

Zusatzmaterial zu:

Szenarien der künftigen Verbreitung des Hirschkäfers in Hessen: welchen Einfluss hat der Klimawandel?

Supplement to:
Scenarios of the future distribution of the stag beetle in Hesse:
What is the impact of climate change?

Johanna Steger, Christian Geske, Jannis Gottwald,
Roland Brandl, Thomas Nauss und Stefan Hotes

Natur und Landschaft – 95. Jahrgang (2020) – Ausgabe 3: 111 – 117

Zusammenfassung

Der Hirschkäfer (*Lucanus cervus* L. 1758) – einer der auffälligsten Käfer Europas – gilt in Deutschland als stark gefährdet. Grund dafür sind schwindende geeignete Lebensräume, die geprägt von starkem Totholz oftmals an sonnenexponierten Waldrändern oder Parkanlagen liegen. Als wechselwarme Tierart könnte der Hirschkäfer direkt von einer Klimaerwärmung profitieren und sein Verbreitungsgebiet ausdehnen. Die in diesem Beitrag vorgestellte Studie zielt darauf ab, das Verbreitungsgebiet des Hirschkäfers in Hessen zu modellieren und anhand prognostizierter Szenarien des Klimawandels in die Zukunft zu projizieren. Die Vorhersagen der verschiedenen Szenarien des Klimawandels sind aber „grobskalig“; daher stellt sich die Frage, ob derartige Daten auch für regionale Zwecke sinnvolle Aussagen ermöglichen. Unsere Analyse zeigt, dass die Nutzung grobskaliger Klimavariablen erlaubt, die Wahrscheinlichkeiten des Vorkommens von Hirschkäfern regional einzuschätzen. Die Modelle zeigen zudem, dass der Klimawandel für das Vorkommen des Hirschkäfers in Hessen wenig Einfluss haben wird, wenngleich sich die Lebensräume im „schlimmsten“ Klimaszenario etwas nach Nordwesten verschieben werden.

Klimawandel – Hirschkäfer – *Lucanus cervus* – Hessen – Maxent-Algorithmus – Modellierung – regionale Verbreitung

Abstract

The stag beetle (*Lucanus cervus* L. 1758), one of the most visually striking beetles in Europe, is considered highly endangered in Germany. This is due to declining suitable habitats, which are characterised by the presence of strong deadwood and often located at sun-exposed forest edges or parks. As a species that is ectotherm, it could benefit from global warming and expand its range. The present study aims to model the distribution area of the stag beetle in the German state of Hesse and to forecast future distribution with climate change scenarios. However, the predictions of the various climate change scenarios are coarse-scale, and the question arises whether such data provides meaningful information for regional purposes. Our analysis has shown that the use of coarse-scale climate variables allows a regional prediction of the occurrence probabilities of stag beetles. The models also show that climate change will have little influence on the occurrence of the stag beetle in Hesse, although habitats will shift northwest in the 'worst' climate scenario.

Climate change – Stag beetle – *Lucanus cervus* – Hesse – Maxent algorithm – Modelling – Regional distribution

Manuskripteinreichung: 1.2.2019, Annahme: 17.12.2019

DOI: 10.17433/3.2020.50153783.111-117

Tab. A: Gewählte Einstellungsparameter, die für das finale Modell genutzt wurden, und ihre jeweilige Bedeutung. Aus verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten wurde anhand des R-Pakets „MaxentVariableSelection“ das beste Modell mit den genannten Parametern ausgewählt.

Table A: Model settings used for the final model including the meaning of each setting parameter. The best model with the parameters stated was selected from various setting options using the R package 'MaxentVariableSelection'.

