

HESSEN



Hessisches Landesamt für
Umwelt und Geologie

Fachzentrum Klimawandel
Hessen

Fachtagung

Neue Forschungsergebnisse:

Klimawandel und seine Folgen für die Umwelt in Hessen

11. Juni 2015

Wiesbaden, Schloss Biebrich, Oraniensaal



Extremwetter in Hessen – Beobachtungen des 20. Jahrhunderts und Projektionen für das 21. Jahrhundert

Prof. Dr. Douglas Maraun

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung, Kiel

In diesem Vortrag werden das Auftreten von extremen Wetter- und Klimaereignissen sowie mögliche Änderungen infolge des menschengemachten Klimawandels in Hessen vorgestellt. Generell kann nach dem heutigen Stand der Forschung für Hessen von folgender Entwicklung ausgegangen werden:

- Es werden mehr Hitzetage und tropische Nächte auftreten,
- die Hitzewellen werden länger,
- extreme Niederschläge vor allem im Frühling und Herbst werden stärker,
- Dürren im Sommer werden länger.

In der Regel werden in Südhessen stärkere Änderungen erwartet als in Mittel- und Nordhessen. Diese Änderungen sind mit relativ großen Unsicherheiten verbunden, häufig sind 50 % stärkere oder schwächere Änderungen möglich. Interne Klimavariabilität ist eine wichtige Unsicherheitsquelle in der Quantifizierung von Änderungen im Auftreten von Extremereignissen.

Statistische Abschätzung zukünftiger Starkregen- und Starkwindereignisse

Arne Spekat

Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH

Das Auftreten von meteorologischen Extremereignissen besitzt hohe Relevanz für jeden von uns. Dies gilt insbesondere für sommerliche, mit so genannten *konvektiven Systemen* verbundene Starkregen- und Starkwindereignisse. Das Wissen um deren Häufigkeit nützt zahlreichen Sektoren wie der Daseinsfürsorge, der Ökonomie, der Ökologie oder dem Bau- und Konstruktionswesen. Diese Häufigkeiten für die Zukunft abzuschätzen, ist in hohem Maße erstrebenswert; es ist aber auch eine in hohem Maße komplexe Materie. Im Vortrag wird auf die „Tücke des Objekts“ eingegangen. Damit ist gemeint, dass vielfach Unklarheit darüber herrscht, dass Extreme anderen Gesetzmäßigkeiten unterliegen als die uns eher vertrauten mittleren Zustände. Für die Interpretation der Abschätzungen von Zukunftsaussagen zu Extremen ist dieser Unterschied besonders wichtig. Für die Kommunikation der Zukunftsaussagen haben Belastbarkeitsabschätzungen zudem eine große Bedeutung.

Anhand von Resultaten einer Studie, die im Rahmen von INKLIM-A durchgeführt wurde, werden zur Veranschaulichung Beispiele zur zukünftigen Entwicklung von sommerlichen Starkregen- und Starkwindereignissen vorgestellt. Ziel ist es, ein realistisches Bild der komplexen Materie zu zeichnen und Wege zur adäquaten Interpretation aufzuzeigen.

Untersuchungen zur Anpassungsfähigkeit hessischer Buchenwälder an veränderte Klimabedingungen

Prof. Dr. Johannes Eichhorn

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen

Der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) als häufigster Baumart kommt für Hessen sowohl unter ökologischen als auch unter ökonomischen Gesichtspunkten eine besondere Bedeutung zu. Im Zentrum ihres natürlichen Vorkommens zeichnet sich die Buche durch eine hohe Konkurrenzkraft aus. Ihre Verbreitung wird insbesondere durch die standörtliche Wasserverfügbarkeit begrenzt.

Die im Zuge des Klimawandels prognostizierte Verknappung des Wasserangebots erfordert daher eine umfassende Untersuchung der Entwicklung des zukünftigen Trockenstressrisikos hinsichtlich der Vitalität, Stabilität und Produktivität hessischer Buchenwälder. Dabei wird auch den Möglichkeiten einer Begrenzung des Trockenstressrisikos durch forstliche Anpassungsstrategien nachgegangen.

