

Indikation ökologischer Veränderungen in Auen

Sabine Stab, Uwe Amarell, Marcus Rink

1 Einleitung und Zielsetzung

Innerhalb des Forschungsverbundes „Elbe – Ökologie“ liegen die Aufgaben des Projektes „Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen“ (RIVA) in der Erarbeitung und Weiterentwicklung methodischer Grundlagen zur Synthese komplexer ökologischer Zusammenhänge. Spezielles Augenmerk liegt hierbei auf der Bioindikation, die ein besonders großes Potenzial zur Abbildung der Zusammenhänge zwischen abiotischen und biotischen Umweltfaktoren besitzt, wie Beispiele einzelner Artengruppen und Arbeiten in anderen Lebensraumtypen aufgezeigt haben. Beispielhaft soll in diesem Projekt anhand ausgewählter Grünlandstandorte der Mittel- und Oberelbe gezeigt werden, wie der Zustand von Auen, hier besonders die Bodenverhältnisse und die hydrologische Situation, durch die Kombination abiotischer Leitparameter und biotischer Indikatoren zusammenfassend charakterisiert und für die Prognostik ökologischer Veränderungen verwendet werden kann.

Die wichtigsten Projektziele können wie folgt zusammengefasst werden:

- Absicherung und Weiterentwicklung abiotischer Komponenten von Indikationssystemen durch die Einbeziehung von Prozessstudien,
- Weiterentwicklung biotischer Komponenten von Indikationssystemen mittels Datenbankauswertungen,
- Systematische Weiterentwicklung methodischer Ansätze und Analysestrategien zur räumlichen Darstellung abiotischer und biotischer Zusammenhänge,
- Exemplarische Analyse der Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit von Indikationssystemen,
- Test der Robustheit des Indikationssystems gegenüber vereinfachten Datenerfassungen und -auswertungen.

2 Anwendungsbeispiele aus der botanischen Indikation

Im Anschluss an die Datenerhebung im Freiland besteht im RIVA-Projekt nun die Aufgabe der Verknüpfung biotischer und abiotischer Daten zur Erstellung eines robusten und übertragbaren Indikationssystems. Den wesentlichen Schwerpunkt bildet dabei die Verknüpfung mit hydrologischen Parametern, da diese die Artenzusammensetzung und Diversität der Auenvegetation in entscheidendem Maße beeinflussen.

Am Beispiel des Vorkommens von zwei Arten (*Galium album* - Wiesen - Labkraut, vgl. Abb.1 und *Iris pseudacorus* - Wasser - Schwertlilie, vgl. Abb. 2) werden Möglichkeiten der Verknüpfung von Daten aufgezeigt. Ausgehend vom mittleren Grundwasserflurabstand und den Präsenz/Absenz - Daten der Art auf den Probestandorten des Projektes lässt sich mittels logistischer Regression eine Vorkommenswahrscheinlichkeit errechnen. Diese bietet u.a. die Möglichkeit der Prognose von Artvorkommen bei Kenntnis der hydrologischen Situation eines neuen Untersuchungsgebietes und gestattet im Vergleich zwischen potenziellem und realem Artenbestand Aussagen zum Einfluss der Nutzungsintensität auf die Artenzusammensetzung. Auf ähnliche Weise lassen sich auch autökologische Gruppenparameter (z.B. Anteil an Überschwemmungszeigern, Annuellen - Anteil etc.) mit abiotischen Parametern verknüpfen.

Eine weitere Aufgabe unseres Projektes besteht in der Prüfung bestehender Indikationssysteme, beispielsweise der Zeigerwerte von ELLENBERG hinsichtlich ihrer Eignung zur Beschreibung der Vegetationsdifferenzierung in der Aue. Obgleich die Feuchtezahlen von ELLENBERG nicht für stark schwankende Grundwasserverhältnisse konzipiert wurden, ergeben sich auch im untersuchten Auen-Grünland enge und hochsignifikante Zusammenhänge (vgl. Abb. 3), die neue Anwendungsmöglichkeiten dieser Zeigerwerte erhoffen lassen.

Die Vegetationszusammensetzung in den Auen wird jedoch sehr stark durch dynamische Umweltparameter (Überschwemmungsregime) bestimmt, die durch Mittelwertbildung - wie in den vorliegenden Beispielen - nur ungenügend beschrieben werden können. Die Erarbeitung von einfach handhabbaren, dynamischen Kennwerten stellt deshalb ein weiteres wichtiges Ziel unserer Arbeiten dar.

