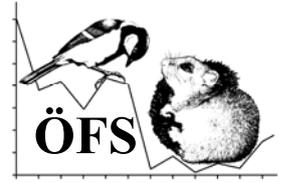


Ökologische Forschungsstation Schlüchtern e. V.

Georg-Flemmig-Str.5
36381 Schlüchtern
Tel.: 06661-6712
www.forschung-oefs.de



Einfluss des Klimawandels auf die Höhlenkonkurrenz zwischen Vögeln, Kleinsäugetern und Insekten

zur Fragestellung der

„Verwendbarkeit vorhandener Datenreihen zur Feststellung von Klimaänderung“

im Rahmen des Aufgabengebietes

„Entwicklung und Weiterentwicklung von Indikatoren- und Monitoringsystemen zum Klima-
wandel“ des Fachzentrums für Klimawandel

Abschlussbericht

Laufzeit: 10. September 2009 bis 15. Oktober 2011

Projektleitung: Dr. Karl-Heinz Schmidt

Projektbearbeitung: Dr. Carina Scherbaum-Heberer, Dipl.-Biol. Bettina Koppmann-Rumpf,
Dipl.-Biol. Semela Dukova, Dipl.-Biol. Heidrun Janka

Auftraggeber: Fachzentrum Klimawandel Hessen im Hessischen Landesamt für Umwelt und
Geologie

Projektbetreuung: Fachzentrum Klimawandel Hessen

Schlüchtern, Oktober 2011



Forschungsprogramm INKLIM-A und weitere Projekte

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Beschreibung/Problemstellung	4
Ergebnisse	12
1. Entwicklung der Bestände	12
1.1. Entwicklung der Bestände von Brutvögeln.....	12
1.2. Entwicklung der Bestände von „Nicht-Vögeln“	16
1.3. Temperaturentwicklung	22
1.4. Entwicklung der Bestände und Temperatur	23
2. Beginn der Höhlennutzung	27
2.1. Legebeginn.....	27
2.1.1. Legebeginn und Temperatur	30
2.1.2. Legebeginn und Niederschläge	31
2.2. Erstfunde von „Nicht-Vögeln“	35
2.2.1. Erstfunde von „Nicht-Vögeln“ und Temperatur	38
2.2.2. Erstfunde von „Nicht-Vögeln“ und Niederschläge	40
3. Bedeutung der Befunde für die Konkurrenz	41
Diskussion/Bewertung der Ergebnisse	45
Ausblick/Forschungs-/Untersuchungsbedarf	49
Literatur	50

Zusammenfassung

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 Nutzern von Nistkästen erhoben. Für die vorliegende Studie liegen Datenreihen aus fünf bewaldeten Untersuchungsgebieten mit einer Gesamtzahl von rund 500 Nistkästen über insgesamt 38 Untersuchungsjahre im Zeitraum von 1970 bzw. 1971 bis 2008 nahe der Städte Schlüchtern und Steinau a. d. Straße vor. Die Daten werden auf dem Hintergrund der Temperaturentwicklung in Bezug auf Bestandsentwicklungen unterschiedlicher baumhöhlennutzender Tiergruppen bzw. -arten und Beginn der Nistkastennutzung bzw. Beginn der Eiablage unter Berücksichtigung der Niederschläge sowie phänologischer Daten ausgewertet, um daraus Rückschlüsse auf mögliche Konkurrenzphänomene zwischen den Nutzern zu ziehen. Im Fokus stehen die höhlenbrütenden Singvogelarten Kohlmeise (*Parus major*), Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*, Syn. *Parus caeruleus*), Kleiber (*Sitta europea*) und Trauerschnäpper (*Ficedula hypoleuca*). Weitere einbezogene Nistkastennutzer sind Siebenschläfer (*Glis glis*), Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*) sowie Mäuse der Gattung *Apodemus* (Gelbhalsmaus *A. flavicollis* bzw. Waldmaus *A. sylvaticus*), Fledermäuse (soweit bestimmt Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* und Braunes Langohr *Plecotus auritus*), Wespen (überwiegend Sächsische Wespe *Dolichovespula saxonica*) und Hornisse (*Vespa crabro*). Es können für den Kleiber und für die Blaumeise signifikante Zu-, für den Trauerschnäpper signifikante Abnahmen der Brutvogelbestände beobachtet werden, während Kohlmeisenbestände sich über die Jahre nicht signifikant ändern. Im Falle der weiteren Nistkastennutzer können signifikante Bestandszunahmen beobachtet werden. Ebenso zeigen sich Verfrühungen sowohl im Legebeginn als auch im Beginn der Nistkastennutzung. Bestandszunahmen und Verfrühungen zeigen Zusammenhänge mit der Temperaturentwicklung. Für die Verfrühungen von „Nicht-Vögeln“ können außerdem Zusammenhänge mit den Niederschlägen festgestellt werden. Die verfrühte Eiablage führt zudem je nach Vogelart zu einer unterschiedlichen Synchronisation mit als Nestlingsnahrung genutzten Raupen auf Stieleiche (*Quercus robur*) und Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Bestandserhöhungen, Verfrühungen und eine daraus resultierende größere Überschneidungszeit bedingen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens verschiedener Nutzer in den Nistkästen sowie eine Verschärfung der Konkurrenz.

Beschreibung/Problemstellung

Für die Untersuchung möglicher Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die belebte Umwelt eignen sich insbesondere Datenreihen über einen Untersuchungszeitraum von 25 bis 30 Jahren, wie beispielsweise MENZEL (2000) am Beispiel phänologischer Reihen konstatiert. Solche langen Datenreihen sind insgesamt als rar einzustufen (GRABHERR 2002) und im Bereich der Zoologie und Ökologie vor allem für die Tiergruppe der Vögel belegt (z. B. VISSER et al. 2003).

Da sich die Ansprüche an Klima und Temperatur sowohl auf Tiergruppen- als auch Artebene unterscheiden, differieren auch die Reaktionen auf klimatische Veränderungen. So zeigen wechselwarme Tiere wie Insekten beispielsweise in ihrer Aktivität eine sehr viel stärkere Temperaturabhängigkeit als Säugetiere und Vögel, die in der Lage sind, ihre Körpertemperatur aktiv konstant zu halten bzw. zu regulieren. Nutzen verschiedene Tierarten innerhalb eines Ökosystems die gleichen Ressourcen, so tun sie dies häufig zeitlich versetzt, wodurch die Konkurrenz zwischen den Arten vermieden oder zumindest reduziert wird. Man spricht von Nischenbildung. Treten klimabedingt Verschiebungen der zeitlichen Nischen auf, kann dies zu Überschneidungen und damit zu einer verschärften zwischenartlichen Konkurrenz führen, die sich ggf. auch negativ auf die Bestände einer Art bzw. Tiergruppe auswirken kann. Ein Beispiel hierfür ist die Konkurrenz zwischen Siebenschläfern und höhlenbrütenden Singvögeln. Beide sind auf Baumhöhlen zur Aufzucht ihrer Brut bzw. Jungtiere und im Falle des nachtaktiven Siebenschläfers auch als Tages-Schlafplatz angewiesen, nehmen alternativ aber auch künstliche Höhlen in Form von Nistkästen an. Kommt es zu einem Zusammentreffen in der Höhle, plündert der Siebenschläfer die Brut und tötet manchmal auch die Altvögel. Untersuchungen zeigen, dass der Siebenschläfer im Vergleich zu den 1970er Jahren in den späten 1990er Jahren im Mittel bis zu vier Wochen früher aus dem Winterschlaf in die Nistkästen zurückkehrt und so die Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens mit Vögeln gestiegen ist. Die Folge ist eine Zunahme der Brutverluste, besonders bei spät brütenden Arten wie der Kohlmeise und dem als Zugvogel besonders spät brütenden Trauerschnäpper (KOPPMANN-RUMPF et al. 2003).

Die zitierte Untersuchung wurde im Rahmen einer Langzeitstudie der Ökologischen Forschungsstation Schlüchtern e. V., bis zum Jahre 2003 Ökologische Außenstelle der Goethe-Universität Frankfurt am Main, durchgeführt. Seit 1969/1970 werden hier kontinuierlich Daten zur Brutbiologie höhlenbrütender Singvögel an künstlichen Nisthilfen (Nistkästen) erhoben. Das Projekt folgt dem experimentellen Ansatz, Baumhöhlen nutzenden Tierarten im Vergleich zu natürlichen Verhältnissen ein Überangebot an Höhlen zur Verfügung zu stellen, um von Anfang an Höhlenmangel als limitierenden Faktor, beispielsweise für die Abschätzung von Populationsgrößen, auszuschließen.

Grundlage für das vorliegende Forschungsprojekt bilden Datenreihen, die über 38 Untersuchungsjahre im Zeitraum von 1970 bzw. 1971 bis 2008 in insgesamt fünf Untersuchungsgebieten rund um die Städte Schlüchtern und Steinau a. d. Straße erhoben wurden. Im Folgenden werden diese kurz charakterisiert.

1. Untersuchungsgebiet „Paradiesweiher“, bestehend aus drei Teilgebieten, nachfolgend als Untersuchungsgebiete 1a, b und c bezeichnet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich ca. 1 km südlich der Stadt Schlüchtern am Hohenzeller Berg (9°31'N 50°20'O) im Übergangsbereich zwischen Vogelsberg, Rhön und Spessart. Auf einer Gesamtfläche von 10,6 ha sind 185 Nistkästen in parallelen Reihen flächig angeordnet. Seit 1971 liegen lückenlose Datenreihen aus zunächst einmal wöchentlich, ab 1977 täglich durchgeführten Nistkasten-Kontrollen vor.

Aufgrund der unterschiedlichen Habitatstrukturen können innerhalb des Gebietes drei Teilgebiete unterschieden werden. Zwei davon zeigen im Vegetationsbild einen ausgeprägten Jungbaumaufwuchs, dazwischen befindet sich ein Teilgebiet mit Hallenwald-Charakter.

Das unterwuchsreiche Untersuchungsgebiet 1 a wird im Hauptbestand durch 120- bis 140jährige Stieleichen (*Quercus robur*) geprägt, in die gruppenweise Rotbuche (*Fagus sylvatica*), vereinzelt Esche (*Fraxinus excelsior*), Kirsche (*Prunus avium*), Linde (*Tilia spec.*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) sowie horstweise Erle (*Alnus glutinosa*) eingestreut sind. Der Unterstand wird durch Hainbuchen gebildet, der Jungwuchs besteht aus 20 - 25jähriger Rotbuche, Hainbuche, Berg- und Feldahorn (*Acer pseudoplatanus* bzw. *Acer campestre*) sowie Esche. Im südlichen Teil dominiert eine gut entwickelte Strauchschicht, es findet sich eine stellenweise stark ausgeprägte Krautschicht aus frühblühenden Geophyten. In dem 330 m ü. NN gelegenen Teilgebiet sind 83 Nistkästen auf einer Fläche von 4,2 ha verteilt.

Im unterwuchsreichen Untersuchungsgebiet 1 c finden sich ca. 140jährige Stieleichen im Hauptbestand, der Unterstand wird durch Hainbuchen gebildet. Als Jungwuchs sind ebenfalls Hainbuche sowie Rotbuche vertreten. Das Gebiet wird mit Ausnahme der nordwestlichen Grenze von Freiflächen gesäumt. Im östlichen Waldrandbereich finden sich dichte Brombeer-Bestände (*Rubus fruticosus* agg.). Die vergleichsweise schwach ausgeprägte Krautschicht ähnelt in ihrer Zusammensetzung stark derjenigen im Teilgebiet 1a. Das Gebiet liegt auf einer Höhe von 300 m ü. NN und umfasst insgesamt 31 Nistkästen.

Die Teilgebiete 1a und 1c umschließen Untersuchungsgebiet 1 b. Das auf einem bis auf ca. 285 m ü. NN abfallenden westexponierten Hang gelegene Areal ist von einem ca. 140jährigen Rotbuchen-Hallenwald mit vereinzelt eingestreuten Hainbuchen bestanden. Eine Strauchschicht ist nicht ausgebildet. In der teilweise flächendeckenden Krautschicht dominieren frühblühende

Geophyten. Das Gebiet umfasst insgesamt 71 Nistkästen auf einer Fläche von 4,6 ha.

2. Untersuchungsgebiet „Steinau Bellinger Berg“, nachfolgend als „Untersuchungsgebiet 2“ bezeichnet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich 4 km südwestlich der Stadt Schlüchtern und 2 km östlich der Stadt Steinau an der Straße auf einer Höhe von 240 m über NN am Fuße des Bellinger Bergs (50°20'N, 9°30'O). Die Fläche ist von einem ca. 130jährigen Laubwald mit gut entwickelten Strauch- und Krautschichtbereichen bestanden, wobei zwei Drittel durch Eiche *Quercus spec.* und Rotbuche, ein Drittel von Eiche und Hainbuche dominiert werden. Die insgesamt 94 Nistkästen sind flächig auf 5,6 ha verteilt. Die Datenaufnahme erfolgte von 1970 bis 2008 mit einer Unterbrechung im Jahre 1990, bedingt durch ein Betretungsverbot durch den zuständigen Förster, einmal wöchentlich.

3. Untersuchungsgebiet „Steinau Langer Berg“, nachfolgend als „Untersuchungsgebiet 3“ bezeichnet

Das ca. 1,5 km südwestlich der Stadt Steinau an der Straße auf 320 m über NN gelegene Untersuchungsgebiet ist von einem dunklen Mischwald aus Rotbuche und Fichte *Picea abies* mit örtlich unterschiedlich stark ausgeprägter Strauch- und Krautschicht bestanden. Ein Großteil der insgesamt 216 linear angeordneten Nistkästen ist in Waldrandlage angebracht. Seit 1971 wurde das Gebiet einmal wöchentlich kontrolliert.

Die Holzbetonnistkästen sind in allen Untersuchungsgebieten jeweils in einer Höhe von 1,40 bis 1,70 m an Bäumen angebracht.