Schon für die Vergangenheit lassen sich an hessischen Buchenbeständen eindeutig trockenstressbedingte Reaktionen verschiedener Wachstums- und Vitalitätsindikatoren nachweisen. Zu nennen sind insbesondere die Höhen- und Durchmesserentwicklung, die Fruktifikation, die Kohlenstoffallokation sowie die jährliche Absterbe-Häufigkeit der Buche.

Klimatische Wasserbilanz, insbesondere Verdunstung und Bodenwasserverfügbarkeit erweisen sich als wichtige Einflussgrößen für Trockenstress. Eine erhöhte Absterberate der Buche infolge von Trockenstress, wie sie etwa für das Matra-Gebirge in Nordungarn beschrieben wird, ist für Hessen im Zentrum der natürlichen Buchenverbreitung mit Ausnahme des extremen Jahres 1976 in den vergangenen Jahrzehnten nicht beobachtet worden.

Trotz einer relativ breiten Streuung zwischen den angewendeten Klimamodellen wird bis zum Jahr 2100 übereinstimmend eine Zunahme von Trockenstress für die Buche prognostiziert. Insbesondere das in den vergangenen Jahrzehnten nahezu unbekannte Phänomen mehrerer Trockenstressjahre in Folge könnte zu einem häufigeren Ereignis werden. Dies könnte die Anpassungsfähigkeit dieser Baumart überfordern und zu einem Anstieg des Mortalitätsrisikos der Buche in Hessen beitragen.

Forstliche Anpassungsstrategien zur Begrenzung des Trockenstressrisikos für Buchenwälder können zwar die mit der Klimaänderung angenommene Zunahme des Trockenstressses nicht ausgleichen, jedoch zu einer spürbaren Stabilisierung der Wälder beitragen. Zu den forstlichen Maßnahmen zählen eine Stabilisierung vorhandener Wälder, eine Senkung und Verteilung der Risiken sowie ein standortgemäßer Waldumbau.

Einsatz von Biokohle in heimischen Böden – grundlegende Untersuchungen zum möglichen Nutzen und Risiko

Prof. Dr. Claudia Kammann

Hochschule Geisenheim University, Zentrum für Angewandte Biologie

(Projektdurchführung: an der Universität Gießen)

Der effektivste Weg, um CO₂ aus der Atmosphäre zu binden, ist noch immer die pflanzliche Photosynthese: Sie überführt ein Gas mit einem Anteil von ca. 400 ml pro m³ in eine feste Form, in der der Kohlenstoff etwa 45-50 % der Trockenmasse von Pflanzen ausmacht. Die Idee, Biomasse in eine zersetzungsstabilere Form als Biomasse zu bringen (pyrogene Pflanzenkohle) und diese in Böden zu nutzen, hat ihren Ursprung in der Erforschung fruchtbarer kohlehaltiger Schwarzerden im Amazonasgebiet. Der Oberbegriff „Biokohle“ steht für **(1) Pflanzenkohle (engl. biochar)**, die mittels Pyrolyse bei Temperaturen ab 350 °C aufwärts aus eher trockenen Biomassen erzeugt wird, und für **(2) HTC-Kohlen aus hydrothermalen Carbonisierung**, die v.a. aus nassen Biomassen im wässrigen Milieu unter bis zu 20 bar Druck und 200-250 °C hergestellt werden. Dem vermuteten Nutzen (C-Sequestrierung, Treibhausgas(THG)-Minderung, Ertragssteigerung) standen jedoch unbekannte Risiken gegenüber, über die bei Projektbeginn 2009 so gut wie nichts bekannt war.

Daher wurden im Projekt kurz- (I), mittel- (II) und langfristige (III) Untersuchungen durchgeführt:

(I) Für ein **rasches Screening** auf mögliche toxische oder schädliche Wirkungen von Biokohlen wurden **biologische Testverfahren** etabliert. Die Methoden wurden ISO-Normen oder Kompostgüte-Prüfvorschriften entlehnt, modifiziert, auf Reproduzierbarkeit geprüft und auf 15 sehr verschiedene Biokohlen (Biochars, HTC-Kohlen) angewendet, deren Schadstofffrachten auch analysiert wurden (PAK, PCB, Dioxine, Nährstoffe, Schwermetalle).

