007/978-3-319-24277-4

Martin Lindner, M. Sc.
Korrespondierender Autor
Universität Rostock
Institut für Biowissenschaften
Abteilung Allgemeine und Spezielle Zoologie
Universitätsplatz 2
18055 Rostock
E-Mail: martin.lindner@uni-rostock.de

Studium der Biologie (B. Sc.) an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und der integrativen Zoologie (M. Sc.) an der Universität Rostock; anschließend entomologische Feld- und Laborarbeiten in Schweden (Linné-Universität in Kalmar und Calluna AB) sowie benthologische Laborarbeit in Planungsbüros in Rostock; seit 2022 Doktorand an der Universität Rostock mit dem Forschungsschwerpunkt Diversität der Arthropoden in Küstenüberflutungsräumen der deutschen Ostseeküste.

Dr. Andreas Kleeberg
Zum Alten Windmühlenberg 26
12524 Berlin
E-Mail: a.g.kleeberg@t-online.de

Dr. Dieter Martin
Lindenweg 11
17213 Untergöhren
E-Mail: dieter_martin.untergöhren@t-online.de

Dr. Joachim Schmidt
Universität Rostock
Institut für Biowissenschaften
Abteilung Allgemeine und Spezielle Zoologie
Universitätsplatz 2
18055 Rostock
E-Mail: joachim.schmidt@uni-rostock.de

© 2025 W. Kohlhammer, Stuttgart