Die Nistkasten-Kontrollen beginnen jeweils jährlich in der ersten Aprilwoche und enden individuell mit dem Ausfliegen der letzten Jungvögel, in der Regel im Monat Juni. Bei einer Brutkontrolle werden alle Nistkästen geöffnet und standardisierte Brutparameter (z.B. Vogelart, Nestbaustadien, Gelegegröße und -zustand, Jungvogelzahl, Jungvogelgewichte etc.) erhoben. Es erfolgt eine Markierung der Jungvögel und, wenn möglich, eines oder beider Altvögel (=Elterntiere) mittels Beringung. Für die vorliegende Untersuchung wurde der Schwerpunkt auf die Arten Kohlmeise *Parus major*, Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*, Syn. *Parus caeruleus*) Kleiber *Sitta europea* und Trauerschnäpper *Ficedula hypoleuca*) gelegt. Darüber hinaus vorkommende Arten wie Sumpfmehleise (*Poecile palustris*, Syn. *Parus palustris*) und Tannenmeise (*Periparus ater*, Syn. *Parus ater*) wurden im Rahmen der Bestandsauswertung unter der Kategorie „Andere Arten“ zusammengefasst, aufgrund ihrer unterschiedlichen Biologie aber nicht zusammengefasst ausgewertet. Vollständige brutbiologische Angaben lagen in Form einer Pa-

radox™-Datenbank für die Untersuchungsgebiete 1 a, b und c sowie Untersuchungsgebiet 2 vor. Für Untersuchungsgebiet 3 konnte entgegen der stichprobenartigen Durchsicht im Vorfeld des Projektes nach eingehender Prüfung festgestellt werden, dass vereinzelt Eiablagedaten lediglich in Papierform vorlagen. Um mögliche Fehlinterpretationen aufgrund lückenhafter Datentlage auszuschließen, wurde dieser Aspekt für Untersuchungsgebiet 3 nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zu den brutbiologischen Daten werden im Rahmen der Datenerhebung auch alle weiteren Nistkastennutzer, die keine Vögel sind, wie beispielsweise Kleinsäuger, protokolliert, die künstliche Nisthöhlen als Schlafplatz und Fortpflanzungsstätte nutzen. Diese werden im Folgenden zusammenfassend als „Nicht-Vögel“ den Vögeln gegenübergestellt. Einbezogen wurden Daten zu den Kleinsäuger-Arten Siebenschläfer *Glis glis* und Haselmaus *Muscardinus avellanarius* sowie Mäusen der Gattung *Apodemus spec.* (Gelbhalsmaus *A. flavicollis* bzw. Waldmaus *A. sylvaticus*), Fledermäusen (soweit bestimmt Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* und Braunes Langohr *Plecotus auritus*), Wespen (überwiegend Sächsische Wespe *Dolichovespula saxonica*) und Hornisse (*Vespa crabro*). Der Fokus der durch Studenten, Diplomanden, Doktoranden und weitere ehrenamtliche Mitarbeiter durchgeführten Langzeitstudie lag von Beginn an auf der Brutbiologie der Vögel. Daher wurde aus zeitökonomischen Gründen auch der Schwerpunkt der Dateneingabe auf diese Tiergruppe gelegt. Grundvoraussetzung für die vorliegende Untersuchung war daher eine zeitintensive Prüfung auf das Vorhandensein von „Nicht-Vögeln“ sowohl innerhalb der Tabelle „Bemerkungen“ in der vorliegenden brutbiologischen Datenbank als auch der Original-Datenblätter. Die für ein Untersuchungsgebiet im Vorfeld der Untersuchung nur in Papierform verfügbaren Brutvogeldata über 10 Untersuchungsjahre wurden im Rahmen des Projektes eingegeben.

Um zu überprüfen, inwiefern die vorhandenen Datenreihen die Auswirkungen von Klimaänderungen auf natürliche Systeme widerspiegeln, wurden sie anhand folgender zentraler Fragestellungen analysiert:

1. Wie haben sich die Bestände der einzelnen Arten bzw. Tiergruppen in Abhängigkeit von Klimaänderungen über 38 Untersuchungsjahre entwickelt?
2. Haben sich der Beginn und der Zeitraum der Höhlennutzung der einzelnen Arten in Abhängigkeit von Klimaänderungen verschoben bzw. erweitert oder verkürzt?
3. Was bedeutet dies für die Konkurrenz der verschiedenen Arten um Höhlen? Wie könnte sich eine weitere Verschärfung des Klimawandels in Zukunft auswirken?

Diese Fragen wurden unter Einbeziehung von Temperaturdaten der nächstgelegenen Wetterstation Fulda des Deutschen Wetterdienstes (Stationsnummer 2627) ausgewertet. Aus den Messwerten wurden die mittleren Temperaturen der Monate März, April, Mai und Juni sowie der Zeitabschnitte März - April, April - Mai, Mai - Juni und des gesamten alljährlich betrachteten Zeitraums April bis Juni ermittelt. Der Monat März wurde einbezogen, um zu überprüfen, inwiefern Bestandsentwicklungen bzw. zeitliche Veränderungen Zusammenhänge mit Temperaturen im Vorfeld der (im April beginnenden) Datenaufnahme aufweisen.

Des Weiteren wurden im Frühjahr 2011 nachträglich pflanzenphänologische Daten zur Blattentfaltung von Stieleiche und Rotbuche vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt und im Rahmen der zentralen Fragestellung 2 mit Bezug auf den Legebeginn und die Nestlingsnahrung von Vögeln analysiert. Da die Larven (Raupen) des Eichenwicklers *Tortrix viridana* (KIZIROGLU 1982) und des Kleinen Frostspanners *Operophtera brumata* (VISSER 2003) von Kohlmeisen als Nestlingsnahrung verwendet werden und sich in die bereits geöffneten Knospen von Eichen, Hainbuchen und Rotbuchen fressen, wurde der Zeitpunkt der Blattentfaltung mit dem Schlupf der Raupen gleichgesetzt und ausgehend von einem vierwöchigen Larvenstadium der Zeitpunkt der Verpuppung durch Addition von 28 Tagen festgesetzt. Der Tag des Schlupfes von Jungvögeln wurde für Kohlmeise und Trauerschnäpper unter Verwendung der durchschnittlichen Gelegegröße und der Annahme einer 14tägigen Bebrütungszeit ermittelt.

Zu Fragestellung 1. Der Begriff „Bestand“ beschreibt das in einem bestimmten Bereich mehr oder weniger zahlreiche Auftreten einer Art oder Tiergruppe, synonym kann man auch von Populationen sprechen.

Da die Vögel von Beginn an mittels Beringung individuell markiert wurden, können deren Bestände recht genau ermittelt werden. So wurde stets jeder Brut ein Status der nachfolgend aufgeführten Kategorien zugeordnet: „Erstbrut“, „Zweitbrut“, „Ersatzbrut“ oder „unbekannt“.

Als Erstbrut wird die erste Brut eines Altvogelpaares in der Frühphase der jeweiligen Brutsaison bezeichnet. Eine Zweitbrut liegt vor, wenn ein Altvogelpaar nach dem Ausfliegen der Jungvögel der Erstbrut ein zweites Mal brütet. Als Ersatzbrut wertet man eine neue Brut infolge eines Plünderungs- oder Störungsereignisses. Lässt sich die Brut keiner der drei vorangegangenen Kategorien zuordnen, wird der Status „unbekannt“ vergeben. Dies ist beispielsweise bei später hinzukommenden, bisher nicht registrierten Altvogelpaaren der Fall. Durch Aufsummierung aller Bruten mit dem Status „Erstbrut“ und Status „unbekannt“ können die Bestände der Brutvögel eines Gebietes ermittelt werden. Voraussetzung für die Wertung als Brut bzw. Brutpaar war die Ablage mindestens eines Eies, um die Zählung von letztlich nicht zur Brut genutzten Nestern zu vermeiden.

Um ein möglichst realistisches Bild der Bestände von „Nicht-Vögeln“ zu erhalten, wurde die Anzahl der nachweislich durch die Tiere genutzten Nistkästen ermittelt, der Schwerpunkt also auf die Nutzung, nicht auf die tatsächliche Anzahl der angetroffenen Tiere gelegt (vgl. GATTER & SCHÜTT 1999). Die exakte Anzahl der Tiere könnte bei fehlender Individualmarkierung lediglich pro Untersuchungstag, nicht aber über die gesamte Saison ermittelt werden, da gerade bei Kleinsäufern Nistkastenwechsel nachgewiesen sind, so dass doppelte Zählungen eines Individuums nicht ausgeschlossen werden können. Aus der angewandten Methode ergeben sich bei Funden mehrerer Individuen pro Nistkasten folglich bei den Kleinsäufern kleinere Bestandszahlen als dies mit Hilfe exakter Zählungen an markierten Populationen möglich wäre. Bei Siebenschläfern kommen neben Einzel- auch Mehrfachbelegungen von Nistkästen vor, die bei der angewandten Methodik nicht berücksichtigt werden. Allerdings erreichen sie ihren Höhepunkt erst nach dem Ausfliegen der Vogelbruten während der Reproduktionszeit der Siebenschläfer, also außerhalb des der Untersuchung zugrunde liegenden Zeitraums der Datenerhebung.

Zu Fragestellung 2: Um den Beginn der Höhlennutzung zu analysieren, wurde für die Vögel die Entwicklung des mittleren Legebeginns der Erstbruten zugrunde gelegt. Es wurden hierfür sowohl Daten aus täglichen Kontrollen in den Untersuchungsgebieten 1 a-c als auch solche aus wöchentlichen Kontrollen in Untersuchungsgebiet 2 hinsichtlich ihrer Entwicklung überprüft. Für die ab 1977 täglich kontrollierten Untersuchungsgebiete 1a-c wurde der Beginn der Eiablage für die ersten sechs Untersuchungsjahre rückgerechnet, basierend auf der Annahme, dass jeden Tag ein Ei gelegt wird (KLUIJVER 1951).

Der Beginn der Höhlennutzung von „Nicht-Vögeln“ wurde mit dem jeweiligen ersten Erscheinen gleichgesetzt. Da keine Individualmarkierungen wie bei den Vögeln vorgenommen wurden, kann auch kein mittlerer Nutzungsbeginn angewandt werden.

Für die statistische Auswertung wurden alle verwendeten Daten zunächst mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung geprüft. Lag eine Normalverteilung vor, wurde eine lineare Regression gerechnet, bei Nichtvorliegen einer Normalverteilung wurde die Rangkorrelation nach Spearman angewandt. Die Signifikanzniveaus wurden nach BÜHL & ZÖFEL (2002) wie folgt festgelegt:

- $p > 0,05$ = nicht signifikant; verwendetes Symbol: „n.s.“
- $0,05 < p < 0,1$ = Trend
- $p \leq 0,05$ = signifikant; verwendetes Symbol: „*“
- $p \leq 0,01$ = (sehr) signifikant; verwendetes Symbol: „**“

- $p \leq 0,01$ = (höchst) signifikant; verwendetes Symbol: „***“

Auf eine verbale Unterscheidung zwischen den Signifikanzniveaus unter Verwendung der Attribute „sehr“ und „höchst“ wurde bei der Beschreibung der Ergebnisse verzichtet. Lag ein Trend vor, wurden die Ergebnisse als „tendenzielle Entwicklungen“ bzw. „tendenzielle Veränderungen“ bezeichnet.

Zunahmen bzw. Abnahmen von Beständen wurden wie folgt symbolisch dargestellt:

„↑“: Trend zur Zunahme

„↑*“: signifikante Zunahme mit $p \leq 0,05$

„↑***“: signifikante Zunahme mit $p \leq 0,01$

„↑****“: signifikante Zunahme mit $p \leq 0,001$

„↓“: Trend zur Abnahme

„↓*“: signifikante Abnahme mit $p \leq 0,05$

„↓***“: signifikante Abnahme mit $p \leq 0,01$

„↓****“: signifikante Abnahme mit $p \leq 0,001$

„↔“: keine Änderung.

Verfrühungen bzw. Verspätungen im Beginn der Nistkastennutzung von „Nicht-Vögeln“ bzw. der Eiablage bei Vögeln wurde wie folgt symbolisch dargestellt:

„←“: Trend zur Verfrühung

„←*“: signifikante Verfrühung mit $p \leq 0,05$

„←***“: signifikante Verfrühung mit $p \leq 0,01$

„←****“: signifikante Verfrühung mit $p \leq 0,001$

„→“: Trend zur Verspätung

„→*“: signifikante Verspätung mit $p \leq 0,05$

„→***“: signifikante Verspätung mit $p \leq 0,01$

„→****“: signifikante Verspätung mit $p \leq 0,001$

„↔“: keine Änderung

Alle in Tabellen aufgelisteten signifikanten Zusammenhänge wurden gelb, alle Trends grün hervorgehoben.

Auf die Nennung aller statistischen Kennwerte im Ergebnisteil wurde zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet. Die entsprechenden Werte sind dem gesonderten Dokument „Anhang_Abschlussbericht_Scherbaum_Koppmann_FZK_HLUG.doc“ zu entnehmen.

Ergebnisse

1. Entwicklung der Bestände

Insgesamt wurden in den zugrunde liegenden Untersuchungsgebieten über 38 Jahre 8384 Bruten verschiedener höhlenbrütender Singvogelarten registriert. Statistisch ausgewertet wurden für Kohlmeise, Blaumeise, Kleiber und Trauerschnäpper insgesamt 7332 Bruten.

1.1. Entwicklung der Bestände von Brutvögeln

Im Folgenden sind die Verläufe der Bestände aller erfassten Brutvogelpaare dargestellt. Da es um die Entwicklung der Bestände über die Jahre und nicht um deren Größen per se bzw. deren Vergleich zwischen den Gebieten geht, wurden die Maxima der y-Achsen gebietspezifisch gewählt.

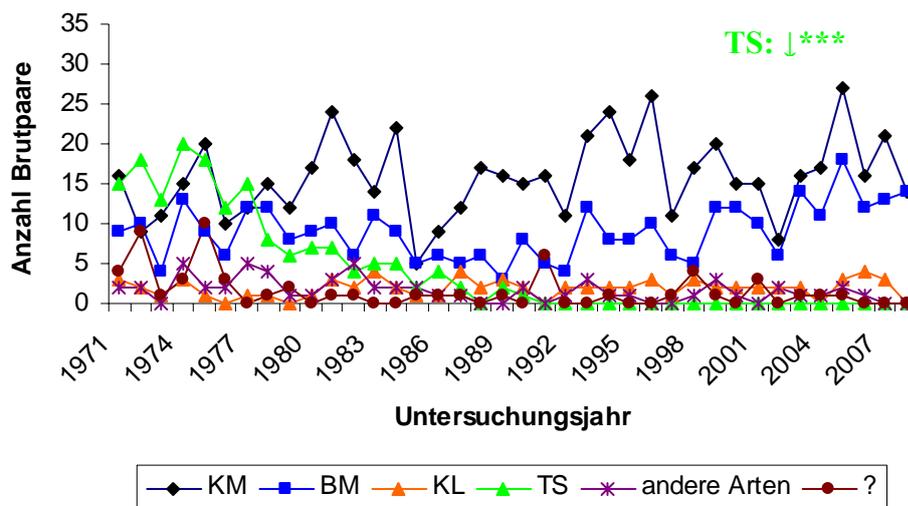


Abbildung 1: Bestandsentwicklung der Brutvögel: Anzahl der Brutpaare in Untersuchungsgebiet 1a über 38 Untersuchungsjahre von 1971-2008; n = 38; Abkürzungen: KM = Kohlmeise; BM = Blaumeise; KL = Kleiber; TS = Trauerschnäpper, „?“ = Art unbekannt.; Anzahl_{KM} = 602; Anzahl_{BM} = 341; Anzahl_{KL} = 72 Anzahl_{TS} = 164; Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10.

