

Biodiversität - Übersicht



Abb. 1. Mit Pflock markierte Probefläche auf einer jungen Brache in Berlin.

Die Untersuchungen zur Biodiversität haben **Pflanzen** und **Insekten** berücksichtigt. Geländedaten haben wir in Bremen und Berlin gesammelt. Die Daten wurden dabei an **Probeflächen (Plots)** erhoben, die zufällig über die verschiedenen Brachetypen verteilt wurden. Die Brachetypen deckten ein Spektrum von Flächen unterschiedlichen Alters, unterschiedlicher Größe und Feuchte ab.

In Bremen haben wir ca. 150, in Berlin ca. 90 Plots bearbeitet. Nach einem standardisierten Vorgehen wurden an jedem Plot die gleichen Daten erhoben.

Wir haben u.a. untersucht, welche **Artengemeinschaften** auf Stadtbrachen vorkommen, wie sie durch **Umweltfaktoren** beeinflusst werden und welche **biologischen Merkmale** das Überleben in diesem dynamischen Habitat ermöglichen.

Untersuchungsgebiete

Bremen

Bremen hat ein maritimes Klima mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,8°C (Temperaturmittel im Januar 0,8°C, im Juli 16,8°C) und 694 mm Jahresniederschlag.

Die Plots lagen nördlich und nordwestlich des Zentrums entlang der Weser, verteilt über eine Fläche von etwa 100 km². Sie umfassten die Industrieparks Ochtum und Bremen West, das Logistikzentrum Niedervieland und das ehemalige Hafenbecken des Überseehafens. Um die Feuchtwiesen dieser ehemalige Flussmarsch gewerblich nutzbar zu machen, waren die Flächen mit mehreren Metern Sand aufgehöhht worden. Die meisten Probeflächen waren daher von sandigen Böden gekennzeichnet. In älteren Gewerbegebieten fand sich teilweise viel Bauschutt.

Einige der Flächen waren seit ihrer Herstellung noch nicht gewerblich genutzt worden und lagen seit Jahren, teilweise Jahrzehnten brach. Andere hatten bereits mehrere Zyklen von Bebauung und Brachfallen durchlaufen.

Berlin

Das Klima in Berlin ist mit 8,9°C Jahresdurchschnittstemperatur (Temperaturmittel -0,2 im Januar und 18,8°C im Juli) und 584 mm Jahresniederschlag kontinentaler als in Bremen.

Die Plots waren weit verteilt über eine Fläche von 370 km². Eine Reihe von Flächen lag entlang des ehemaligen Mauerstreifens, dessen Verlauf zum Zeitpunkt der Geländeaufnahmen (2004) stellenweise noch immer von zahlreichen Brachen geprägt war, so etwa an der Bernauer Straße. Weitere Flächen befanden sich auf dem ehemaligen Truppenübungsplatz „Park Range“, im Stadtteil Marzahn und in Karlshorst.

Biodiversität der Tiere - Überblick



Abb. 2. Junge Brachfläche in Berlin Karlshorst.

Im Rahmen der tierökologischen Untersuchungen haben wir **Zikaden** und **Heuschrecken** sowie eine Vielzahl von **Umweltfaktoren** erfasst.

In der Auswertung ging es zunächst darum, die Lebensraumansprüche aller Arten in Form von **Habitatmodellen** darzustellen. So konnte herausgearbeitet werden, welche Faktoren das Vorkommen der Arten maßgeblich beeinflussen und wie sich die Artengemeinschaft in Zusammensetzung und Artenzahlen entlang des Sukzessionsgradienten verhält. Durch zeitliche und räumliche Übertragung der Habitatmodelle wurde die Allgemeingültigkeit der Aussagen überprüft.

Die Analyse verschiedener **biologischer Merkmale** der Zikaden gab einen Einblick, welche Merkmalsausprägungen eine erfolgreiche Besiedlung von Brachflächen ermöglichen. Zudem gingen wir der Frage nach, ob der Artenpool auf Brachen eine repräsentative Auswahl des regionalen Artenpools darstellt.

(1) Arteninventar



Abb. 3. Links: Heuschreckenerfassung. Rechts: Die Blauflügelige Ödlandschrecke, *Oedipoda caerulea*, war in beiden Untersuchungsgebieten überraschend häufig.