Da die Wirkung der hydrologischen Umweltparameter von anderen abiotischen Größen (z.B. Bodentyp, Bodenart, Nährstoffverteilung) und anthropogenen Einflüssen (Nutzung) überlagert und modifiziert wird, bietet sich der Einsatz multivariater Statistik zur Erhellung der Zusammenhänge an. Wir nutzen dafür verschiedene Ordinationsverfahren. Erste Ergebnisse dazu liegen bereits vor. Die DCA (detrended correspondence analysis) der Vegetation spiegelt offensichtlich entlang ihrer ersten Achse den Feuchtegradienten wieder, dessen entscheidender Einfluss auf die Vegetationsdifferenzierung in weiterführenden Auswertungen statistisch belegt werden kann.

Die gezeigten Beispiele verdeutlichen die Problematik der Verknüpfung abiotischer und biotischer Daten. Die Weiterentwicklung der Methoden zur Datenauswertung bildet daher einen wesentlichen Arbeitsschwerpunkt für das Jahr 2000.

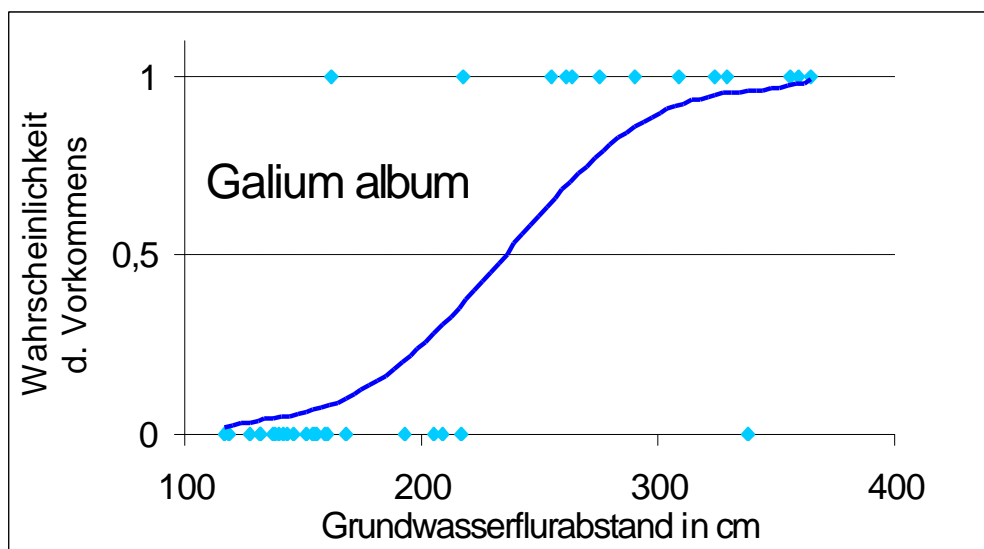


Abb. 1. Logistische Regression der Präsenz/Absenz - Daten von *Galium album* in Abhängigkeit vom mittleren Grundwasserflurabstand (Vegetationsperiode 1998)

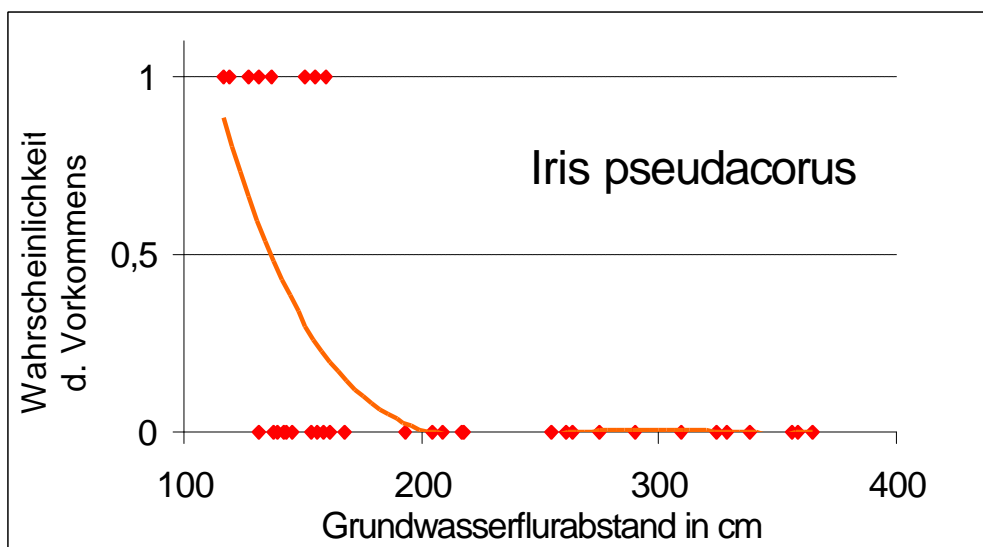


Abb. 2. Logistische Regression der Präsenz/Absenz - Daten von *Iris pseudacorus* in Abhängigkeit vom mittleren Grundwasserflurabstand (Vegetationsperiode 1998)