Gewählte Einstellungsparameter		Bedeutung
Vorkommenspunkte	1 647	
Hintergrundpunkte	8 000	Nach Phillips und Dudík (2008) steigt die Vorhersageleistung eines Modells mit steigender Anzahl von Hintergrundpunkten an und erreicht ein Plateau bei 8 000 Punkten.
Beta-multiplier (regularization multiplier)	0,5	Der „Regelungsmultiplikator“ ist ein positiver numerischer Wert, der angibt, wie nah die projizierte Verteilung an den Daten ist, wobei kleinere Zahlen eine höhere Anpassung bedeuten. Das vorliegende Modell wurde mit Multiplikatoren zwischen 0,5 und 4,0 in jeweils 0,5er-Schritten eingestellt.
Feature type	Hinge	Kombinieren lineare und schrittweise Funktionen.
	Product	Beschreiben paarweise Interaktion zwischen Vorhersagevariablen.
Output type	Raw	Ausgabewerte sind Wahrscheinlichkeiten (0 – 1), die Summe aller während des Trainings verwendeten Zellen ist 1. Wird zur Berechnung des AICc benötigt.
	Logistic	Wahrscheinlichkeiten (0 – 1), aber zur besseren Interpretation nicht linear hochskaliert. Wenn die Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit ca. 0,5 beträgt, kann die Ausgabe des Protokolls als die Wahrscheinlichkeit des Auftretens an diesem Ort interpretiert werden.
Validierung	AUC	Werte können als die Wahrscheinlichkeit interpretiert werden, dass ein zufällig gewählter Fundpunkt höher eingestuft wird als ein zufällig gewählter Hintergrundpunkt.
	AICc	Schätzt die Qualität des Modells unter Berücksichtigung der Anzahl an Parametern, um nicht zu komplexe Modelle zu erhalten.
	Boyce-Index	Der Boyce-Index benötigt lediglich Präsenzdaten und misst, inwieweit sich die Modellvorhersagen von der zufälligen Verteilung der Vorkommensdaten unterscheiden. Die Werte variieren dabei zwischen -1 für ein inverses Modell, 0 für ein zufälliges Modell und +1 für ein perfektes Modell.

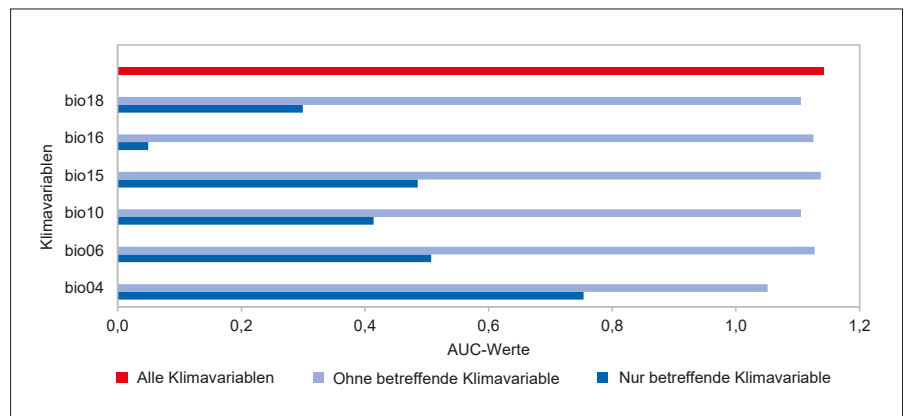


Abb. A: Das Diagramm zeigt die Ergebnisse des Jackknife-Tests des finalen Modells. Hierbei werden mehrere unabhängige Modellreihen erstellt: Für jede erklärende Klimavariablen berechnet die Software zwei weitere Modelle; eines enthält ausschließlich die betreffende Klimavariablen als Erklärung, das zweite enthält alle anderen Klimavariablen ohne die betreffende Klimavariablen. Das Resultat wird im absoluten Gewinn (gain) sowie in den AUC-Werten (area under the curve) des jeweiligen Modells angegeben. Die Umgebungsvariable mit dem höchsten Gewinn bei isolierter Verwendung ist im vorliegenden Modell bio04, die daher die nützlichsten Informationen selbst zu haben scheint. Die Umgebungsvariable, die den Gewinn am meisten verringert, wenn sie weggelassen wird, ist ebenfalls bio04; sie scheint daher die meisten Informationen zu haben, die in den anderen Variablen nicht vorhanden sind.