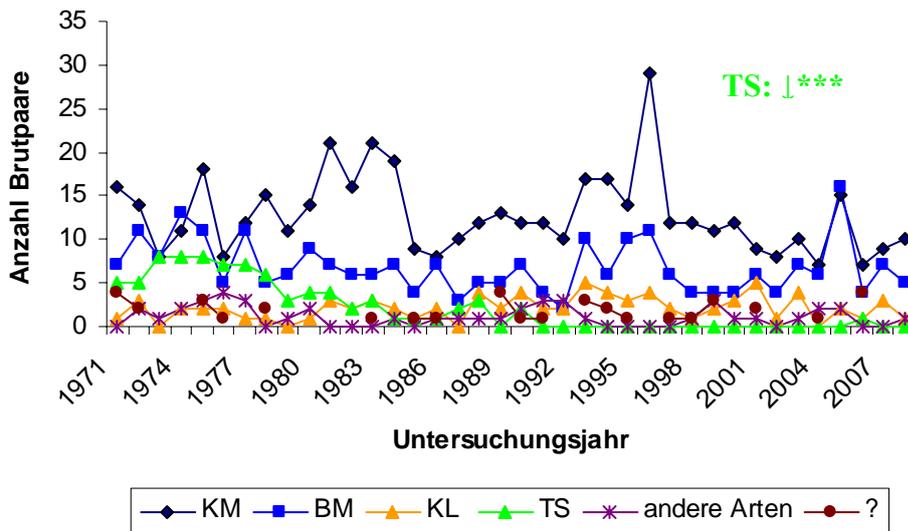


Abbildung 2: Bestandsentwicklung der Brutvögel: Anzahl der Brutpaare in Untersuchungsgebiet 1 b; n = 38; Abkürzungen: KM = Kohlmeise; BM = Blaumeise; KL = Kleiber; TS = Trauerschnäpper, „?“ = Art unbekannt; Anzahl_{KM} = 489; Anzahl_{BM} = 259 Anzahl_{KL} = 81 Anzahl_{TS} = 81; Zeichenerklärung: Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10.

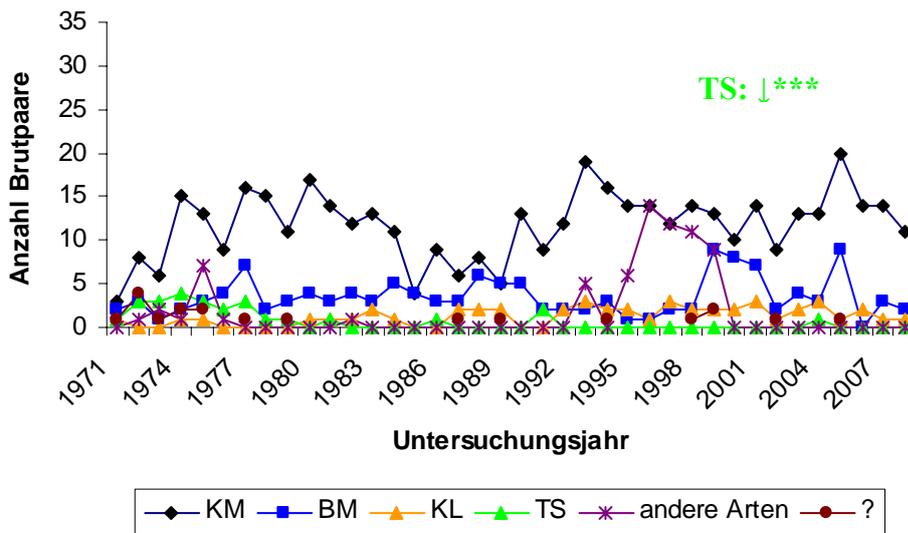


Abbildung 3: Bestandsentwicklung der Brutvögel: Anzahl der Brutpaare in Untersuchungsgebiet 1 c; n = 38; Abkürzungen: KM = Kohlmeise; BM = Blaumeise; KL = Kleiber; TS = Trauerschnäpper, „?“ = Art unbekannt; Anzahl_{KM} = 449; Anzahl_{BM} = 134; Anzahl_{KL} = 48; Anzahl_{TS} = 26; Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10.

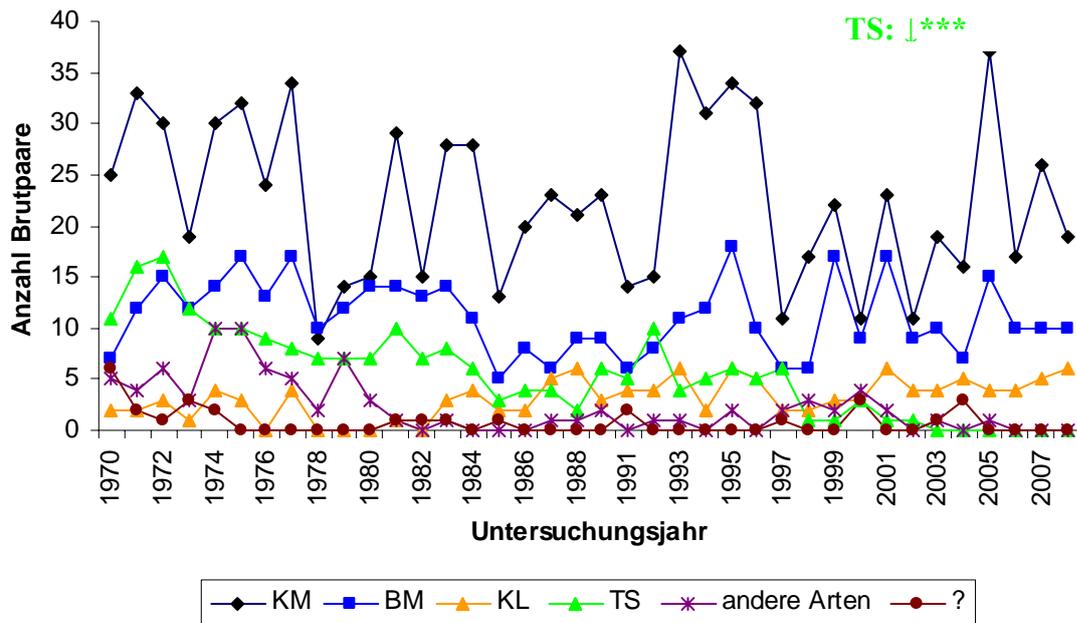


Abbildung 4: Bestandsentwicklung der Brutvögel: Anzahl der Brutpaare in Untersuchungsgebiet 2 von 1970-2008 (1990 keine Datenerhebung möglich); n = 38; Abkürzungen: KM = Kohlmeise; BM = Blaumeise; KL = Kleiber; TS = Trauerschnäpper, „?“ = Art unbekannt; Anzahl_{KM} = 857; Anzahl_{BM} = 423; Anzahl_{KL} = 120 Anzahl_{TS} = 212; Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10.

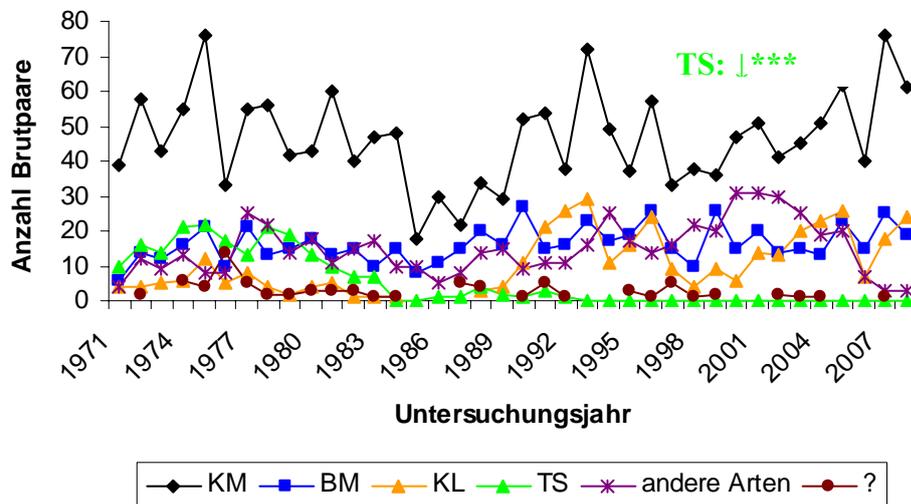


Abbildung 5: Bestandsentwicklung der Brutvögel: Anzahl der Brutpaare in Untersuchungsgebiet 3 von 1971-2008; n = 38; Abkürzungen: KM = Kohlmeise; BM = Blaumeise; KL = Kleiber; TS = Trauerschnäpper, „?“ = Art unbekannt; Anzahl_{KM} = 1768; Anzahl_{BM} = 622; Anzahl_{KL} = 381; Anzahl_{TS} = 203; Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Entwicklungen.

Tabelle 1: Übersicht zur Bestandsentwicklung über 38 Untersuchungsjahre in allen Untersuchungsgebieten; Abkürzungen für Arten: KM = Kohlmeise, BM = Blaumeise; KL= Kleiber.; TS = Trauerschnäpper;. Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10

	KM	BM	KL	TS
U-Gebiet 1 a	↔	↑	↔	↓***
U-Gebiet 1 b	↔	↔	↔	↓***
U-Gebiet 1 c	↑	↔	↑***	↔
U-Gebiet 2	↔	↔	↑***	↓***
U-Gebiet 3	↔	↑*	↑***	↓***

Es zeigen sich bei allen Arten Schwankungen der Brutvogel-Bestände von Jahr zu Jahr. Bei der Betrachtung des gesamten Untersuchungszeitraums lassen sich für die Kohlmeise jedoch keine signifikanten Veränderungen feststellen, lediglich ein Trend zur Zunahme in Untersuchungsgebiet 1 c. Für die Blaumeise lässt sich in einem Untersuchungsgebiet eine signifikante Zunahme der Brutvogelbestände (Signifikanzniveau ist Tabelle 1 zu entnehmen), in einem weiteren Gebiet ein Trend zur Zunahme derselben beobachten. Signifikante Bestandszunahmen weist hingegen der Kleiber in drei Untersuchungsgebieten auf. Auffällig sind die mit Ausnahme von Untersuchungsgebiet 1 c in allen Untersuchungsgebieten zu findenden signifikanten Abnahmen der Brutvogelbestände des Trauerschnäppers ($p < 0,001$), die letztlich ab den 1990er Jahren in allen Untersuchungsgebieten zum Erliegen kommen (letzte Registrierung in Untersuchungsgebiet 1 a: im Jahre 1990; in 1 b: im Jahre 2006; in 1c:im Jahre 2004; in Untersuchungsgebiet 2: im Jahre 2002; in Untersuchungsgebiet 3: im Jahre 1992). Auffällig ist, dass die signifikanten Veränderungen je Vogelart in keinem der Untersuchungsgebiete gegenläufig sind, sondern entweder gleichgerichtete Entwicklungen bzw. keine signifikante Veränderungen vorliegen.

1.2. Entwicklung der Bestände von „Nicht-Vögeln“

Nachfolgend sind die Entwicklungen der Bestände der weiteren Nistkastennutzer, die nicht zu den Vögeln zählen, aufgeführt. Auch hier wurden die Maxima der y-Achsen gebietspezifisch gewählt, da der Fokus auf der Entwicklung der Bestände und nicht den Bestandsgrößen per se liegt.

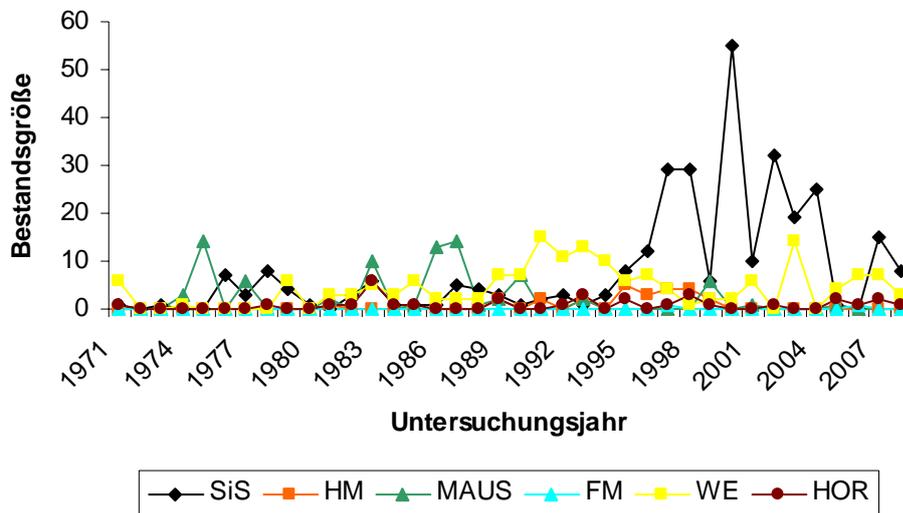


Abbildung 6: Bestandsentwicklung von „Nicht-Vögeln“ in Untersuchungsgebiet 1 a von 1971-2008; n = 38; Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse.

Zur besseren Verdeutlichung sind nachfolgend alle Nicht-Vögel unter Auslassung des Siebenschläfers dargestellt.

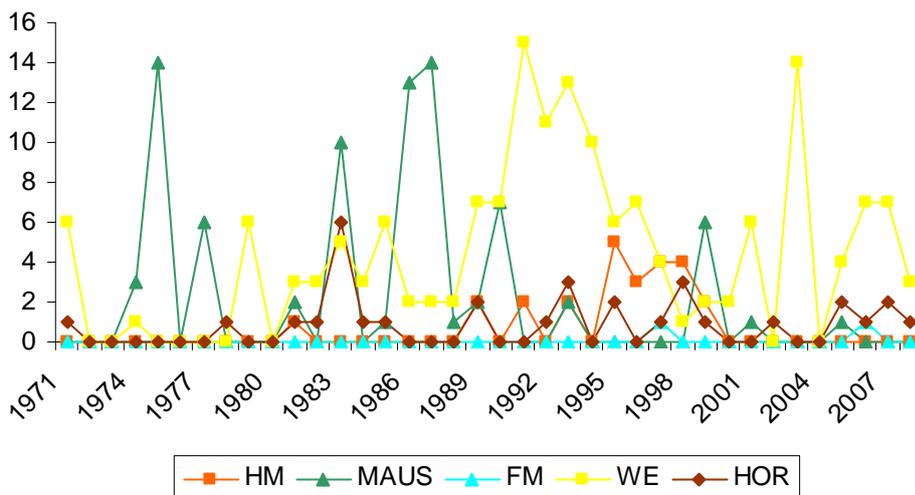


Abbildung 7: Bestandsentwicklung von „Nicht-Vögeln“ in Untersuchungsgebiet 1 a von 1971-2008 ohne Siebenschläfer; n = 38; Abkürzungen für Arten/Gruppen: HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse.