Die **Heuschrecken** wurden bei einer einmaligen Begehung Ende Juli / Anfang August durch Verhören erfasst. Nachtaktive Arten und Arten ohne Lautäußerungen (*Tetrix*-Arten) wurden nicht erfasst. Pro Plot (15m x 15m) wurden an jeweils 6 Punkten für 2 Minuten alle singenden Arten erfasst.

Die **Zikaden** wurden über Streifnetzfüge erfasst. Zwischen Anfang Juni und Anfang September wurden 4 Durchgänge mit je 100 Schlägen pro Plot durchgeführt. Der Fang wurde mit Essigäther abgetötet und tiefgekühlt. Alle männlichen Individuen wurden bis zur Art bestimmt, weibliche Individuen nur für Arten, bei denen eine eindeutige Determination möglich ist.

	Heuschrecken	Zikaden
Arten insgesamt	17	214
Arten Bremen	11	173
Arten Berlin	15	130
Arten, die in beiden Städten vorkamen	9	89
Rote Liste Arten (Deutschland)	6	46
Minimale Artenzahl / Plot	0	0
Maximale Artenzahl / Plot	9	32
Median Artenzahl / Plot	5	15

Tab. 1. Artenzahlen in den Untersuchungsgebieten.

(2) Umweltfaktoren



Abb. 4. Leinwand zur Messung von Vegetationsstrukturparametern.

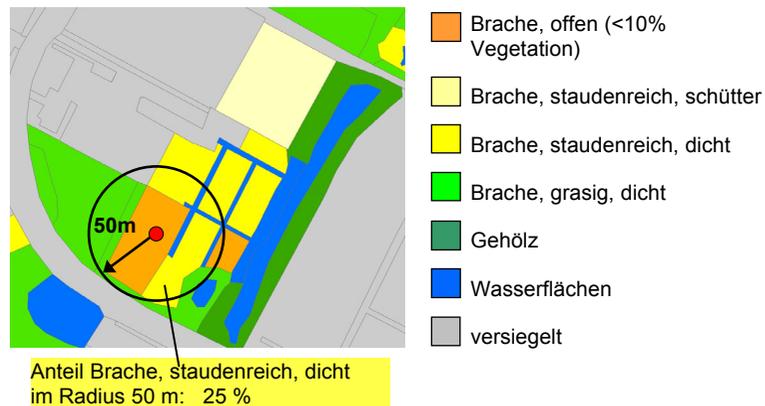


Abb. 5. Berechnung von Landschaftskontext-Variablen.

Um Aufschluss darüber zu erhalten, welche Faktoren für das Vorkommen der Arten entscheidend sind, wurde eine Reihe von Umweltfaktoren erhoben:

Flächenalter: Aus Luftbildserien konnte abgeleitet werden, wie viele Jahre der Sukzessionsbeginn (z.B. nach Abriss eines Gebäudes) zurücklag.

Vegetationsstruktur: Eine in Rechtecke unterteilte Leinwand wurde senkrecht in die Vegetation gestellt. Die Deckung einer 10cm dicken Vegetationsschicht vor der Leinwand wurde geschätzt. Aus diesen Werten konnten verschiedene Höhen- und Dichtemaße abgeleitet werden.

Bodenparameter: Aus dem Teilprojekt Pflanzen lagen u.a. Daten zu pH-Wert, P- und K-Gehalten und zum Wasserhaushalt vor. Des Weiteren konnten über die Vegetationszusammensetzung mittels der Ellenbergschen Zeigerwerte indirekte Aussagen über die Bodenverhältnisse getroffen werden.

Landschaftskontext: Die Habitatqualität der Plots wird auch von der Umgebung beeinflusst. Für jeden Plot wurden die Anteile verschiedener Brachetypen in der näheren bis mittleren Umgebung (Radius: 25, 50, 75, 100, 125 m) berechnet.