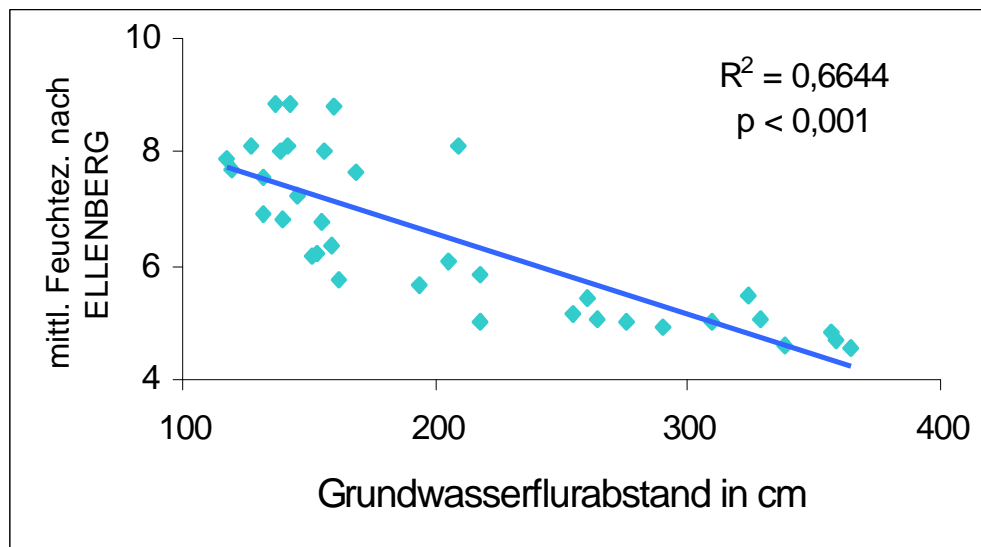


Abb. 3. Beziehung zwischen mittlerem Grundwasserflurabstand und mittleren Feuchtezahlen. Die Abbildung belegt einen engen und hochsignifikanten Zusammenhang zwischen der abiotischen Größe und dem aus der Vegetationszusammensetzung abgeleiteten Parameter

3 Stichprobenplan und statistische Auswertung

Mit Verfahren der multivariaten Statistik lassen sich verschiedenste Fragestellungen in der Ökologie, der Ökosystemforschung und anderen Disziplinen wie beispielsweise der Ökonomie oder der Psychologie bearbeiten. Der explorative Charakter der Verfahren erlaubt eine weit gefächerte Anwendungsspanne. Dabei sind die Bereiche raumbezogene Statistik und Geoinformation eng miteinander verbunden und spielen eine immer bedeutendere Rolle bei Entscheidungen und planerischem Handeln in Politik, Verwaltung und Wirtschaft.

Man beabsichtigt bei der Anwendung multivariater statistischer Verfahren eine Vielzahl von Beobachtungsobjekten mit mehr als einer Charakteristik gleichzeitig in Beziehung zu setzen und daraus eine innere Ordnung abzuleiten. Eine entscheidende Voraussetzung dafür ist die grundsätzlich geringe Anzahl von Komplex-Gradienten mit bedeutendem Einfluss in terrestrischen Ökosystemen, wodurch die angestrebte Dimensionsreduktion auf wenige beschreibende Charakteristiken, repräsentiert durch Ordinationsachsen, möglich wird.

Die grundlegenden Funktionalitäten der Verfahren lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen: Der Begriff Objektivität steht für die gleich gewichtete Datenbehandlung bei der Analyse. Der Ausschluss von bereits a priori bestehenden, gerichteten Aufmerksamkeiten des Bearbeiters lässt die Entdeckung von latent verborgenen Datenstrukturen wahrscheinlich werden. Weitere Eigenschaften sind die Summation redundanter Dateninformation und die Dimensionsreduktion. Das Resultat Gewähr leistet die Handhabbarkeit der komplexen Information in den Daten für das menschliche Vorstellungsvermögen. In jedem Ökosystem existiert eine teils nicht direkt ersichtliche natürliche Ordnung. Ziel ist es, dieses undeutliche Bild in graphische Elemente zu übersetzen, um die durch Umweltparameter gebildeten Komplex-Gradienten aufzudecken und ihre Relevanz für das biotische Raummuster abzuschätzen.

Die Grundlage für den Erhalt einer statistisch zuverlässigen Information aus den erhobenen Felddaten ist die Erstellung eines fachlich begründeten statistischen Stichprobenplans unter Einbeziehung der ökonomischen Situation (Arbeitsaufwand und Kosten) im Projekt und der geplanten statistischen Datenanalysestrategie.