Die Bestände des Siebenschläfers in Untersuchungsgebiet 1 a zeigen einen signifikanten Anstieg über die Jahre ($p < 0.001$), während die Bestände von Haselmaus und *Apodemus spec.* keine signifikante Änderung aufweisen. Die Wespenbestände steigen signifikant an ($p < 0.05$), während für Hornissen ein Trend zur Bestandszunahme zu beobachten ist. Aufgrund der geringen Anzahl an Fledermausfunden in diesem Untersuchungsgebiet wurde auf eine statistische Analyse dieser Gruppe verzichtet.

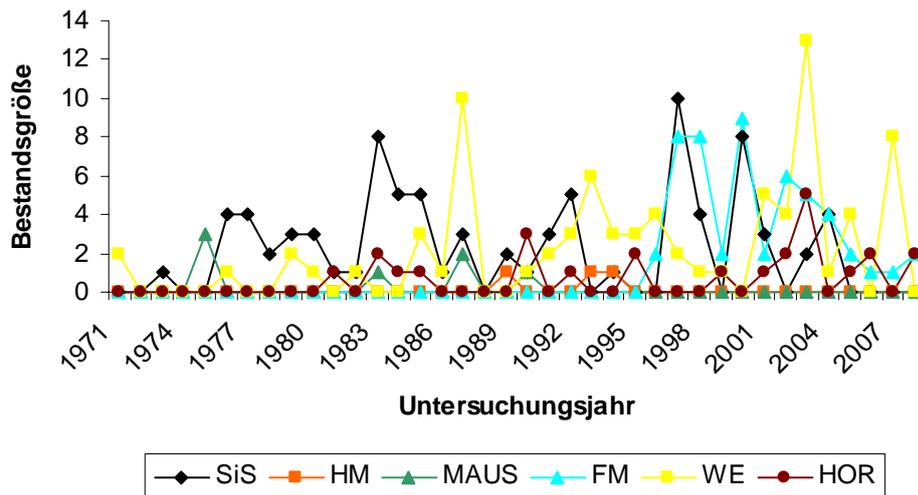


Abbildung 8: Bestandsentwicklung von „Nicht-Vögeln“ in Untersuchungsgebiet 1 b von 1971-2008
n = 38; Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS =
***Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse.**

In Untersuchungsgebiet 1 b zeigen die Siebenschläfer-Bestände keine signifikanten Änderungen über die Zeit. Signifikante Zuwächse weisen hingegen die Bestände von Fledermäusen, Wespen und Hornisse auf ($p_{FM} < 0,001$; $p_{WE} < 0,05$; $p_{HOR} < 0,01$). Für Haselmaus und *Apodemus spec.* wurde aufgrund der geringen Fundzahl auf eine statistische Auswertung verzichtet.

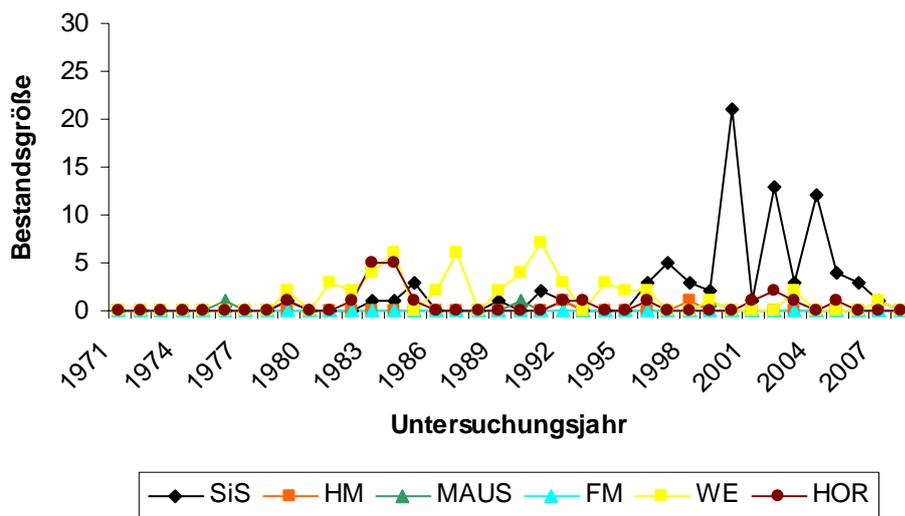


Abbildung 9: Bestandsentwicklung von „Nicht-Vögeln“ in Untersuchungsgebiet 1 c von 1971-2008 n = 38; Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse.

In Untersuchungsgebiet 1 c lässt sich ein signifikanter Anstieg der Siebenschläfer-Bestände beobachten ($p < 0,001$). Wespen- und Hornissen-Bestände ändern sich nicht. Aufgrund der geringen Fundzahl wurde für Haselmaus und *Apodemus spec.* auf eine statistische Auswertung verzichtet.

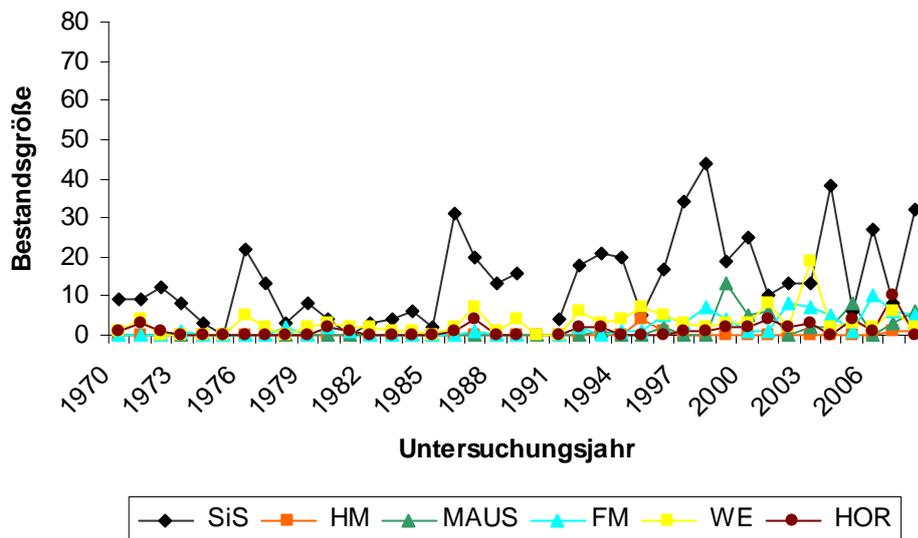


Abbildung 10: Bestandsentwicklung von „Nicht-Vögeln“ in Untersuchungsgebiet 2 von 1970-2008 (1990 keine Datenerhebung möglich); n = 38. Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse.

Zur Veranschaulichung sind nachfolgend alle „Nicht-Vögel“ mit Ausnahme des Siebenschläfers dargestellt:

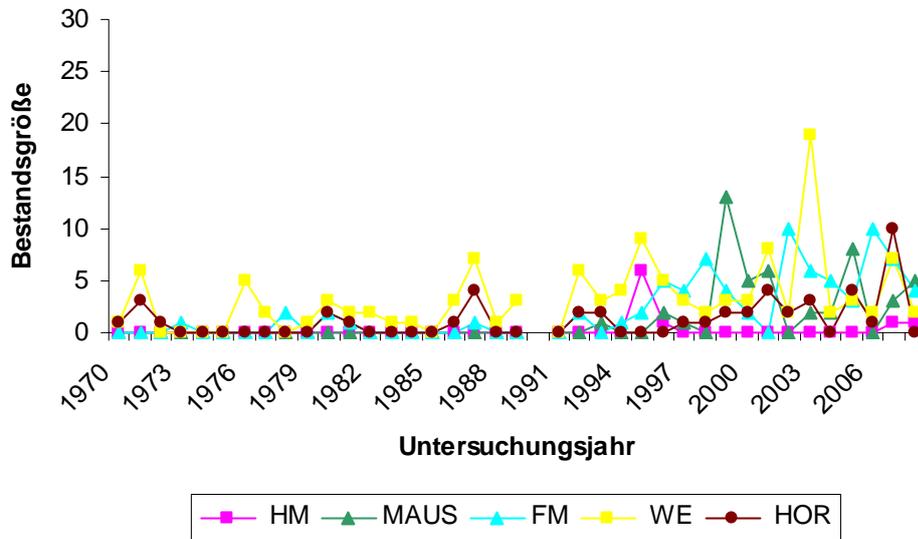


Abbildung 11: Bestandsentwicklung von „Nicht-Vögeln“ in Untersuchungsgebiet 2 von 1970-2008 ohne Siebenschläfer (1990 keine Datenerhebung möglich); n = 38. Abkürzungen für Arten/Gruppen: HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse.

Die Bestände des Siebenschläfers zeigen über die Jahre einen signifikanten Anstieg. In der Brutzeit der Vögel werden also vermehrt Nistkästen durch diese Kleinsäugerart genutzt ($p < 0.01$).

Auch die vergleichsweise niedrigen Bestände von Haselmaus und Mäusen weisen signifikante Anstiege über die Jahre auf ($p_{HM} < 0,05$; $p_{MAUS} < 0,001$). Ebenso werden Fledermäuse über die Jahre vermehrt in den Nistkästen angetroffen ($p < 0.001$).

Des weiteren steigen auch die Bestandszahlen von Wespen und Hornissen signifikant an ($p_{WE} < 0.05$; $p_{HOR} < 0,05$). Demnach können in Untersuchungsgebiet 2 für alle Tierarten bzw. -gruppen signifikante Bestandszunahmen nachgewiesen werden.

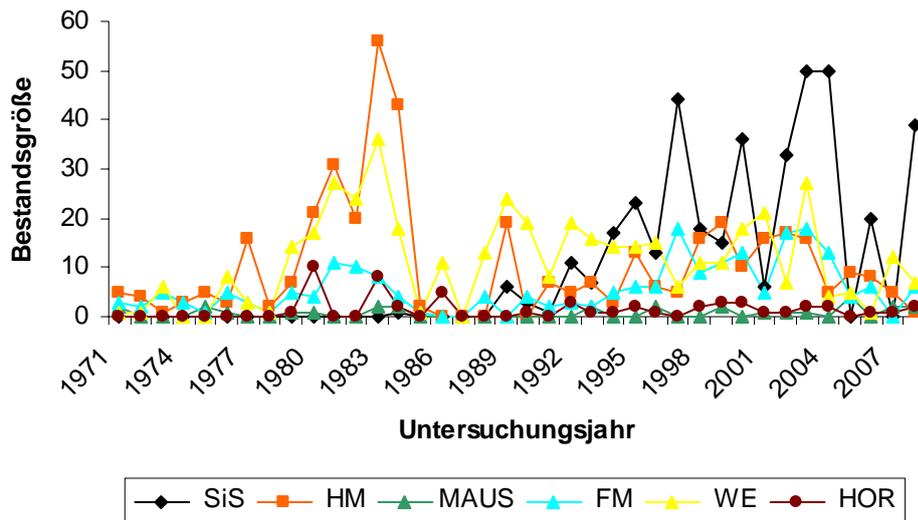


Abbildung 12: Bestandsentwicklung von „Nicht-Vögeln“ in Untersuchungsgebiet 3 von 1971-2008; n = 38. Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse.

Die Haselmaus ist über den gesamten Untersuchungszeitraum im Untersuchungsgebiet 3 anzutreffen und weist insgesamt keine signifikanten Bestandszuwächse bzw. –einbußen auf. Auffällig ist, dass die bis Ende der 1980er Jahre erreichten Bestandsgrößen in der Zeit nach dem ersten Siebenschläfer-Nachweis im Jahre 1984 nicht mehr erreicht werden und nachfolgend unter den Bestandsgrößen des Siebenschläfers bleiben. Der Siebenschläfer weist die im Vergleich zu den übrigen „Nicht-Vögeln“ höchsten Bestände, die zudem signifikant ansteigen ($p < 0.001$). Die Bestände von *Apodemus spec.* hingegen zeigen keine signifikanten Änderungen über die Zeit. Demgegenüber steigen die Bestände der Fledermäuse über die Jahre signifikant an ($p = 0.01$). Während die Wespenbestände sich nicht signifikant erhöhen bzw. reduzieren, ist bei Hornissen ein signifikanter Anstieg zu beobachten ($p < 0.01$).

Zur besseren Übersicht sind nachfolgend die Entwicklungen in allen Untersuchungsgebieten unter Auslassung der statistischen Kenngrößen tabellarisch aufgelistet.

Tabelle 2: Übersicht zur Bestandsentwicklung der „Nicht-Vögel“ über 38 Untersuchungsjahre in allen Untersuchungsgebieten; Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse; Zeichen-erklärung: siehe Seiten 9 und 10

	SiS	HM	MAUS	FM	WE	HOR
U-Gebiet 1 a	↑***	↔	↔	Anzahl Funde zu klein	↑*	↑
U-Gebiet 1 b	↔	Anzahl Funde zu klein	Anzahl Funde zu klein	↑***	↑*	↑**
U-Gebiet 1 c	↑***	Anzahl Funde zu klein	Anzahl Funde zu klein	keine Funde	↔	↔
U-Gebiet 2	↑**	↑*	↑***	↑***	↑**	↑*
U-Gebiet 3	↑***	↔	↔	↑*	↔	↑**

Auffällig ist, dass alle beobachteten Änderungen Bestandszunahmen sind und in keinem Falle eine Bestandsabnahme vorliegt. Für Siebenschläfer und Hornisse können in vier, für Fledermäuse und Wespen in jeweils drei Untersuchungsgebieten Bestandszunahmen beobachtet werden.

1.3. Temperaturentwicklung

Die folgenden Tabellen zeigen die Entwicklung der mittleren Temperatur der Monate März, April, Mai und Juni sowie der Zeitabschnitte März - April, April - Mai, Mai-Juni und des gesamten alljährlich betrachteten Zeitraums April bis Juni. Von den für die Station Fulda vorliegenden Temperaturmesswerten wurden entsprechend den vorliegenden brutbiologischen Datenreihen für die Untersuchungsgebiete 1a-c und 3 Daten von 1971 bis 2008, für das Untersuchungsgebiet 2 von 1971 bis 2008 (unter Ausschluss von 1990, siehe Seite 6) verwendet.