(3) Beschreibung der Art-Umwelt-Beziehung: Habitatmodellierung I

Arten besiedeln bevorzugt

- junge Flächen
- mittelalte Flächen
- alte Flächen

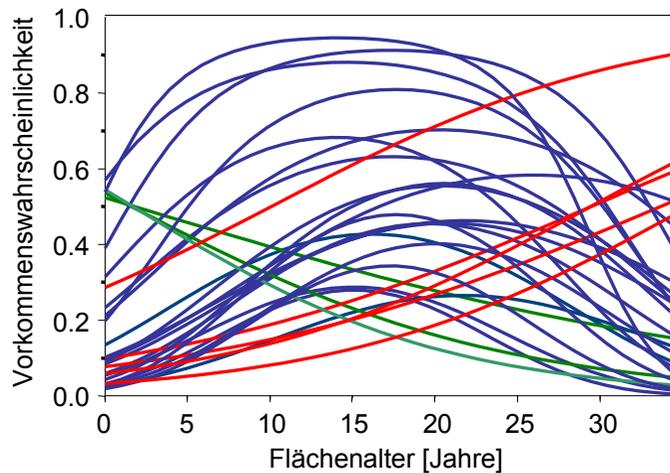


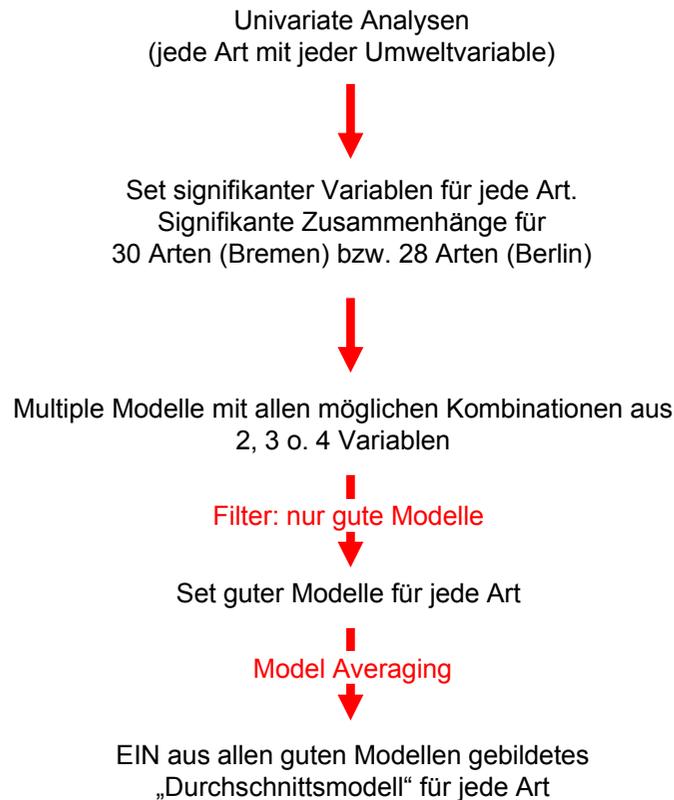
Abb. 6. Vorkommen von 28 Zikadenarten entlang des Altersgradienten.

Der **statistische Zusammenhang** zwischen den Artvorkommen und den Umweltfaktoren wurde mit **Habitatmodellen** beschrieben. Nur bei Arten mit einer gewissen Mindesthäufigkeit (mindestens 10% der Plots sind besiedelt) lässt sich diese Methode anwenden. Dies war für 48 Arten (Bremen) bzw. 56 Arten (Berlin) der Fall.

Zunächst wurden die Variablen einzeln getestet. Mit solchen **univariaten Modellen** lässt sich klären, ob und wie die Arten auf jeden Umweltfaktor reagieren. Für jeden Wert der Umweltvariable sagt das Modell eine bestimmte Vorkommenswahrscheinlichkeit vorher. Drei Zusammenhänge sind denkbar: (1) Mit steigenden Variablenwerten sinkt die Vorkommenswahrscheinlichkeit, (2) sie steigt, (3) die höchste Vorkommenswahrscheinlichkeit findet sich bei mittleren Werten des Umweltfaktors.

Aus diesen univariaten Analysen ergibt sich für jede Art ein Set von Variablen, die einen statistisch abgesicherten Zusammenhang zum Artvorkommen haben. Für Bremen konnten 30 Arten modelliert werden, für Berlin 28. Für die restlichen Arten konnten keine signifikanten Art-Umwelt-Beziehungen nachgewiesen werden.