Fazit (I): Mittels moderner, sauberer Pyrolyseverfahren produzierte Biochars sind i.d.R. „sauber“; Testergebnisse waren oft positiv oder „bestanden“. Eine belastete Kohle konnte mit Pflanztests gut erkannt werden. HTC-Kohlen hingegen hatten fast immer frisch, unbehandelt sehr negative Wirkungen, ohne dass die verantwortlichen Schadstoffe mit gängigen Analyseverfahren erfasst wurden. Pflanztests sind ein geeignetes Werkzeug, um rasch Schadstoffprobleme aufzuzeigen, selbst wenn chemische Analysen diese nicht erfassen.

(II) In **Inkubationsstudien über 4–13 Monate** wurden die Abbaubarkeit der C-Additive in heimischen Böden und ihr Potential für THG-Emissionen getestet.

Fazit (II): Die Abbaubarkeit folgte dem Carbonisierungsgrad der Materialien in folgender Reihenfolge:

Ausgangsmaterial (feedstock) > (schwach > stark carbonisierte) HTC-Kohle >> Biochar.

In einem Pflanzversuch war die Weidelgras-Biomasse mit Biochar um ca. 30 % gesteigert. Die N₂O-Emissionen wurden durch Pflanzenkohle-Zugabe stets gegenüber allen anderen Varianten verringert, wenn auch nicht immer signifikant; mit dem Ausgangsmaterial waren sie hingegen sehr hoch.

(III) Im Feldversuch im Grünland wurden Ausgangsmaterial (*Miscanthus*-Häcksel), HTC-Kohle und Pflanzenkohle gemischt mit Schweinegülle auf die Oberfläche ausgebracht. Die ausgebrachten C-Mengen entsprachen einer Anhebung des Oberboden-Kohlenstoffgehalts (3,5 %) um 16 %. Zweimal im Jahr erfolgte eine Biomasse-Ernte bzw. eine Gülledüngung. Die Kohlen wanderten allmählich in den Oberbodenhorizont (0-5 cm) ein; nur Biochar war stabil und blieb im Profil sichtbar. In den ersten beiden Jahren verursachte die HTC-Kohle eine leichte Ertragsdepression. Ansonsten hatte kein C-Additiv negative Effekte auf Ertrag, Nährstoffgehalte oder Bodeneigenschaften. Das Ausgangsmaterial steigerte jedoch die Lachgas-Emissionen signifikant; die CO₂-Bestandesatmung wurde mit Biochar reduziert. Die mikrobielle Biomasse des Bodens (Pilze, Bakterien) war im vierten Jahr nach Beginn interessanterweise vor allem in den Biochar-Böden gesteigert, während die Bestandesatmung (der CO₂-Verlust des Systems Boden-Pflanze) vermindert war.

Fazit (III): Auch im Feldversuch erwies sich die Pflanzenkohle als die beste Wahl, um C in Böden einzubinden. Gefahren bezüglich der THG-Emissionen oder der Menge und Qualität des Ertrags waren keine erkennbar. Die veränderte bodenmikrobiologische Antwort könnte auf einen zusätzlichen Bodenkohlenstoff-Aufbau (neben der eingebrachten Kohle) hindeuten, was nur langfristig erkennbar werden wird.

Abschlussbetrachtungen und Ausblicke: Als Mittel des Klimaschutzes (C-Speicherung, THG-Reduktion) empfiehlt sich vornehmlich die zersetzungsstabilste Form, pyrogene Pflanzenkohle, deren Schadstofffreiheit und nachhaltige Produktion mittlerweile durch das Europäische Biochar Zertifikat (EBC) gewährleistet werden kann. Für den Einsatz großer Mengen purer Pflanzenkohle in bereits fruchtbaren heimischen Böden gibt es derzeit jedoch wenig ökonomische Anreize; für den vorherigen Einsatz in der Tierhaltung und in Pflanzsubstraten hingegen schon. Das vom Land Hessen geförderte Projekt zu „Biokohle“ ließ uns früh auf eine interessante Eigenschaft von Biochar stoßen, die über andere Forschungsaktivitäten (Bsp. DFG-Projekt) herausgearbeitet wurde: Biochars können Nitrat (teil)reversibel einfangen und binden und somit vor Auswaschung schützen. Diese Eigenschaft verstärkte sich durch organische Vorbehandlung (Co-Kompostierung), obwohl diese Pflanzenkohle bereits Nitrat-beladen war. In Großcontainer-Versuchen mit Reben konnte durch Zugabe von Kompost *plus* Biochar die stärkste Reduktion von Nitratauswaschungen erreicht werden, verglichen mit beiden Materialien separat. Möglicherweise ist auch aus diesem Grund der Einsatz von Kohle-Komposten in degradierten tropischen Böden (nicht Gegenstand dieses Projekts) oft sehr lohnend, vor allem wenn die Biochar-Erzeugung über einen neuartigen, kostengünstigen und sauberen Ansatz erfolgt, und die Pflanzenkohle kombiniert mit betriebseigenen organischen Düngemitteln eingesetzt wird.