Fig. A: This figure shows the results of the Jackknife test of our final model. Several independent model series are created: for each explanatory climate variable, the software calculates two additional models; one contains only the climate variable in the model as an explanation, the second contains all other climate variables without the relevant climate variable. The result is expressed in absolute gain and in the corresponding AUC values of each model. The environmental variable with the highest gain when used in isolation is bio04 in our model, which therefore seems to have the most useful information itself. The environmental variable that reduces the gain the most when omitted is also bio04, which therefore seems to have the most information that is not present in the other variables.

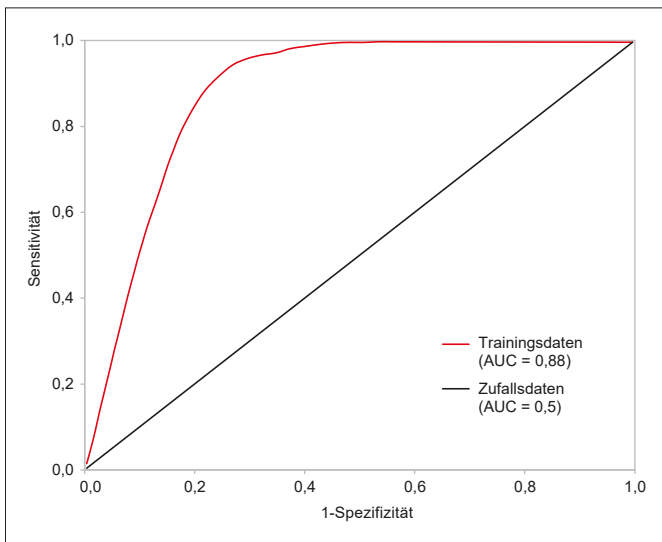


Abb.B: ROC-Kurve (Receiver Operating Characteristic) des Maxent-Outputs mit der AUC (area under the curve) der 1 648 Trainingsdaten. Die ROC-Kurve stellt die Anteile der durch das Modell korrekt vorhergesagten Artvorkommen gegen die nicht vorhergesagten Vorkommen dar. Da die rote Linie über der Diagonalen liegt, sind alle Trainingsdaten (Fundpunkte) besser als Zufallspunkte.

Fig. B: ROC curve (Receiver Operating Characteristic) for the Maxent output including the AUC (area under the curve) of the 1,648 training data. The ROC curve represents the proportions of the species occurrences correctly predicted by the model against the non-predicted occurrences. As the red line is above the diagonal, all training data (occurrence points) are better than random points.

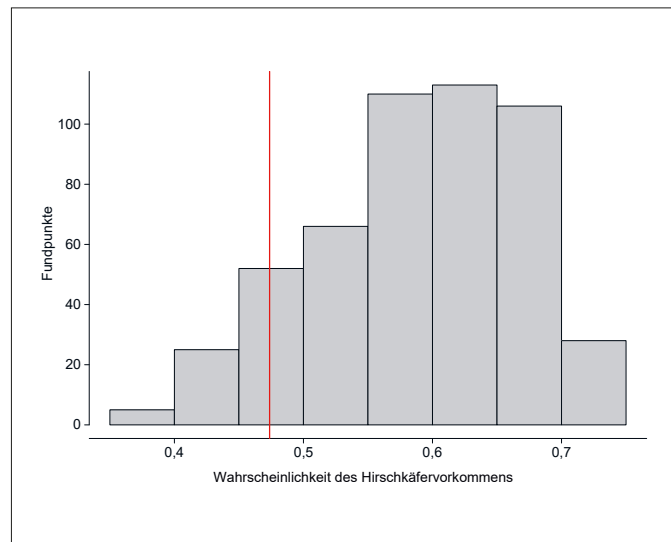


Abb.C: Fundpunkte des Hirschkäfers in Abhängigkeit der aktuellen Wahrscheinlichkeit des Vorkommens. 90 % der derzeitigen Fundpunkte des Hirschkäfers liegen über einer Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von 46 % (rote Linie). Dementsprechend können Gebiete, die in den Verbreitungsmodellen und der Vorhersage unter Szenarien des Klimawandels eine Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von über 46 % haben, als geeignet für den Hirschkäfer eingestuft werden.