(4) Beschreibung der Art-Umwelt-Beziehung: Habitatmodellierung II



Aus dem Variablenset jeder Art wurden **multiple Modelle** mit 2 bis 4 Umweltvariablen gebildet. Die Güte dieser Modelle wurde umfassend getestet. So wurde u.a. geprüft, ob tatsächlich alle Umweltvariablen nötig sind, ob die im Gelände beobachteten Vorkommenswahrscheinlichkeiten mit den vom Modell vorhergesagten hinreichend genau übereinstimmen, ob die Modellgüte auch bei leicht veränderten Ausgangsdaten (Weglassen bzw. Verdoppeln von Datensätzen) gut bleibt.

In der Regel ergaben sich für jede Art mehrere gute Modelle, von denen sich nicht ein in jeder Hinsicht „bestes“ Modell auswählen lässt. Deswegen kam die Methode des **Model Averaging** zum Einsatz. Hierbei wird ein gewichteter Durchschnitt aus allen Modellen gebildet. Die Gewichtung erfolgt dabei nach dem sog. AIC- Kriterium. Dieses beschreibt, wie gut das Modell den Kompromiss zwischen Modellgüte einerseits und Modellkomplexität andererseits meistert.

Das Ergebnis des Model Averaging besteht in einem „Durchschnittsmodell“ für jede Art sowie in einer Gewichtung der Umweltfaktoren nach ihrem Einfluss auf das Artvorkommen.

Abb. 7. Ablauf der Habitatmodellierung.