Tabelle 3: Entwicklung der mittleren Monatstemperaturen (Stationsdaten der Station Fulda 2627 des Deutschen Wetterdienstes) für Untersuchungsgebiete 1 a-c und 3 von 1971-2008. Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10

mittlere Temperatur	t° März	t° April	t° Mai	t° Juni	t° April-Juni	t° März-April	t° April-Mai	t° Mai-Juni
Entwicklung	↔	↑***	↑**	↑**	↑***	↑**	↑***	↑**

Tabelle 4: Entwicklung der mittleren Monatstemperaturen (Stationsdaten der Station Fulda 2627 des Deutschen Wetterdienstes) für Untersuchungsgebiet 2 von 1970-2008 unter Ausschluss von 1990 (keine brutbiologische Datenerhebung). Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10.

mittlere Temperatur	t° März	t° April	t° Mai	t° Juni	t° April-Juni	t° März-April	t° April-Mai	t° Mai-Juni
Entwicklung	↔	↑***	↑**	↑*	↑***	↑**	↑***	↑**

Mit Ausnahme der mittleren Temperatur des Monats März sind für alle betrachteten Monate bzw. Zeitabschnitte signifikante Erhöhungen über den Untersuchungszeitraum zu beobachten.

1.4. Entwicklung der Bestände und Temperatur

Betrachtet man die Entwicklung der Bestände der unterschiedlichen Nistkastennutzer auf dem Hintergrund der Temperaturentwicklung, ergeben sich folgende Zusammenhänge.

Tabelle 5: Zusammenhänge zwischen den Beständen von Vögeln und der mittleren Temperatur von Einzelmonaten sowie zusammengefassten Zeitabschnitten der Brutzeit über 38 Untersuchungsjahre in allen Untersuchungsgebieten. Abkürzungen für Arten: KM = Kohlmeise, BM = Blaumeise; KL= Kleiber.; TS = Trauerschnäpper; Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10

	t° März	t° April	t° Mai	t° Juni	t° April-Juni	t° März-April	t° April-Mai	t° Mai-Juni
KM								
1 a:	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 b	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	TREND
1 c	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.
2	n.s.	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
BM								
1 a	n.s.	*	n.s.	n.s.	TREND	*	TREND	n.s.
1 b	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 c	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
KL								
1 a	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
1 b	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	TREND	**	*	n.s.
1 c	n.s.	***	n.s.	n.s.	**	*	**	n.s.
2	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
3	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.
TS								
1 a	n.s.	**	**	*	***	*	***	***
1 b	n.s.	**	**	n.s.	***	**	***	**
1 c	n.s.	**	*	n.s.	**	n.s.	***	*
2	n.s.	**	*	*	***	*	**	*
3	n.s.	***	*	n.s.	***	TREND	***	**

Für die Kohlmeise lassen sich in vier Fällen signifikante und in vier weiteren Fällen tendenzielle Zusammenhänge zwischen den Bestandsgrößen und der Temperatur feststellen, wobei die Zusammenhänge sich für März und April bzw. Zeitabschnitte, die diese Einzelmonate einschließen, ergeben, nicht aber für Juni. Für die Blaumeise zeigen sich lediglich für Untersuchungsgebiet 1 a zwei signifikante und zwei tendenzielle Zusammenhänge für Apriltemperaturen sowie Zeitabschnitte, die diesen Monat beinhalten. Der Kleiber weist in 13 Fällen signifikante und in einem Fall tendenzielle Zusammenhänge auf, wobei auch hier die mittleren Apriltemperaturen, sowohl des Einzelmonats als auch der den April beinhaltenden Zeitabschnitte, entscheidend sind. Die meisten Zusammenhänge zwischen Bestands- und Temperaturentwicklung ergeben sich mit 30 signifikanten und einem tendenziellen Fall für den Trauerschnäpper. Hierbei handelt es sich im Gegensatz zu den übrigen Arten um negative Zusammenhänge, d. h. die abnehmenden Vogelbestände gehen mit steigenden Temperaturen einher.

Nachfolgend sind exemplarisch die Verläufe der mittleren Apriltemperatur sowie der Bestände von Kohlmeise, Kleiber und Trauerschnäpper für Untersuchungsgebiet 2 dargestellt, für die im Falle der Kohlmeise ein tendenzieller, im Falle des Kleibers ein signifikanter Zusammenhang vorliegen, d.h. Bestandszuwächse gehen hier mit steigenden Temperaturen einher. Der signifikante Zusammenhang beim Trauerschnäpper ist negativ, d.h. die Bestandsabnahme geht mit einem Temperaturanstieg einher.

Für alle signifikanten Bestandsänderungen lassen sich Zusammenhänge mit der Temperatur nachweisen.

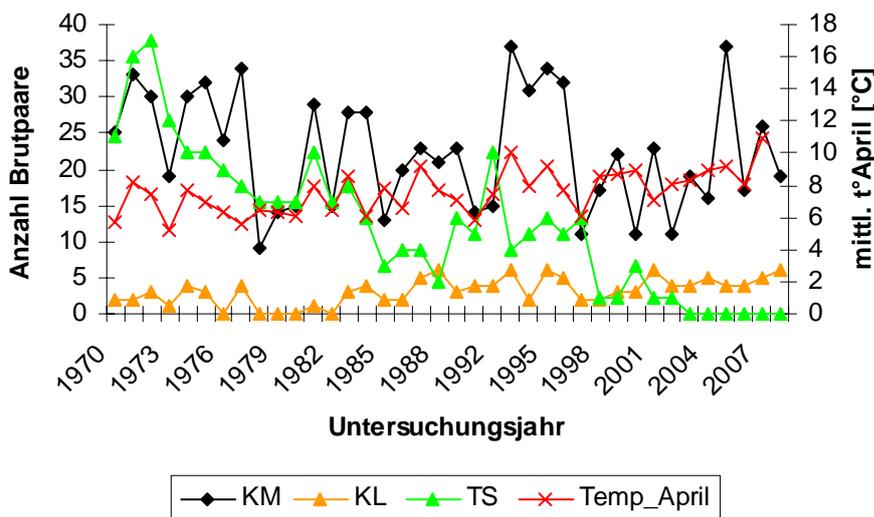


Abbildung 13: Verlauf der mittleren Temperatur des Monats April bis Juni und der Brutvogelbestände von Kohlmeise, Kleiber und Trauerschnäpper in Untersuchungsgebiet 2 von 1970-2008; n = 38. Abkürzungen für Arten: KM = Kohlmeise, KL= Kleiber.; TS = Trauerschnäpper; Temp_April: mittlere Temperatur des Monats April.

Prüft man die Bestände der „Nicht-Vögel“ auf mögliche Zusammenhänge mit der Temperaturentwicklung, ergeben sich folgende Ergebnisse:

Tabelle 6: Zusammenhänge zwischen den Beständen von „Nicht-Vögeln“ und der mittleren Temperatur von Einzelmonaten sowie zusammengefassten Zeitabschnitten der Brutzeit über 38 Untersuchungsjahre in allen Untersuchungsgebieten; Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse; Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10

	t° März	t° April	t° Mai	t° Juni	t° April-Juni	t° März-April	t° April-Mai	t° Mai-Juni
SiS								
1 a	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	*
1 b	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 c	n.s.	TREND	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	TREND	n.s.
2	n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.	*	*
3	n.s.	TREND	TREND	TREND	**	*	*	*
HM								
1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 b	zu wenige Funde							
1 c	zu wenige Funde							
2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MAUS								
1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 b	zu wenige Funde							
1 c	zu wenige Funde							
2	n.s.	**	**	n.s.	***	*	***	*
3	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
FM								
1 a	zu wenige Funde							
1 b	n.s.	*	*	*	***	*	***	**
1 c	keine Funde							
2	n.s.	*	n.s.	*	**	TREND	**	*
3	TREND	n.s.	n.s.	**	*	TREND	n.s.	*
WE								
1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

1 b	n.s.	*	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	*	n.s.
1 c	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	*	*	*	**	n.s.	*	*
3	TREND	n.s.	n.s.	*	TREND	TREND	n.s.	*
HOR 1 a	n.s.	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	n.s.
1 b	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.
1 c	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	**	**	n.s.	**	n.s.	***	*
3	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	*	*

Für Siebenschläfer lassen sich in 12 Fällen signifikante und in sechs Fällen tendenzielle Zusammenhänge zwischen dem Zeitpunkt des Erstnachweises und den Temperaturen mit Ausnahme der mittleren Temperatur des Monats März feststellen. Für die Haselmaus ergeben sich keinerlei Zusammenhänge, während *Apodemus spec.* in insgesamt sechs Fällen Signifikanzen, allesamt in Untersuchungsgebiet 2, und in einem Falle einen tendenziellen Zusammenhang aufweist. Fledermäuse weisen in 15 Fällen Signifikanzen sowie drei tendenzielle Zusammenhänge auf. Wespen zeigen 10 signifikante und 4 tendenzielle Zusammenhänge, Hornissen 14 Signifikanzen. Mit Ausnahme der Haselmaus in Untersuchungsgebiet 2 und Wespen in Untersuchungsgebiet 1a lassen sich für alle Bestandszunahmen (siehe Tabelle 2) signifikante und tendenzielle Zusammenhänge mit der Temperatur feststellen.

2. Beginn der Höhlennutzung

Wie eingangs beschrieben wird im Falle der Vögel der Beginn der Eiablage aller Erstbruten, bei „Nicht-Vögeln“ der Zeitpunkt des Erstfundes als Maß für den Beginn der Nistkastennutzung zugrunde gelegt.

2.1. Legebeginn

Nachfolgend sind die Entwicklungen des mittleren Eiablagebeginns auf der Basis täglicher und wöchentlicher Kontrollen für die vier Vogelarten dargestellt.

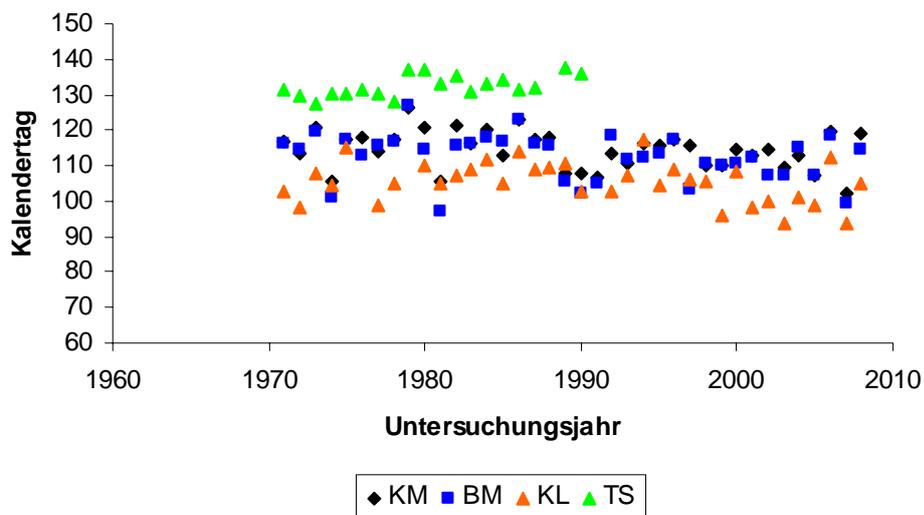


Abbildung 14: Entwicklung des mittleren Eiablagebeginns in Untersuchungsgebiet 1 a ($p \leq 0.001$).
Abkürzungen für Arten: KM = Kohlmeise, BM = Blaumeise; KL = Kleiber.; TS = Trauerschnäpper.

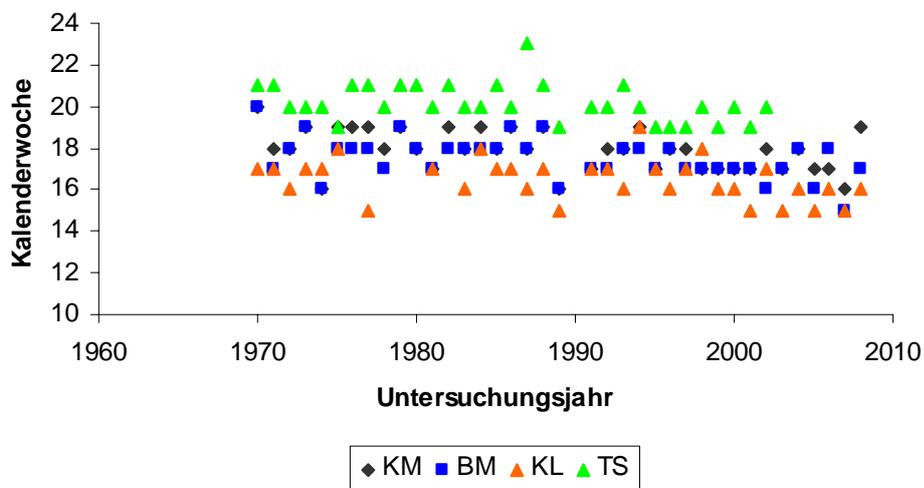


Abbildung 15: Entwicklung des mittleren Eiablagebeginns in Untersuchungsgebiet 2 ($p \leq 0.001$).
Abkürzungen für Arten: KM = Kohlmeise, BM = Blaumeise; KL = Kleiber.; TS = Trauerschnäpper.

Deutlich zu erkennen ist in beiden Diagrammen die zeitliche Abfolge des Legebeginns zwischen den Arten. Zuerst legen Kleiber ihre Eier, gefolgt von Blaumeise und Kohlmeise. An letzter Stelle steht der Trauerschnäpper. In Untersuchungsgebiet 1 a kann für Kohl- und Blaumeise eine tendenzielle Vorverlegung, für den Trauerschnäpper eine signifikante Verspätung des Legebeginns festgestellt werden. In Untersuchungsgebiet 2 können für alle vier Arten signifikante Verfrühungen der Eiablage beobachtet werden (siehe Tabelle 7). Nachfolgend ist die Entwicklung des mittleren Legebeginns bei der Kohlmeise in Untersuchungsgebiet 1 b und 2 gegenübergestellt.