Fig. C: Occurrence points of the stag beetle depending on the current probability of occurrence. 90 % of the current stag beetle locations are above a 46 % probability threshold of occurrence (red line). Accordingly, areas with a probability of occurrence of more than 46 % in the distribution models and the forecasts under climate change scenarios can be classified as suitable for the stag beetle.

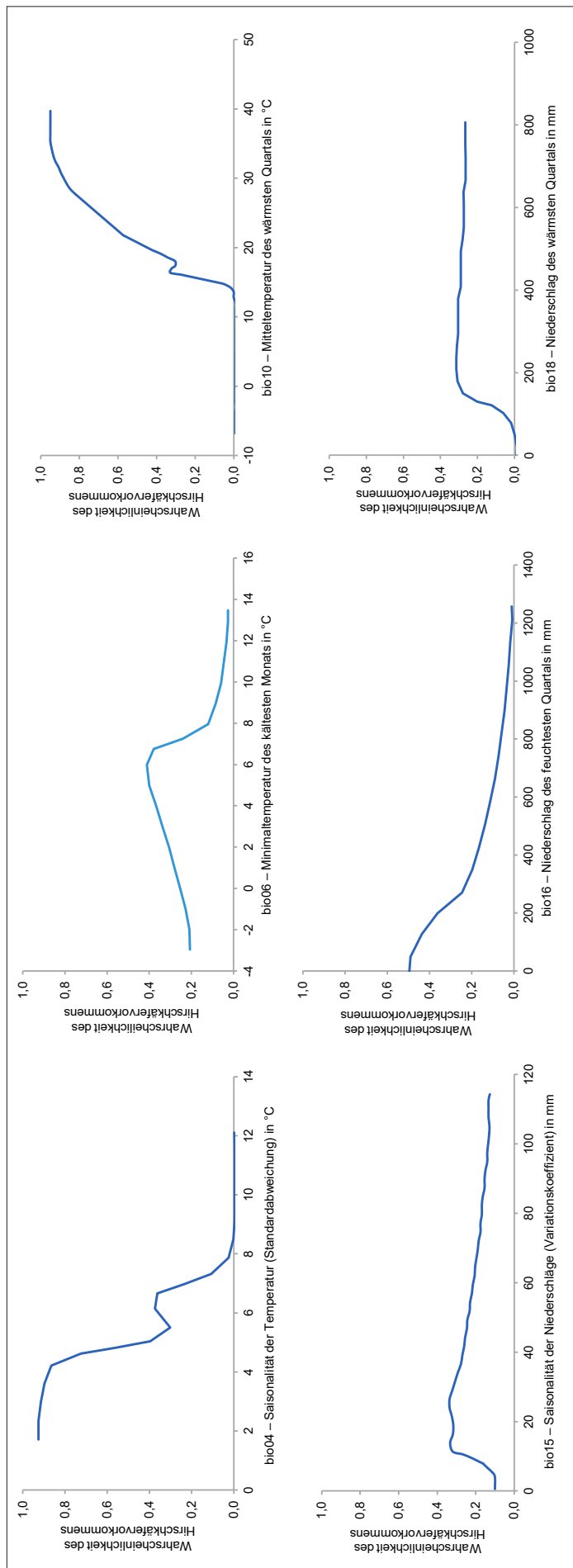


Abb. D: Die Wirkungskurven (response curves) zeigen, wie die einzelnen Klimavariablen (bio04, bio06, bio10, bio15, bio16, bio18) die Maxent-Prognose beeinflussen und wie sich die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit des Hirschkäferorkommens ändert, wenn einzelne Umgebungsvariablen variiert werden, wobei alle anderen Umgebungsvariablen auf ihrem durchschnittlichen Sample-Wert gehalten werden. Steigt beispielsweise die Saisonalität der Temperatur (bio04) von 2 °C auf 8 °C, dann nimmt die Wahrscheinlichkeit des Hirschkäferorkommens ab.