(5) Bedeutung der Umweltfaktoren für das Vorkommen der Arten

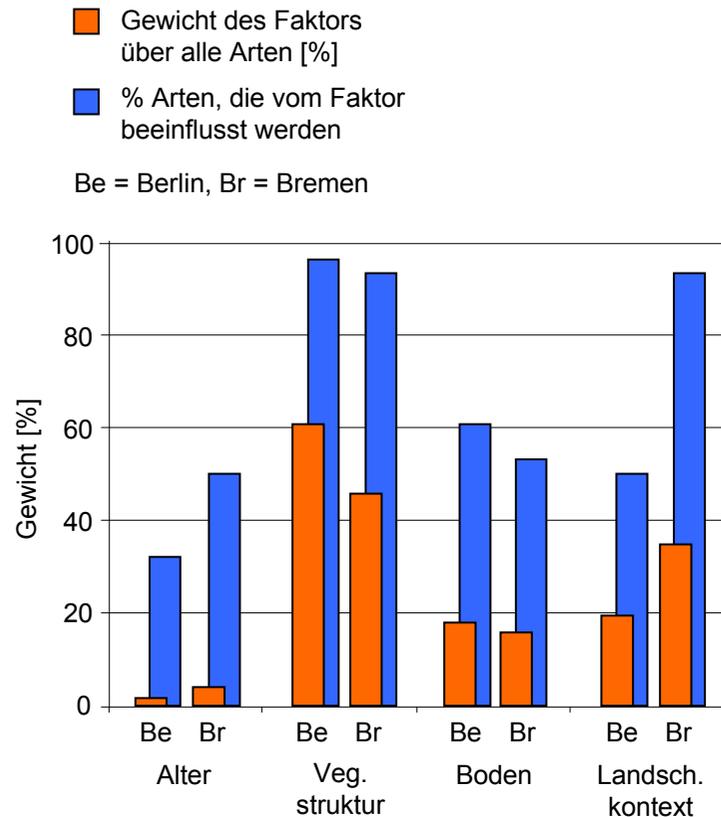


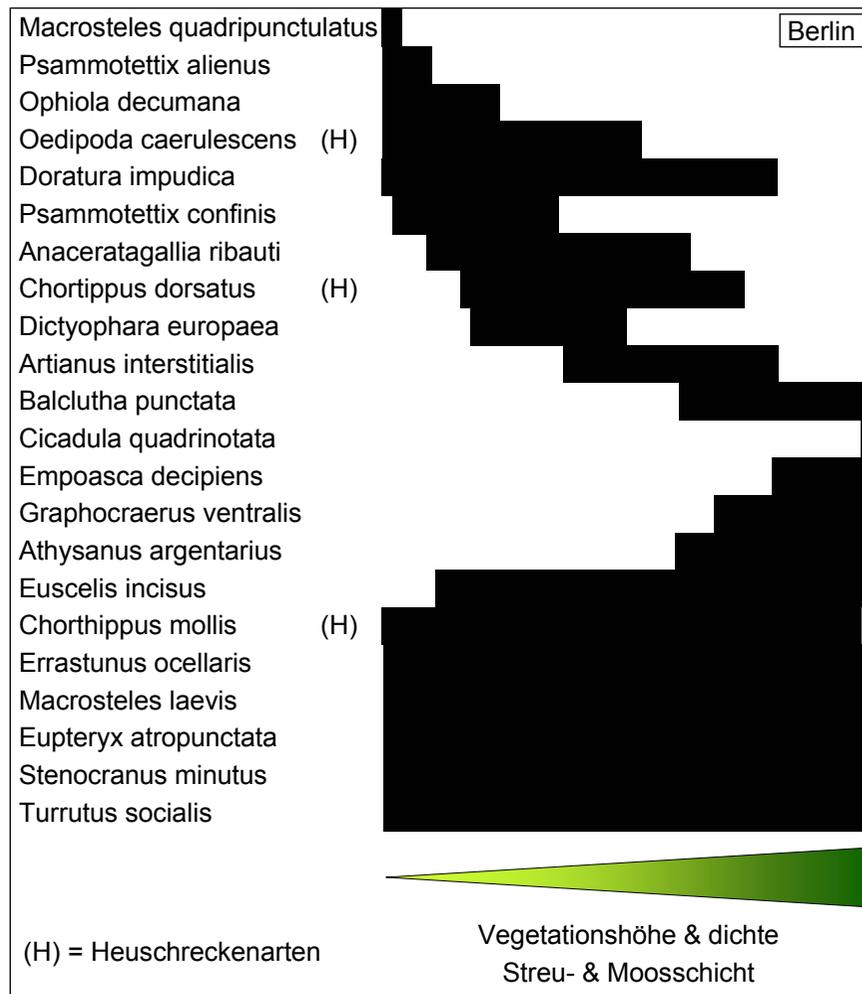
Abb. 8. Gewicht der einzelnen Umweltfaktoren-Komplexe in den Habitatmodellen.

In beiden Untersuchungsgebieten war die **Vegetationsstruktur** mit Gewichten von 61% (Berlin) bzw. 46% (Bremen) der mit Abstand bedeutendste Umweltfaktoren-Komplex. Nahezu alle Arten reagierten auf eine oder mehrere Variablen aus diesem Komplex.

Danach folgten in der Wichtigkeit Landschaftskontext, Boden und Flächenalter. Der Einfluss des **Landschaftskontextes** in Berlin war dabei mit 19% deutlich geringer als in Bremen (35%). Während in Bremen fast alle Arten auf Variablen aus diesem Komplex reagierten, waren es in Berlin nur die Hälfte. Dies liegt u.a. daran, dass der Brachetyp „feuchte bis nasse Brachen“, auf den in Bremen viele Arten reagierten, in Berlin nicht vorhanden war.

Das **Flächenalter** hatte in den Artmodellen nur ein geringes Gewicht, obwohl viele Arten durchaus eine deutliche Reaktion zeigten. Letztlich ist das Alter nur eine indirekte Variable für die Vegetationsstruktur. Es gibt im Sukzessionsverlauf einen klaren Trend zu höherer und dichter Vegetation, doch ist dieser Trend nicht 1:1 mit dem Flächenalter korreliert. Deswegen vermögen die Vegetationsstruktur-Variablen die für Insekten bedeutenden Habitatparameter sehr viel direkter und dadurch besser zu beschreiben.

(6) Metapopulationsmodell – Grundlagen

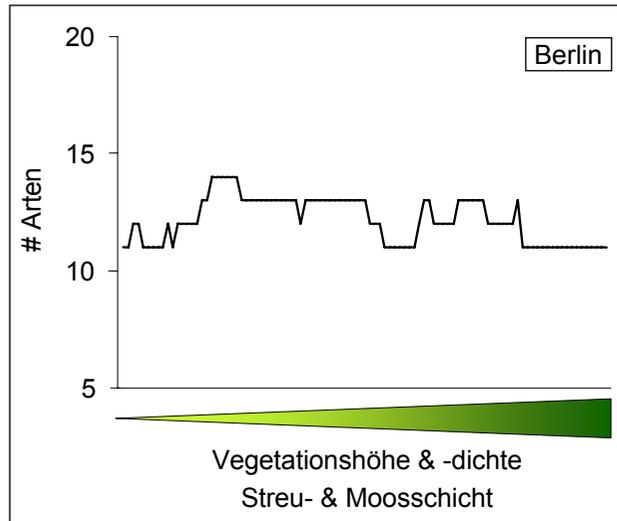


Die Arten zeigten sehr unterschiedliche Reaktionen auf die Vegetationsstruktur. Da die Vegetationsentwicklung auf städtischen Brachflächen in ihren Grundzügen von schütterer, niedriger Vegetation mit hohem Offenbodenanteil zu dichter, hoher Vegetation mit geringem Offenbodenanteil verläuft, eignet sich dieser Gradient gut, um die Artenzusammensetzung im Sukzessionsverlauf darzustellen.