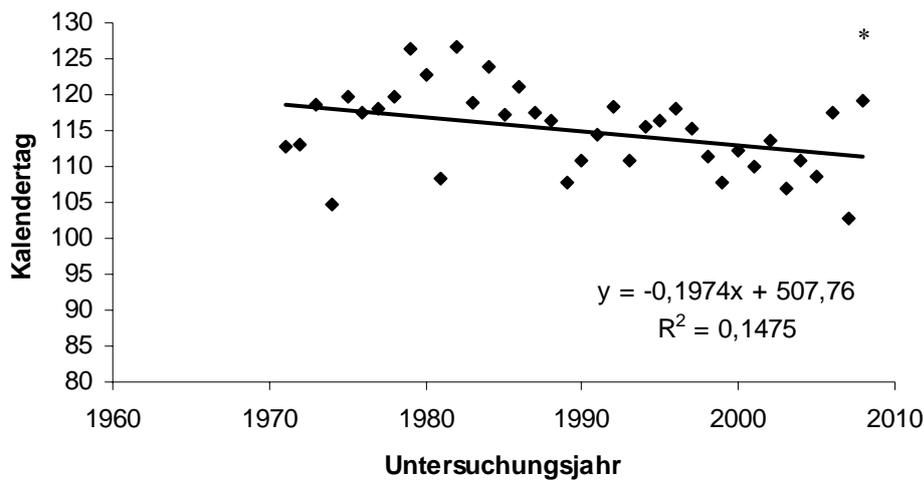


Abbildung 16: Entwicklung des mittleren Eiablagebeginns bei der Kohlmeise in Untersuchungsgebiet 1 b ($p \leq 0.05$).

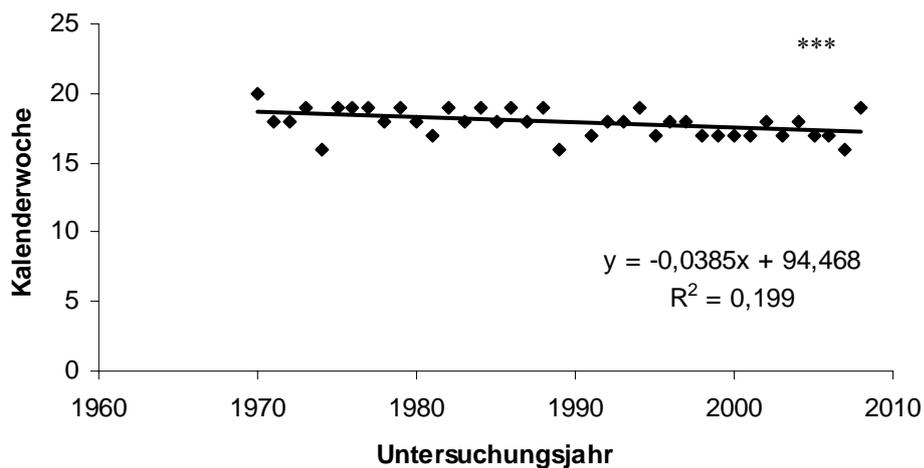


Abbildung 17: Entwicklung des mittleren Eiablagebeginns bei der Kohlmeise in Untersuchungsgebiet 2 ($p \leq 0.001$).

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Entwicklungen und zeigt, in welchem zeitlichen Rahmen (Anzahl der Kalendertage bzw. -wochen) die Verlegung des mittleren Legebeginns sich bewegt.

Tabelle 7: Übersicht zum Beginn der Eiablage (Mittelwert) über 38 Untersuchungsjahre in Untersuchungsgebieten 1 a-c (basierend auf dem Kalendertag (= KT) und in Untersuchungsgebiet 2 (basierend auf der Kalenderwoche (= KW) der Eiablage. Abkürzungen für Arten: KM = Kohlmeise, BM = Blaumeise; KL= Kleiber.; TS = Trauerschnäpper; Zeichenerklärung: siehe Seiten 8 und 9

	KM	BM	KL	TS
1 a	← ~5,5 KT	← ~6,3 KT	↔	→** ~6 KT
1 b	←* ~7,3 KT	← ~5,6 KT	↔	↔
1 c	↔	↔	←*** ~14,9 KT	→** ~13,4 KT (bis 1991)
2	←*** ~1,5 KW	←** ~1,6 KW	←* ~1,1 KW	←* ~1,1 KW

Für Kohlmeise und Blaumeise ergeben sich gebietsspezifisch tendenzielle und signifikante Verfrühungen des mittleren Eiablagebeginns bzw. in Gebiet 1 c keinerlei statistisch relevante Änderung über die Jahre. Der Kleiber weist in zwei Untersuchungsgebieten signifikante Verfrühungen auf. Für den Trauerschnäpper zeigen sich gebietsspezifisch unterschiedliche Ergebnisse: In den Untersuchungsgebieten 1 a und c verspätet sich der mittlere Legebeginn signifikant, während er sich in Gebiet 2 signifikant verfrüht. Es ist also für den Trauerschnäpper hinsichtlich des Legebeginns keine gebietsübergreifend einheitliche Entwicklung feststellbar.

2.1.1. Legebeginn und Temperatur

Betrachtet man die Entwicklung des Legebeginns in Verbindung mit der Temperaturentwicklung, ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Tabelle 8: Zusammenhänge zwischen der Eiablage (Mittelwert) über 38 Untersuchungsjahre und mittleren Temperaturen von Einzelmonaten und Zeitabschnitten in Untersuchungsgebieten 1 a-c (basierend auf dem Kalendertag (= KT) der Eiablage und in Untersuchungsgebiet 2 (basierend auf der Kalenderwoche (= KW) der Eiablage. Abkürzungen für Arten: KM = Kohlmeise, BM = Blaumeise; KL= Kleiber.; TS = Trauerschnäpper. Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10

	t° März	t° April	t° Mai	t° Juni	t° April-Juni	t° März-April	t° April-Mai	t° Mai-Juni
KM 1a	***	**	n.s.	nicht relevant	n.s.	***	*	n.s.
1 b	**	***	*	nicht relevant	**	***	***	n.s.
1 c	***	*	n.s.	nicht relevant	n.s.	***	n.s.	n.s.
2	n.s.	***	n.s.	nicht relevant	*	***	**	n.s.
BM 1a	***	TREND	n.s.	nicht relevant	n.s.	***	n.s.	n.s.
1 b	**	*	n.s.	nicht relevant	n.s.	***	*	n.s.
1 c	**	n.s.	n.s.	nicht relevant	n.s.	**	n.s.	n.s.
2	**	**	n.s.	nicht relevant	*	***	**	n.s.
KL 1a	TREND	TREND	n.s.	nicht relevant	*	**	*	n.s.
1 b	n.s.	*	n.s.	nicht relevant	n.s.	*	TREND	n.s.
1 c	TREND	TREND	**	nicht relevant	***	**	**	***
2	n.s.	n.s.	n.s.	nicht relevant	TREND	n.s.	n.s.	n.s.
TS 1a	nicht relevant	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 b	nicht relevant	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 c	nicht relevant	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	nicht relevant	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.

Die beobachteten Zusammenhänge sind negativ, d. h. je höher die Temperatur desto früher beginnt die Eiablage bzw. je niedriger die Temperatur desto später liegt der Legebeginn.

Sowohl für Kohl- und Blaumeise als auch für den Kleiber konzentrieren sich die signifikanten

und tendenziellen Zusammenhänge auf die Monate März und April sowie Zeitabschnitte, die diese Monate einschließen. Lediglich einen tendenziellen sowie einen signifikanten Zusammenhang weist der Legebeginn des Trauerschnäppers mit der Temperaturentwicklung auf, wobei es sich um die mittlere Apriltemperatur sowie die mittlere Temperatur des Zeitabschnittes März bis April handelt.

Für alle beobachteten Verfrühungen der Eiablage (siehe Tabelle 7) zeigen sich Zusammenhänge mit der Temperatur.

2.1.2. Legebeginn und Niederschläge

Bei der Untersuchung der Niederschläge im Hinblick auf den Beginn der Eiablage ergab sich in keinem einzigen Falle ein Zusammenhang. Daher wird an dieser Stelle auf eine Darstellung der Ergebnisse verzichtet und auf den Anhang verwiesen, der die Ergebnisse in tabellarischer Form enthält.

2.1.3. Legebeginn und Blattentfaltung

Die Analyse der Daten zur Blattentfaltung der phänologischen Station Marjoß ergibt folgendes Bild:

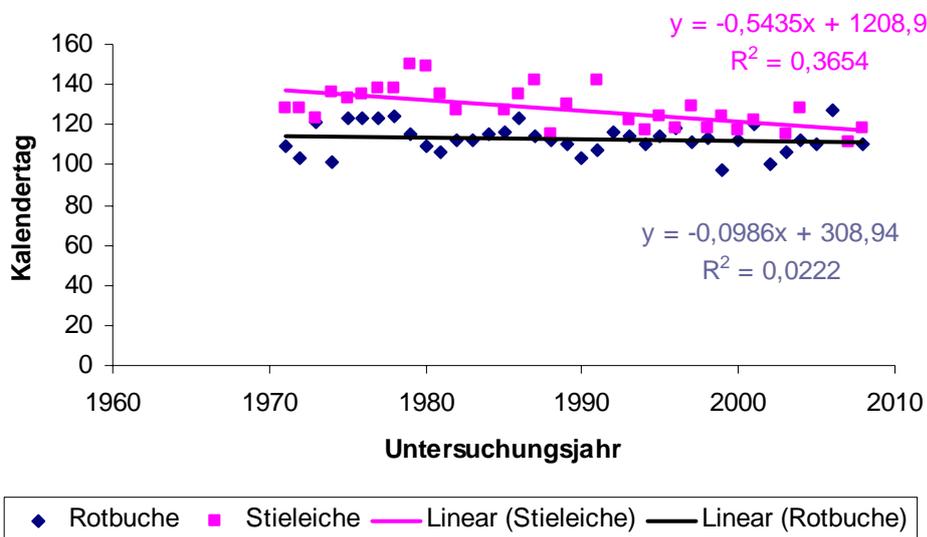


Abbildung 18: Entwicklung des Beginns der Blattentfaltung von Rotbuche (n = 37; p > 0,1) und Stieleiche (n = 31; p ≤ 0.01) von 1971-2008 für die Phänologische Station Marjoß.

Die Blattentfaltung der Stieleiche verfrüht sich über die Jahre signifikant um rund 20 Kalendertage, während die Rotbuche keine zeitlichen Veränderungen der Blattentfaltung aufweist.

Setzt man diese Daten auf Kalendertags-Basis nun in Relation mit dem signifikant verfrühten

Beginn der Eiablage bei der Kohlmeise im täglich kontrollierten Untersuchungsgebiet 1 b, so zeigt sich ein signifikanter positiver Zusammenhang mit beiden Baumarten (Stieleiche: $p < 0,05$, Rotbuche $p < 0,001$), d.h. je früher der Blattaustrieb desto früher findet die Eiablage statt und umgekehrt. Im Folgenden ist der Verlauf von Eiablage, Schlupf und Ausfliegen der Kohlmeise sowie Schlupf und Verpuppung des Eichenwicklers (ermittelt anhand des Blattaustriebs der Stieleiche, wie auf Seite 8 beschrieben) in Untersuchungsgebiet 1 b dargestellt.

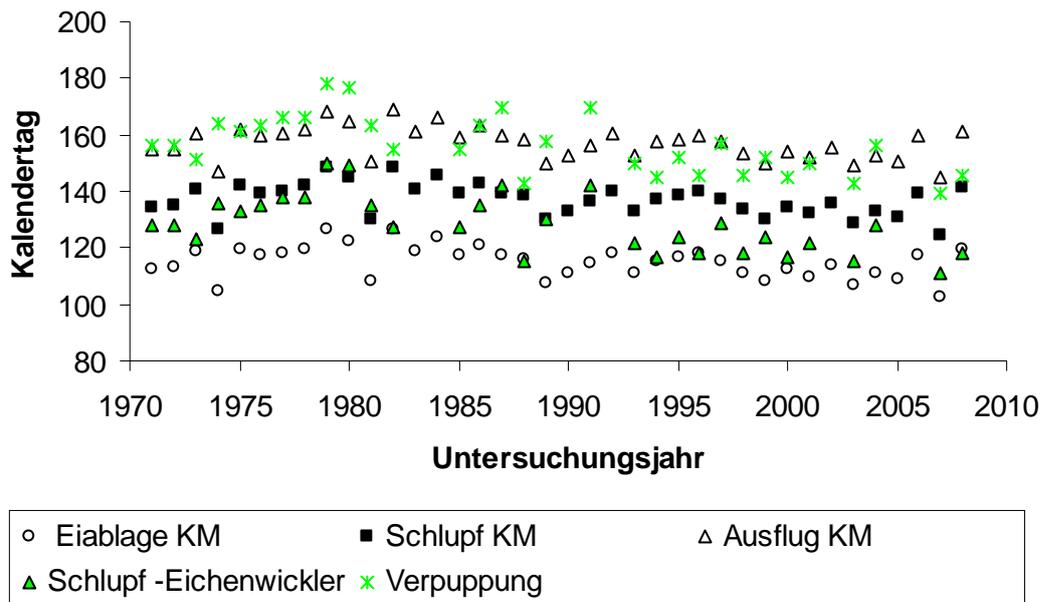


Abbildung 19: Eiablage, Schlupf und Ausfliegen der Kohlmeise in Untersuchungsgebiet 1 b sowie Schlupf und Verpuppung des Eichenwicklers auf der Stieleiche.

Die Eiablage geht über alle Jahre dem Schlupf der Raupen auf der Stieleiche voraus, wobei die Überschneidungszeiten zwischen Raupen und Nestlingen variieren. Im günstigsten Falle findet der Schlupf von Raupen und Jungvögeln zeitnah statt, so dass genügend Nestlingsnahrung vorhanden ist, wie bis 1980 zu beobachten. Ab den frühen 1990er Jahren zeigen sich vergleichsweise größere Zeitspannen zwischen Raupen- und Jungvogelschlupf. Über den gesamten Untersuchungszeitraum steigt diese Zeitspanne signifikant an ($p < 0,05$). Betrachtet man nun die Zeitspanne zwischen dem Schlupf der Raupen auf der Rotbuche und dem Jungvogelschlupf, so ergibt sich keine signifikante Änderung über die Jahre.

Für den am frühesten brütenden Kleiber können keine Zusammenhänge zwischen der signifikant verfrühten Eiablage in Untersuchungsgebiet 1 c und der Blattentfaltung der Stieleiche sowie der Rotbuche festgestellt werden. Die Zeitspanne zwischen Raupenschlupf auf der Stieleiche - und Jungvogelschlupf verändert sich über die Jahre nicht signifikant, während sich die

Zeitspanne für die Buche über die Jahre signifikant verkleinert. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden bei der folgenden Abbildung auf Ausflugs- und Verpuppungszeitpunkt verzichtet.