Fig. D: The response curves show how each climate variable (bio04, bio06, bio10, bio15, bio16, bio18) affects the Maxent forecast. The curves show how the predicted probability of stag beetle occurrence changes as each environmental variable is varied, keeping all other environmental variables at their average sample value. For example, if the seasonality of temperature (bio04) increases from 2 °C to 8 °C, the probability of stag beetle occurrence decreases.

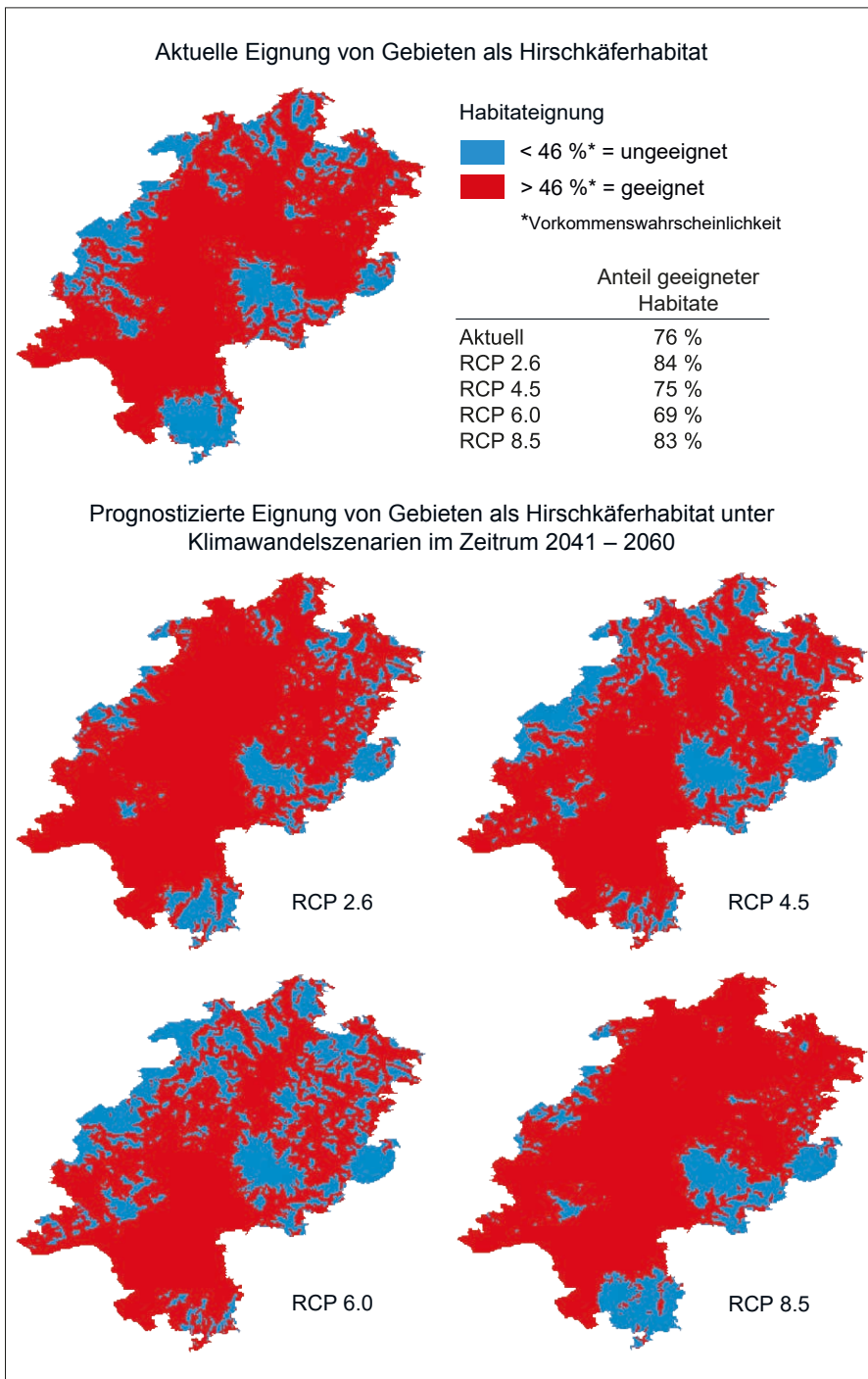


Abb. E: Eignung von Gebieten als Hirschkäferhabitat – aktuell und prognostiziert unter Klimawandelszenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5) im Zeitraum 2040–2061 mit Angabe des jeweiligen Anteils geeigneter Gebiete in Bezug zur Gesamtfläche Hessens; geeignet sind Gebiete mit Wahrscheinlichkeiten des Vorkommens über 46 %.

Fig. E: Suitability of areas as habitat for stag beetles – current and forecast under climate change scenarios (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5) in the period 2040–2061 with indication of the respective proportion of suitable areas in relation to the total area of Hesse; suitable areas are areas with probabilities of occurrence above 46 %.

M. Sc. Johanna Steger
Korrespondierende Autorin
Philipps-Universität Marburg
Fachbereich Biologie
AG Allgemeine Ökologie und Tierökologie
Karl-von-Frisch-Straße 8
35043 Marburg
E-Mail: johanna.steger@biologie.uni-marburg.de