Die vom Modell vorhergesagten Vorkommen jeder Art entlang des Sukzessionsgradienten sind durch die schwarzen Balken gekennzeichnet. Deutlich lassen sich **Pionierarten** (z. B. *Psammotettix alienus*) von **Arten mittlerer** (z. B. *Dictyophara europaea*) und **später Sukzessionsstadien** (z. B. *Athysanus argentarius*) unterscheiden. **Ubiquisten** wie *Errastunus ocellaris* kommen entlang des gesamten Gradienten vor.

Abb. 9. Mit Habitatmodellen vorhergesagte Artvorkommen entlang des Sukzessionsgradienten. Die schwarzen Balken zeigen die Vorkommen an.

(7) Artenzahlen entlang des Sukzessionsgradienten



Aus der vorhergehenden Abbildung wurde deutlich, dass sich die **Artenzusammensetzung** entlang des Sukzessionsgradienten stark verändert. Die **Artenzahlen** dagegen bleiben nach anfänglichem Anstieg etwa auf gleichem Niveau. Die Pionierarten, die am Anfang des Gradienten vorkommen, treten später nicht mehr auf. Die Arten späterer Sukzessionsstadien fehlen am Anfang. An keinem Punkt des Gradienten kommt mehr als etwa die Hälfte der modellierten Artengemeinschaft zusammen vor. Dies bedeutet, dass der vollständige Gradient von Sukzessionsstadien erforderlich ist, um allen Arten geeignetes Habitat zu bieten. Da sich die Habitatbedingungen im dynamischen Lebensraum Stadtbrache jedoch sehr schnell ändern, ist ein ständiges Entstehen neuer Habitate erforderlich.

Abb. 10. Mit Habitatmodellen vorhergesagte Artenzahlen entlang des Sukzessionsgradienten.

(8) Allgemeingültigkeit der Modelle: räumliche / zeitliche Übertragbarkeit

Trainings- daten	Test- daten	Anzahl Modelle	Art der Modell- übertragung	erfolgreich über- tragene Modelle
Br 2003 (157)	Br 2004 (149)	30	zeitlich	28
Br 2003 (157)	Be 2004 (89)	10	räumlich, zeitlich	9
Be 2004 (89)	Br 2003 (157)	10	räumlich, zeitlich	9
Be 2004 (89)	Br 2004 (149)	10	räumlich	9

Tab. 2. Räumliche und zeitliche Übertragung der Habitatmodelle. Stichprobenumfang in Klammern. Br = Bremen, Be = Berlin.