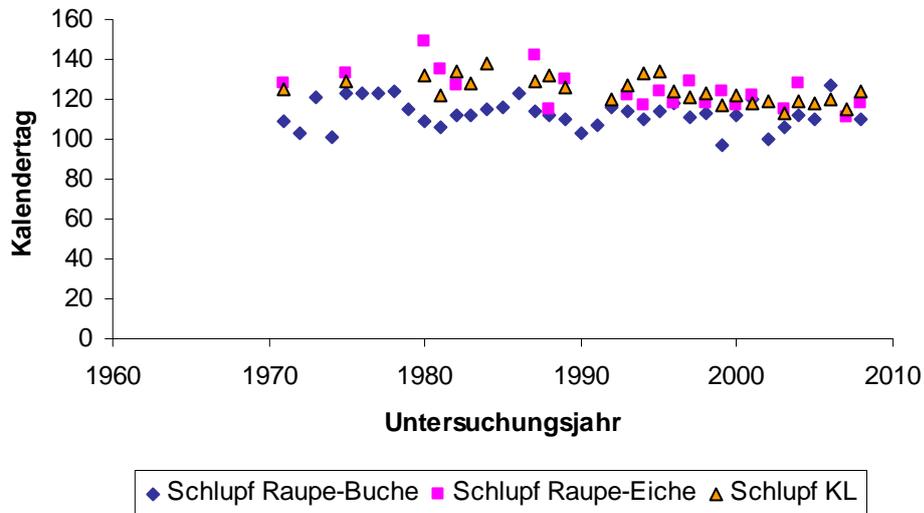


Abbildung 20: Schlupf des Kleibers und Schlupf der Raupen auf Rotbuche und Stieleiche in Untersuchungsgebiet 1 c.

Ganz anders zeigen sich die Relationen beim Trauerschnäpper, dessen späte Eiablage keine Zusammenhänge mit dem Blattaustrieb der im Vergleich zur Rotbuche späteren Stieleiche aufweist.

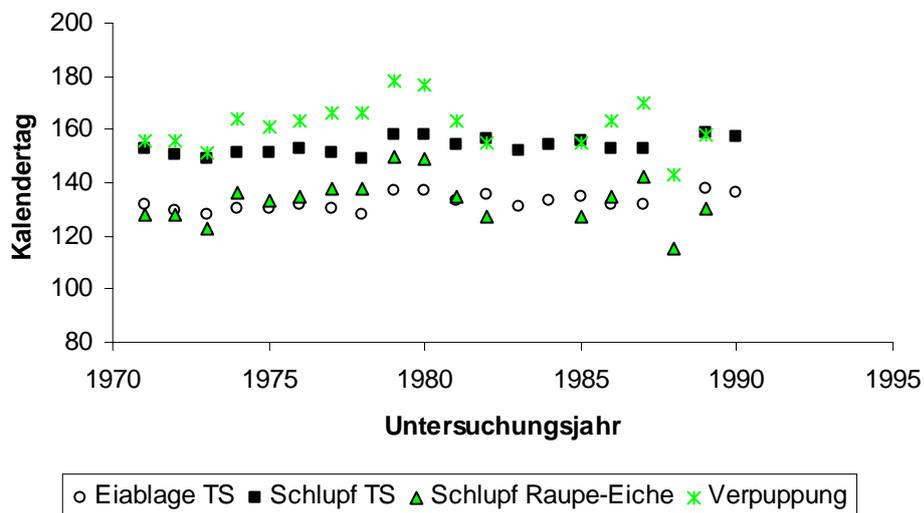


Abbildung 21: Eiablage, Schlupf und Ausfliegen des Trauerschnäppers in Untersuchungsgebiet 1 a sowie Schlupf und Verpuppung des Eichenwicklers.

Bei signifikanter Verspätung in Untersuchungsgebiet 1 a fällt die Eiablage des Trauerschnäp-

pers in bzw. ab 1980 auch hinter die Phase des Raupenschlupfes. Der Abstand zwischen Rau-
pen- und Jungvogelschlupf verändert sich über die Jahre jedoch nicht signifikant.

2.2. Erstfunde von „Nicht-Vögeln“

Nachfolgend ist die Entwicklung des Beginns der Nistkastennutzung durch „Nicht-Vögel“ tabellarisch mit Angaben zur zeitlichen Verschiebung in Kalendertagen bzw. -wochen über die Jahre dargestellt:

Tabelle 9: Übersicht zum Beginn der Nistkastennutzung durch „Nicht-Vögel“ über 38 Untersuchungsjahre in Untersuchungsgebieten 1 a-c (basierend auf dem Kalendertag (= KT) des Erstfundes), 2 und 3 (basierend auf der Kalenderwoche (= KW) des Erstfundes). Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse. Zeichenerklärung siehe Seiten 9 und 10

	SiS	HM	MAUS	FM	WE	HOR
1 a	← ~16 KT	←** ~52,3 KT	n.s.	n.s.	n.s.	→ ~25 KT
1 b	n.s.	←* ~55,3 KT	keine Funde	n.s.	←* ~25 KT	n.s.
1 c	← ~25 KT	Anzahl Funde zu klein	keine Funde	keine Funde	n.s.	n.s.
2	←*** ~5,3 KW	n.s.	n.s.	←** ~6,2 KW	←** ~2,5 KW	←* ~5 KW
3	←* ~7 KW	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Für alle „Nicht-Vögel“ mit Ausnahme von *Apodemus spec.* lassen sich in mindestens einem Untersuchungsgebiet signifikante Verfrühungen der Erstfunde über die Jahre nachweisen. Lediglich für die Hornisse ist eine tendenzielle Verspätung in Untersuchungsgebiet 1 a zu beobachten.

Bei der Haselmaus für Untersuchungsgebiet 1 b und den Fledermäusen für Untersuchungsgebiet 1 a ist zu beachten, dass die Gesamtzahl der Erstfunde mit jeweils $n = 3$ extrem klein ist. Für die Haselmaus konnte für Gebiet 1 c aufgrund einer zu geringen Fundzahl von $n = 2$ keine Analyse vorgenommen werden.

Für den Siebenschläfer liegen die meisten Fälle von Verfrühungen vor. Diese sind im Folgenden detailliert dargestellt. Da der Fokus der Fragestellung auf der Verfrühung per se und nicht auf einem statistischen Vergleich der Verfrühung zwischen den Untersuchungsgebieten lag, wurden die x-Achsen gebietsspezifisch gewählt.

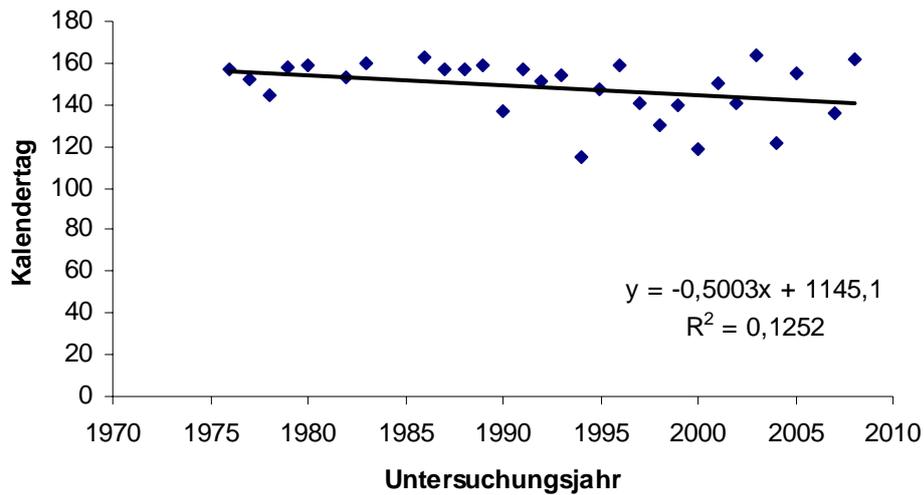


Abbildung 22: Erstnachweis von Siebenschläfern in Untersuchungsgebiet 1 a ($p < 0,1$).

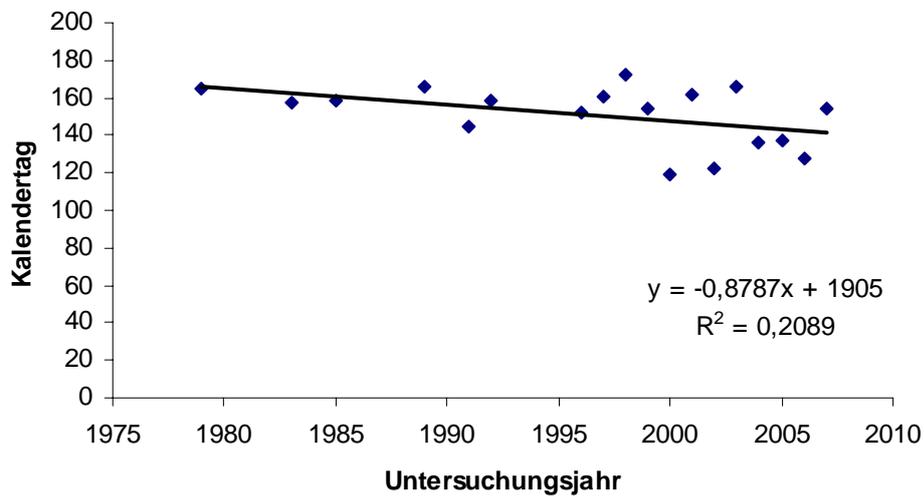


Abbildung 23: Erstnachweis von Siebenschläfern in Untersuchungsgebiet 1 c ($p < 0,1$).

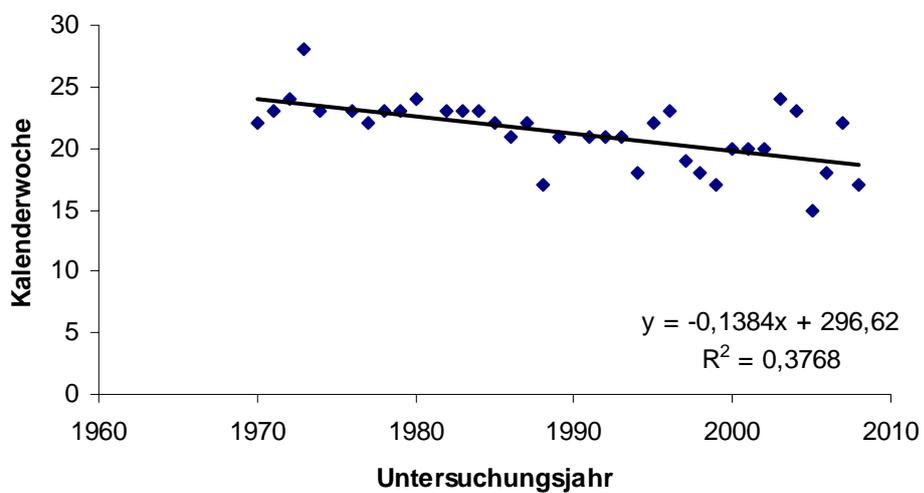


Abbildung 24: Erstnachweis von Siebenschläfern in Untersuchungsgebiet 2 ($p \leq 0,01$).

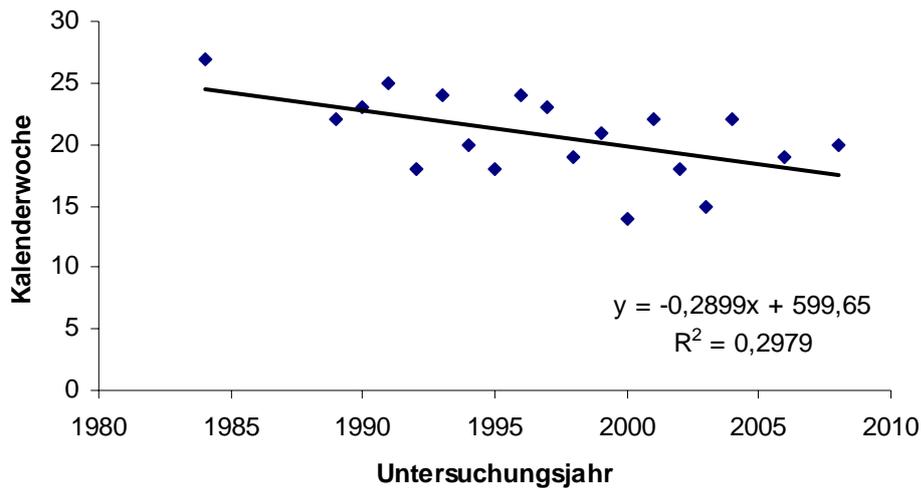


Abbildung 25: Erstnachweis von Siebenschläfern in Untersuchungsgebiet 3 ($p \leq 0.05$).

Die höchsten Werte liegen mit einer Verfrühung um 25 Kalendertage (entspricht rund dreieinhalb Wochen) in Untersuchungsgebiet 1 c sowie mit rund 7 Kalenderwochen in Untersuchungsgebiet 3.

Die Verfrühung von „Nicht-Vögeln“ mit Ausnahme des bereits gezeigten Siebenschläfers stellt sich in Untersuchungsgebiet 2 wie folgt dar:

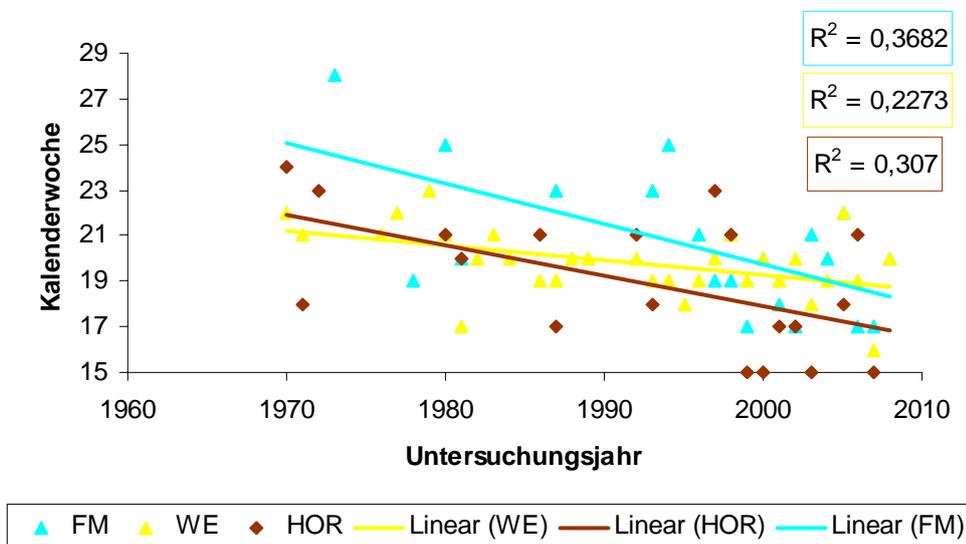


Abbildung 26: Erstnachweise von Fledermäusen, Wespen und Hornisse in Untersuchungsgebiet 2. Abkürzungen für Arten/Gruppen: FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse.