Klimabedingte Chancen, Risiken und Kosten für den Obst- und Weinbau in Hessen

Prof. Dr. Frank-M. Chmielewski

Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau

Die klimatischen Verhältnisse in den Obstbauregionen Hessens werden sich zum Ende dieses Jahrhunderts zum Teil deutlich ändern. In erster Linie kann man von einer signifikanten Zunahme der Lufttemperatur in allen Monaten und Jahreszeiten ausgehen. Der Gesamtniederschlag nimmt im Sommer signifikant ab und im Winter, besonders im Januar, signifikant zu. Der Jahresmittelwert verändert sich jedoch nicht. Zu den gesicherten Folgen des Temperaturanstiegs zählt die bereits in Hessen beobachtete Verschiebung in den Eintrittsterminen phänologischer Stadien, die sich bis zum Ende dieses Jahrhunderts fortsetzen wird. Basierend auf den Veränderungen im Blühbeginn der Obstgehölze konnten Abschätzungen für die Wahrscheinlichkeit von Spätfrostschäden vorgenommen werden, die zu den gefürchtetsten Witterungsschäden im Obstbau gehören. Die Ergebnisse zeigen jedoch keine signifikante bzw. obstbaulich relevante Änderung der Schäden, so dass das heute existierende Spätfrostisiko höchstwahrscheinlich erhalten bleibt.

Die durchgeführten Berechnungen zum Obstertrag ergaben, dass die mittleren Ertragschäden beim spätreifen Apfel, der Birne, beim Pfirsich und der spätreifen Pflaume ohne künstliche Sommerberegnung und ohne Berücksichtigung der CO₂-Düngung leicht zunehmen. Durch die Einführung von Beregnungsmaßnahmen zwischen Blühbeginn und Frucht reife traten keine signifikanten Ertragsänderungen mehr auf, so dass diese Maßnahme allein schon wirksam war, um den Ertrag auch künftig zu stabilisieren. Unter Berücksichtigung der CO₂-Düngung, aber ohne Sommerberegnung, ist für alle Fruchtarten eine signifikante Abnahme der Schäden, d.h. ein Ertragszuwachs möglich, der bei zusätzlicher Sommerberegnung zunimmt. Durch die bessere Wassernutzungseffizienz unter höheren atmosphärischen CO₂-gehalten war die erforderliche Sommerberegnung geringer als im Fall ohne CO₂-Düngung.

Im Rahmen der ökonomischen Bewertung konnte schließlich aus den analysierten Einzelschäden ein Gesamtschaden berechnet werden, der zusammen mit den Kosten für Gegenmaßnahmen in die Bilanzierung der Gesamtkosten des Klimawandels eingeht. Hierbei ergab sich, dass nur der spätreife Apfel für zwei plausible Anpassungsstrategien einen signifikanten Gewinn zeigt. Wenn man hierbei wiederum die CO₂-Düngung berücksichtigt, errechnet man erwartungsgemäß für alle Obstarten hoch signifikante Kostenabnahmen durch die Ertragszuwächse infolge des CO₂-Düngeeffekts, wobei gerade diese Rechnungen noch als sehr unsicher einzustufen sind.

Einfluss regionaler Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt von Rebstandorten – Risikoanalyse für die hessischen Weinbaugebiete

Prof. Dr. Hans-Reiner Schultz

Hochschule Geisenheim University, Zentrum für Wein- und Gartenbau

Reben sind eine klimasensible Kultur und der Wasserhaushalt von Rebstandorten ist entscheidend für die Ertrags- und Qualitätsbildung. Vor allem Standorte in Steillagenregionen unterliegen erheblichen Schwankungen in der Wasserversorgung und sind traditionell auch die trockensten Standorte. Die Projektionen der Klimamodelle deuten auf trockenere Sommer bzw. wechselnde Wasserversorgung hin, was ein angepasstes Management des Wasserhaushalts sehr schwierig machen würde.