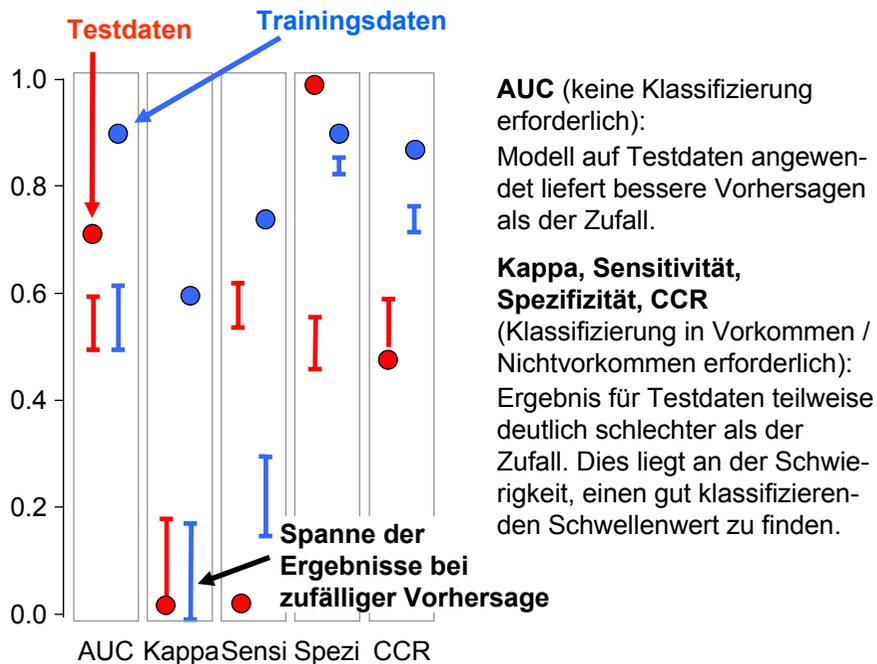


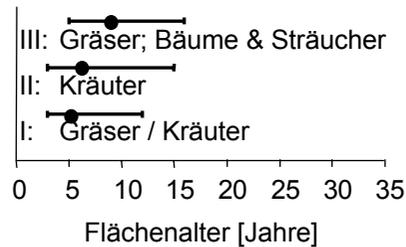
Abb. 11. Raum-zeitlicher Modellübertrag von Trainingsdaten (Bremen 2003) zu Testdaten (Berlin 2004) für *Oedipoda caerulescens*.

Bevor auf der Grundlage von Habitatmodellen Rückschlüsse gezogen und Vorhersagen getroffen werden, ist es nötig, deren **Allgemeingültigkeit** zu überprüfen. Zu diesem Zweck haben wir die Modelle in **Raum** und **Zeit** übertragen. Die meisten Modellübertragungen (28 von 30 in der Zeit, 27 von 30 im Raum) waren erfolgreich. Dies bedeutet, dass den von der jeweiligen Art besiedelten Flächen signifikant höhere Vorkommenswahrscheinlichkeiten zugewiesen wurden als den unbesiedelten: der AUC-Wert war deutlich höher, als es bei zufälligen Vorhersagen möglich gewesen wäre.

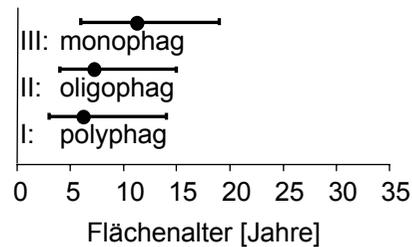
Diese gute Übertragbarkeit weist jedoch drei wichtige **Einschränkungen** auf: (1) Die Modelle waren nicht gut an die Testdaten angepasst. Das bedeutet, dass die vorhergesagten Vorkommenswahrscheinlichkeiten nicht als absolute Werte verwendet werden dürfen, sondern nur als Rangwerte. (2) Die Vorhersage für die Testdaten war oft deutlich schlechter als für die Trainingsdaten. (3) Eine Trennung der Vorkommenswahrscheinlichkeiten in Vorkommen und Nichtvorkommen führt oft zu beträchtlichen Fehlklassifizierungen. Dies bedeutet, dass bei Gütemaßen, die eine solche Klassifizierung benötigen (Kappa, Sensitivität, Spezifität, CCR = Anteil korrekter Prognosen), häufig nur schlechte Werte erreicht werden.

(9) Biologische Merkmale I: Veränderungen im Laufe der Sukzession

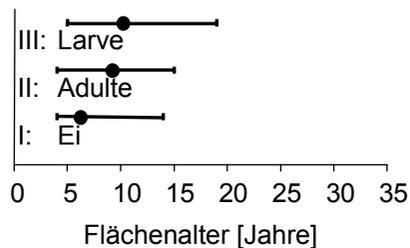
(1) Art der Nährpflanze



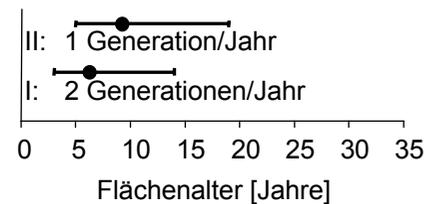
(2) Nahrungsspezialisierung



(3) Überwinterung



(4) Generationenzahl/Jahr



Habitatmodelle können nicht die **biologischen Gründe** aufzuzeigen, aufgrund derer verschiedene Arten unterschiedliche Bereiche des Sukzessionsgradienten nutzen. Hier kann die Analyse biologischer Merkmale („Traits“) wichtige Hinweise geben.