Bei der Rohdatenaufbereitung sind spezifische Besonderheiten der Datensätze, wie z.B. unterschiedliche Expositionsdauern von Fallen (Fauna) und Missing Values zu berücksichtigen, um standardisierte und damit vergleichbare Eingangsdaten zu erhalten. Eine wichtige Basisentscheidung ist ebenfalls, dass Arten, die nicht häufig genug durch den Datensatz repräsentiert sind, durch kein

mathematisches Modell beschrieben werden können. Sie sollten nur passiv in eine Ordination eingehen, um eine Verzerrung des Ergebnisses zu vermeiden. Bevor direkte Ordinationsverfahren zur Anwendung kommen, werden die Ergebnisse der indirekten Ordinationen den beteiligten Fachwissenschaftlern übergeben, um eine zu diesem Zeitpunkt noch unbeeinflusste Interpretation der biotischen Muster basierend auf dem Fachwissen zu erhalten. Dies ermöglicht eine objektivere Bewertung bei späteren Ergebnisvergleichen.

Durch die Berechnung einer „Detrended Correspondence Analysis“ (DCA) mit der Option „Detrending by Segments“ kann über die Anwendung geeigneter weiterführender Datenanalysemethoden entschieden werden. Die Gradientenlänge in Standardabweichungen des Artenübergangs ist ein Maß der Antwort der dominanten Art gegenüber den Achsen. Eine Länge von mehr als 4 Standardabweichungen (SD) indiziert eine meist unimodale und eine Länge von weniger als 3 SD eine eher lineare Antwort der Beobachtungsobjekte. Die gewählte Achsenskalierung bewirkt weiterhin eine Anpassung der Antwortkurven an eine Gauss-Kurve, deren Toleranz eins ist. Dies ist gleich bedeutend mit der Eigenschaft, dass die Antwortkurven über ein Intervall von 4 SD steigen und wieder fallen. Probeflächen, die mehr als 4 SD voneinander entfernt liegen haben somit für gewöhnlich keine Arten mehr gemeinsam.

Zur Beurteilung des Erklärungsanteils bzw. der Bedeutung einzelner Achsen/Gradienten dienen die Eigenwerte, die in Bezug zu dem Referenzwert „Total Inertia“ gesetzt werden. Inertia ist das n-dimensionale Pendant zur 2-dimensionalen Varianz und quantifiziert die Gesamtvariabilität im Datensatz.

Im aufgespannten Achsensystem einer unimodalen Ordinationsmethode werden die Arten (im RIVA-Projekt Flora, Carabiden, Mollusken und Syrphiden) im Zentrum ihrer Nische abgebildet. Die so genannten Species Scores befinden sich im Zentroid des Vorkommens einer Art. Das Prinzip der Berechnung lässt sich durch spezielle Plots visualisieren, die die Verteilung der Originaldaten einer Art über die Probeflächen anhand der Größe der Symbole im Diagramm nachvollziehen lassen.

Das Zentroid - Prinzip ermöglicht die Ableitung einer ökologischen Klassifikation der Arten durch die Ordinationsdiagramme, da nahe beieinander liegende Species Scores Arten mit ähnlichen Standortansprüchen charakterisieren. Über statistische Kennwerte und die Erstellung von Antwortkurven mit Generalisierten Linearen Modellen erhält der Anwender eine Aussage über die Indikatorqualität einzelner Arten innerhalb einer ökologischen Gruppe und kann dann ein repräsentatives Mitglied als Kennart auswählen.

Die Ordination der Probeflächen dient dazu, die Lage gegenüber dem Gradienten zu beurteilen. Die Probeflächen sind in ihrer entsprechenden Ausprägung aufsteigend entlang des durch die Achse beschriebenen Wirkungsgradienten angeordnet.

Erste Analyseergebnisse spiegeln die herausragende Bedeutung des Feuchtefaktors in der Aue wider. Es erfolgt eine deutliche Trennung der Arten und Erhebungseinheiten entlang des Gradienten. Die Ergebnisse der explorativen statistischen Datenanalyse und die nachfolgende Erstellung von Habitataignungsmodellen für die ausgewählten Indikatorarten (es werden Einzelauswertungen und taxaübergreifende Analysen durchgeführt) bilden dann die Schnittstelle zum Modell. Das flächenbezogene GIS-basierte Prognosemodell für die Indikatorarten wird auf der Mesoskala entwickelt und soll die Reaktion der untersuchten Indikatoren auf veränderte abiotische Umweltfaktoren (z.B. Flusswasserstand, Grundwasserstand) ermöglichen. Die Berechnungsbasis bilden die durch geostatistische Methoden regionalisierten standortdifferenzierenden Umweltparameter.