Um ein Risiko-Management hinsichtlich des Wasserhaushalts für Rebstandorte zu etablieren, wurde ein Wasserhaushaltsmodell für Weinberge weiterentwickelt, um die wesentlichen Größen, welche den Wasserhaushalt der Weinberge hessischer Weinbaugebiete beeinflussen, zu berücksichtigen. Das Modell kann so auch für Steillagenweinberge verwendet werden und beachtet unterschiedliche Formen der Bodenbewirtschaftung. Das Modell wurde über zwei Jahre auf drei unterschiedlichen Standorten getestet und kalibriert und konnte die vor Ort gemessenen Werte der Bodenfeuchte und des Wasserverbrauchs der Reben gut wiedergeben. Eine Verknüpfung der Daten aus einem digitalen Höhenmodell, zur Ermittlung der Hangneigung und Exposition der Weinberge, und digital vorliegender Karten zur Wasserspeicherfähigkeit der Böden diente der Bestimmung der nötigen Eingangsgrößen, um Wasserhaushaltsrechnungen für den Rheingau und die Hessische Bergstraße flächendeckend durchzuführen. Dabei wurden sowohl beobachtete Wetterdaten als auch Klimaprojektionen vier verschiedener regionaler Klimamodelle verwendet.

Als Indikator zur Abschätzung möglicher Änderungen des Wasserhaushalts wurde die Summe der pro Jahr auftretenden Trockenstresstage bestimmt. Da weite Teile der hessischen Weinbaubereiche eine gute Wasserspeicherfähigkeit aufweisen, zeigen drei der vier Modelle keine gravierenden Änderungen für diese Regionen. In den Steillagenregionen bei Rüdesheim und Assmannshausen sowie auf vereinzelt weiteren Standorten zeigen die Ergebnisse jedoch, dass das Mittel der pro Jahr auftretenden Trockenstresstage in Zukunft zunehmen würde. Damit könnte einhergehen, dass Jahre, die sich aufgrund von Trockenheit negativ auf Ertrag und Qualität auswirken, häufiger auftreten werden. Eines der vier Modelle projiziert eine Zunahme der Trockenheit, von der schon in den nächsten dreißig Jahren auch Weinberge mit guter Wasserspeicherfähigkeit betroffen wären. Dieses Modell beschreibt allerdings im Vergleich zu anderen regionalen Klimamodellen die trockenste Realisierung einer möglichen zukünftigen Klimaentwicklung.

Die Weinbauforschung ist derzeit gefordert, Anpassungsmaßnahmen an die vielfältigen Auswirkungen der Klimaerwärmung zu entwickeln, welche nicht isoliert voneinander betrachtet werden können. Der Wasserhaushalt ist dabei ein wichtiger Aspekt. Z.B. ist die Etablierung einer Tropfbewässerung in Steillagenbereichen häufig schwierig zu bewerkstelligen; die Fragen zur Wasserentnahme und Bereitstellung sind derzeit nicht geklärt. Auch ist die Steuerung von Bewässerungsmaßnahmen im Weinbau nicht einfach, da es hier weniger auf die Menge als auf den richtigen Zeitpunkt ankommt, und eine Überversorgung schneller zu Einbußen führen kann als bei anderen Kultursorten.

Auswirkungen des Klimawandels auf stark bedrohte Pflanzenarten in Hessen

Dr. Marco Schmidt

Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt / BiK-F, Goethe-Universität Frankfurt

Während allgemeine Folgen des Klimawandels für die Flora Deutschlands bereits untersucht wurden, fehlen bisher Analysen auf regionaler Ebene, besonders für bedrohte und seltene Arten. Die vorliegende Studie untersucht die Frage, welche Arealveränderungen für naturschutzfachlich bedeutsame Pflanzenarten in Hessen als Folge des Klimawandels abgeschätzt werden können und was dies für ihre zukünftige Erhaltung bedeutet. Hierfür wurden 65 der insgesamt über 200 Rote Liste-Arten der Kategorie 1 (vom Aussterben bedroht) oder Kategorie 2 (stark gefährdet) ausgewählt.