Jahrgang 1992; Studium der Forstwissenschaften und Waldökologie an der Georg-August-Universität Göttingen im Masterschwerpunkt Forstbetrieb und Waldnutzung; derzeit Doktorandin der Arbeitsgruppe Allgemeine Ökologie und Tierökologie der Philipps-Universität Marburg und wissenschaftliches Mitglied im Arbeitskreis Wildbiologie an der Justus-Liebig-Universität Gießen; Dissertationsthema: Modellierung potenzieller Verbreitungsgebiete schutzbedürftiger Arten in Hessen mittels Informationen

aus der Fernerkundung; Stipendiatin in der Promotionsförderung der Konrad-Adenauer-Stiftung.

Dipl.-Biol. Christian Geske
Hessisches Landesamt für Naturschutz,
Umwelt und Geologie
Abteilungsleitung Naturschutz i. V.
Netanyastraße 5
35294 Gießen
E-Mail: naturschutz@hlnug.hessen.de

M. Sc. Jannis Gottwald
Philipps-Universität Marburg
Fachbereich Geographie
AG Umweltinformatik
Deutschhausstraße 12
35032 Marburg
E-Mail: jannis.gottwald@geo.uni-marburg.de

Prof. Dr. Roland Brandl
Philipps-Universität Marburg
Fachbereich Biologie
AG Allgemeine Ökologie und Tierökologie
Karl-von-Frisch-Straße 8
35043 Marburg
E-Mail: brandlr@biologie.uni-marburg.de

Prof. Dr. Thomas Nauss
Philipps-Universität Marburg
Fachbereich Geographie
AG Umweltinformatik
Deutschhausstraße 12
35032 Marburg
E-Mail: nauss@geo.uni-marburg.de

Dr. Stefan Hotes
Philipps-Universität Marburg
Fachbereich Biologie
AG Allgemeine Ökologie und Tierökologie
Karl-von-Frisch-Straße 8
35043 Marburg
E-Mail: hotes@staff.uni-marburg.de