Wir untersuchten vier kategoriale Merkmale aller Zikadenarten aus den Bremer Daten von 2003 und den Berliner Daten von 2004. Es konnten knapp 3800 Beobachtungen von Arten auf Probeflächen analysiert werden.

Wir benutzten die „Fourth Corner“-Methode, um Veränderungen in der Häufigkeit von Merkmalsausprägungen bei zunehmendem Sukzessionsalter aufzuzeigen. Bei allen vier Merkmalen zeigten sich **signifikante Unterschiede** zwischen den Ausprägungen. Kräuter bzw. Gräser & Kräuter als Nährpflanze, Polyphagie, Überwinterung als Ei und 2 Generationen/Jahr waren die Ausprägungen, die mit eher jungem Flächenalter in Zusammenhang standen.

Abb. 12. Signifikante Unterschiede zwischen den Merkmalsausprägungen bei Zikaden im Hinblick auf das Flächenalter. Die Balken zeigen den Quartilenabstand für alle Werte des Flächenalters, bei dem Arten mit der jeweiligen Merkmalsausprägung vorkamen. Der Median ist als schwarzer Punkt markiert. Die mit römischen Ziffern (I-III) markierten Merkmalsausprägungen unterscheiden sich signifikant ($p \leq 0.05$).

(10) Biologische Merkmale II: Häufigkeit von Merkmalen innerhalb der Brachearten

	(a) Artenpool		(b) Artbeobachtungen auf Plots	
	Deutschland	Brachen		
Anzahl Arten / Beobachtungen	620	194		3763
Art der Nährpflanze				
• krautige Pflanzen	14	18 +	20	+
• krautige Pflanzen & Gräser	2	4 +	17	+
• Gräser	44	42	52	+
• holzige Pflanzen (Sträucher & Bäume)	38	36	11	-
Nahrungsspezialisierung				
• monophag (1 Pflanzenart oder -familie)	59	47 -	22	-
• oligophag (1 o. 2 Pflanzenfamilien o. weniger als 5 Arten aus weniger als 5 Familien)	24	34 +	46	+
• polyphag	14	19 +	32	+
Überwinterung				
• Ei	65	74 +	74	
• Larve	19	16	15	-
• Adulte Individuen	15	10 -	11	+
Generationenzahl / Jahr				
• univoltin (1 Generation/Jahr)	65	52 -	34	-
• bivoltin (2 Generationen/Jahr)	33	48 +	66	+

Tab. 3. Häufigkeit von Merkmalen bei Zikaden.

(a) Prozentuale Häufigkeit von Merkmalsausprägungen innerhalb der Artenpools Deutschlands bzw. der untersuchten Brachflächen und (b) innerhalb der Artbeobachtungen auf den Brachflächen. + / - stehen für signifikante ($p \leq 0.05$) höhere/niedrigere Anteile innerhalb der Brachearten als innerhalb des deutschen Artenpools (a) bzw. innerhalb der Beobachtungen als innerhalb der Brachearten (b).

Wir verglichen die Häufigkeit von Merkmals-Ausprägungen innerhalb des Brachflächen-Artenpools mit der innerhalb des deutschen Artenpools. Merkmale, die mit jungem Flächenalter korreliert waren, waren innerhalb der Brachearten überdurchschnittlich häufig vertreten. Zudem kamen die Arten mit Pionier-Merkmalen innerhalb des Brachflächen-Artenpools besonders häufig vor.

Stadtbrachen bieten also nicht allen Arten gleichermaßen potentiellen Lebensraum. Arten, die aufgrund ihrer biologischen Eigenschaften befähigt sind, junge Flächen rasch zu besiedeln, die also nur unspezifische Ansprüche an ihre Wirtspflanzen stellen und eine kurze Generationenfolge aufweisen, sind deutlich im Vorteil. Diese typischen Brachearten profitieren von einem raschen Flächen-Turnover und sind sogar darauf angewiesen.

Viele Arten kommen jedoch weniger gut mit der Dynamik eines städtischen Lebensraums zurecht. Diese Arten könnten von einigen älteren und gut verbundenen Flächen profitieren. Merkmale zur Ausbreitungsfähigkeit könnten das Bild sicherlich noch verfeinern, jedoch liegen hier für die wenigsten Arten Daten vor.