Aktuelle und zukünftige Verbreitung dieser Arten wurden mit Maxent, basierend auf deutschlandweiten Punktverbreitungsdaten und bioklimatischen Variablen modelliert. Nach unseren Modellierungen werden 2100 nur noch etwa drei Viertel der untersuchten Arten in Hessen vorkommen, wobei insbesondere Arten der Hochlagen verschwinden werden. Dies liegt etwas über dem bisher für Deutschland vorhergesagten Artenverlust von 15–20 %. Allerdings wurden für Hessen die bereits heute mindestens stark gefährdeten Arten behandelt. Das Ergebnis weist auf die Notwendigkeit von geeigneten Schutzmaßnahmen hin, wobei die Mehrzahl der behandelten Arten als „conservation dependent“ einzuschätzen ist. Es handelt sich um Arten, denen die aktuelle land- und forstwirtschaftliche Landnutzung keine geeigneten Umweltbedingungen mehr bietet und die auf heute obsoletere Landnutzungsformen wie Waldweide oder Streuwiesennutzung angewiesen sind.

Plausible Ergebnisse ergaben sich für Arten mit relativ großen Arealen wie etwa der Hochlagenart Nordischer Augentrost (*Euphrasia frigida*), die mutmaßlich in Hessen verschwinden wird mit letzten geeigneten Wuchsorten im Bereich der Wasserkuppe. Die Aussagekraft klimabasierter Modelle bei Arten mit sehr kleinen Arealen und speziellen ökologischen Ansprüchen ist dagegen begrenzt: Für die Wiesen-Schwertlilie (*Iris spuria*) wird zwar eine klimabedingte Arealerweiterung prognostiziert, die Pflanze ist aber auf salzhaltige Wiesen der Oberrheinebene beschränkt und kann keine weiteren Standorte besiedeln. Ähnliche Szenarien ergeben sich für Arten, die auf Kalksanddünen der Oberrheinebene angewiesen sind wie Badisches Rispengras (*Poa badensis*) oder Sand-Silberscharte (*Jurinea cyanoides*).

Einfluss des Klimawandels auf Brutverluste bei höhlenbrütenden Singvögeln durch Siebenschläfer

Dr. Carina Scherbaum-Heberer

Ökologische Forschungsstation Schlüchtern

Im Rahmen einer seit Anfang der 1970er Jahre an der Ökologischen Forschungsstation Schlüchtern e. V., ehemals Ökologische Außenstelle der Goethe-Universität Frankfurt am Main, durchgeführten Langzeitstudie an höhlenbrütenden Singvögeln wurden brutbiologisch relevante Daten an Nistkästen nutzenden Tierarten erhoben. Für die vorliegende Studie liegen Datenreihen aus zwei bewaldeten Untersuchungsgebieten mit einer Gesamtzahl von 161 Nistkästen nahe der Städte Bad Soden-Salmünster (50°17'N, 9°22'O) und Steinau a. d. Straße (50°19'N, 9°27'O) vor.

Es wurden für jedes Untersuchungsgebiet ein hinsichtlich der Temperatur moderates (2004 bzw. 2010) und ein besonders warmes Frühjahr (2003 bzw. 2011) ausgewählt. Die brutbiologischen Daten wurden in Bezug auf Überschneidungen zwischen höhlenbrütenden Singvögeln und dem Siebenschläfer (*Glis glis*) sowie Auswirkungen auf Kleiber (*Sitta europaea*), Kohlmeise (*Parus major*) und Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*, Syn. *Parus caeruleus*) betrachtet. Für die warmen Frühjahre kann eine frühere und weiträumigere Nistkastennutzung durch Siebenschläfer beobachtet werden. Dies führt zu einer stärkeren zeitlichen und räumlichen Überschneidung mit Singvögeln und damit vermehrt zu Plünderungen an Vogelbruten. Hierbei ist die Kohlmeise als häufigste Art anteilmäßig am stärksten betroffen, gefolgt von der Blaumeise und dem Kleiber, der den geringsten Anteil an geplünderten Bruten aufweist.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Fachzentrum Klimawandel Hessen

Rheingaustraße 186

65203 Wiesbaden

<http://klimawandel.hlug.de/>



Für eine lebenswerte Zukunft