Die Darstellung zeigt die je nach Art/Gruppe unterschiedlich starken Verfrühungen, die zu einer zeitlich stärkeren Überschneidung der Nistkastennutzer führen.

Die Verfrühungen bedingen insgesamt eine Verlängerung des Nutzungszeitraumes von Nistkästen durch „Nicht-Vögel“.

2.2.1. Erstfunde von „Nicht-Vögeln“ und Temperatur

Betrachtet man die Entwicklung des Nutzungsbeginns in Verbindung mit der Temperaturentwicklung, ergeben sich nachfolgend dargestellte Zusammenhänge:

Tabelle 10: Zusammenhänge zwischen dem Zeitpunkt der Erstdachweise von „Nicht-Vögeln“ und der mittleren Temperatur von Einzelmonaten sowie zusammengefassten Zeitabschnitten der Brutzeit über 38 Untersuchungsjahre in allen Untersuchungsgebieten (Gebiete 1 a-c basierend auf Kalendertag; Gebiete 2 und 3 basierend auf Kalenderwoche); Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse. Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10

Art/Gruppe	KT/KW/t° März	KT/KW/t° April	KT/KW/t° Mai	KT/KW/t° Juni	KT/KW/t° Apr-Juni	KT/KW/t° März-Apr	KT/KW/t° Apr-Mai	KT/KW/t° Mai-Juni
SiS 1 a	*	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.
1 b	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	n.s.
1 c	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	TREND	*	n.s.	*	*	**	TREND
3	n.s.	*	*	***	***	*	**	***
HM 1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
MAUS 1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
FM 1 b	n.s.	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	*
2	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	n.s.	TREND	*	n.s.
3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
WE 1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	n.s.
1 b	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
1 c	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	n.s.
2	n.s.	***	n.s.	n.s.	*	*	**	n.s.
3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
HOR 1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 b	TREND	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	TREND	n.s.	n.s.
1 c	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	***	n.s.	n.s.	**	*	***	n.s.
3	**	n.s.	n.s.	*	TREND	*	n.s.	*

Es handelt sich bei allen festgestellten Signifikanzen/Tendenzen um negative Zusammenhänge, d.h. der Erstfund ereignet sich umso früher je höher die Temperatur des beobachteten Monats bzw. Zeitabschnitts ist. Für den Siebenschläfer lassen sich in 13 Fällen signifikante und in drei Fällen tendenzielle Zusammenhänge zwischen dem Zeitpunkt des Erstfundes und der Temperatur feststellen, für die Haselmaus liegt lediglich ein Trend für die mittlere Temperatur des Monats Mai vor. Da die Anzahl der Haselmaus-Funde in Untersuchungsgebiet 1 b sowie der Fle-

dermaus-Funde in Untersuchungsgebiet 1 a, wie bereits erwähnt (Seite 31) extrem klein war, wurde auf eine weitere Analyse auf Zusammenhänge mit der Temperatur verzichtet.

Keinerlei Zusammenhänge zeichnen sich für *Apodemus spec. ab.* Fledermäuse zeigen in drei Fällen tendenzielle sowie in zwei Fällen signifikante Zusammenhänge. Für Wespen können in sechs Fällen signifikante, in zwei Fällen tendenzielle Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Erstfunde der Hornisse zeigen acht signifikante und drei tendenzielle Zusammenhänge mit der Temperatur. Mit Ausnahme der Haselmaus können für alle Fälle von Verfrühungen signifikante bzw. tendenzielle Zusammenhänge mit der Temperatur aufgezeigt werden.

2.2.2. Erstfunde von „Nicht-Vögeln“ und Niederschläge

Betrachtet man die Erstfunde auf dem Hintergrund der Niederschläge, bietet sich folgendes Bild mit negativen und positiven Zusammenhängen. Diese sind der besseren Übersichtlichkeit halber farblich unterschiedlich gekennzeichnet.

Tabelle 11: Zusammenhänge zwischen den Erstnachweisen von „Nicht-Vögeln“ über 38 Untersuchungsjahre und den mittleren Niederschlägen von Einzelmonaten für Untersuchungsgebiete 1 a-c basierend auf dem Kalendertag (= KT) und Untersuchungsgebiete 2 und 3 (basierend auf der Kalenderwoche (= KW) n = 38. Abkürzungen für Arten/Gruppen: SiS = Siebenschläfer, HM = Haselmaus; MAUS = *Apodemus spec.*; FM = Fledermaus; WE = Wespe; HOR = Hornisse. Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10; +: positiver signifikanter Zusammenhang; *: negativer signifikanter Zusammenhang; +: positiver Trend; -: negativer Trend

Art	Erstnachweis KT/KW / Regen März	KT/ Regen April	KT / Regen Mai	KT / Regen Juni
SiS 1 a	TREND+	n.s.	n.s.	n.s.
1 b	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 c	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	n.s.	*	n.s.
3	**	*	n.s.	n.s.
HM 1 a	n.s.	n.s.	n.s.	*
2	TREND-	n.s.	n.s.	n.s.
3	TREND-	n.s.	n.s.	n.s.
MAUS 1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	*	*	n.s.	n.s.
FM 1 b	*	*	n.s.	n.s.
2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	n.s.	TREND-	TREND-	n.s.
WE 1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 b	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 c	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
2	n.s.	n.s.	*	n.s.
3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
HOR 1 a	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 b	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 c	n.s.	TREND-	TREND-	n.s.
2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Positive Zusammenhänge bedeuten, dass sich mit steigender Niederschlagsmenge auch der Zeitpunkt des Erstfundes nach hinten verschiebt, während geringe Niederschlagsmengen mit einem früheren Auftauchen einhergehen. Negative Zusammenhänge weisen auf ein früheres Auftreten bei hohen Niederschlagswerten und einen späteren Erstfund bei niedrigen Niederschlägen hin. Für den Siebenschläfer und die Haselmaus lassen sich gebietspezifisch gegenläu-

fige Zusammenhänge konstatieren, während die übrigen Arten bzw. Tiergruppen intern ein einheitliches Bild liefern. So zeigen Haselmaus, Fledermäuse, Wespen und Hornisse negative Zusammenhänge.

3. Bedeutung der Befunde für die Konkurrenz

Da dieser Punkt interpretatorisch ist und demnach eigentlich zur Diskussion/Bewertung der Ergebnisse gehört, werden im Folgenden Ergebnisse zu möglichen Konkurrenz-Kombinationen sowie Überschneidungszeiten präsentiert, um schlussendlich alle Erkenntnisse gebündelt zu bewerten.

Im Zuge der langjährigen Studie konnten immer wieder verschiedene Szenarien von Nistkastenübernahmen durch verschiedene Nutzer registriert werden.

Daraus ergibt sich das folgende generelle Konkurrenzschema:

Tabelle 12: Konkurrenzphänomene zwischen Vögeln und „Nicht-Vögeln“ sowie „Nicht-Vögeln“ untereinander; Zeichenerklärung: →: Art/Gruppe in Zeile dominant; ↓: Art/Gruppe in Spalte dominant; →↓: bei fortgeschrittenem Neststadium Nutzer in Zeile dominant; →↓: bei fortgeschrittenem Neststadium Nutzer in Spalte dominant

	Vögel	SiS	HM	MAUS	FM	WE
SiS	→					
HM	→	↓				
MAUS	→	↓	→			
FM	↓	↓	→↓	↓		
WE	→↓	→↓	→↓	→↓	→↓	
HOR	→↓	→↓	→↓	→↓	→↓	→↓

Sowohl Siebenschläfer als auch Haselmaus und *Apodemus spec.* sind gegenüber Vögeln dominant und plündern deren Brut, während Fledermäuse Nistkästen mit Vogelbruten meiden. Siebenschläfer sind des weiteren gegenüber Haselmaus und *Apodemus spec.* überlegen. Sowohl Haselmaus als auch Fledermäuse werden von *Apodemus spec.* verdrängt. Bei Wespen und Hornissen entscheidet das Nestbaustadium darüber, ob der Nistkasten noch von Vögeln oder anderen Nutzern übernommen werden kann. Dabei kommt es bei Vögeln zur Zerstörung des frühen Insektenestes. Bei fortgeschrittenen Nestbaustadien hingegen meiden Vögel entsprechende Nistkästen.

Der Siebenschläfer ist also bei entsprechend frühem Besetzungszeitpunkt allen übrigen Nutzern überlegen. Nachfolgend ist die Entwicklung der Überschneidungszeit zwischen ihm und den jährlich brütenden Vögeln, ausgehend vom jährlichen Erstfund und dem jährlich individuellen

Ende der Brutzeit (entsprechend dem Ausfliegen der letzten Vogelbrut) über die Jahre dargestellt.

Tabelle 13: Entwicklung des Überschneidungszeitraums von Siebenschläfer und Vögeln über 38 Untersuchungsjahre für alle Untersuchungsgebiete. Zeichenerklärung: siehe Seiten 9 und 10

	1 a	1 b	1 c	2	3
Überschneidungszeit	↑*	n.s.	↑***	↔	↑***

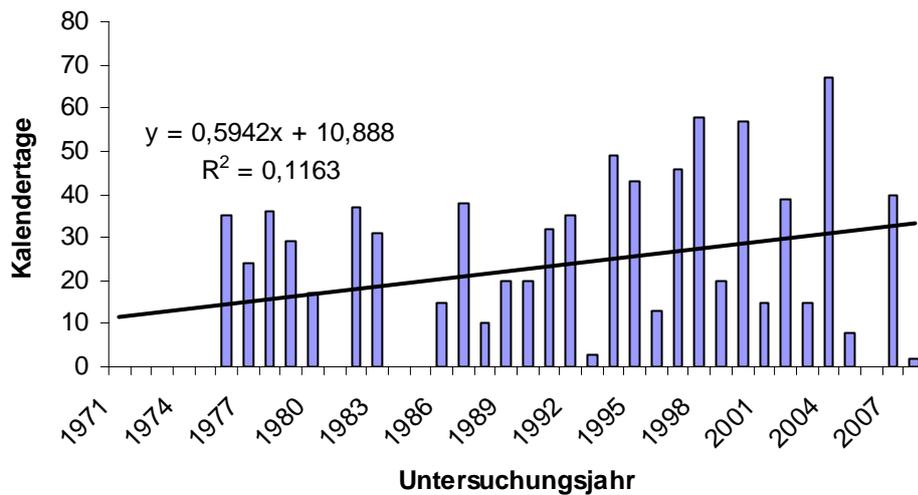


Abbildung 27: Überschneidungszeit zwischen Siebenschläfer und Vögeln in Untersuchungsgebiet 1 a ($p < 0,05$).

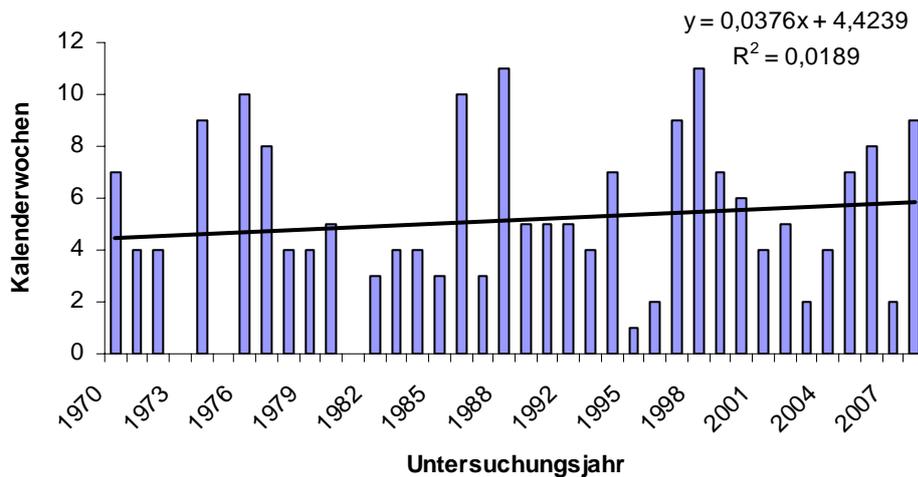


Abbildung 28: Überschneidungszeit zwischen Siebenschläfer und Vögeln in Untersuchungsgebiet 2 ($p < 0,001$).

Während in Untersuchungsgebiet 1 a die Überschneidungszeit zwischen Siebenschläfer und Vögeln in den 1990er Jahren vergleichsweise groß wird, ist in Untersuchungsgebiet 2 von Be-

ginn an eine große Überschneidungszeit zu beobachten.

Zieht man die ab 1996 in den Untersuchungsgebieten 1 a-c mindestens wöchentlich durchgeführten Nistkastenkontrollen nach der Brutsaison hinzu, so zeigt sich im Vergleich zu niedrigen Werten bei den anderen „Nicht-Vögeln“ (Maximalwerte für Haselmaus in Gebieten 1a-c: rund 6 %, *Apodemus spec.*: rund 16 %, Fledermäuse: rund 35 %, Wespen: rund 10 %, Hornisse: rund 3 %) in der Nachsaison eine hohe Nutzungsintensität der Nistkästen durch den Siebenschläfer nach der Brutsaison.

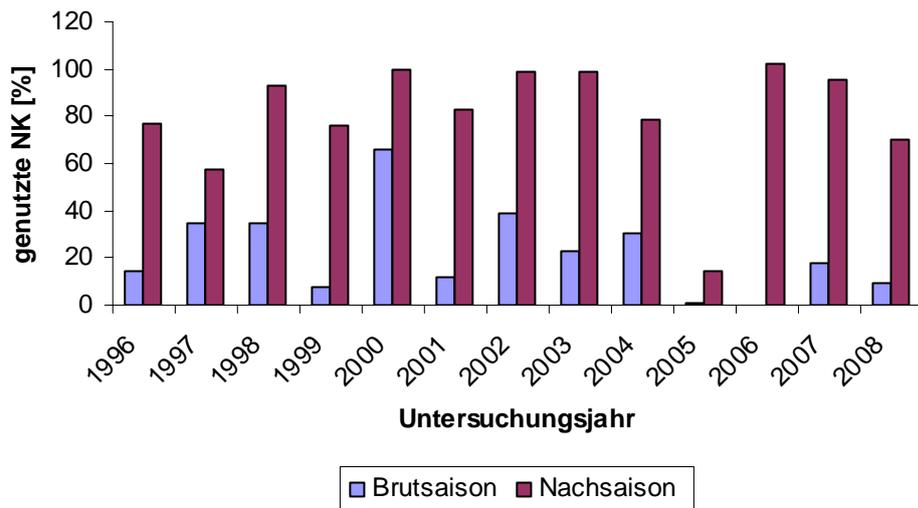


Abbildung 29: Gegenüberstellung des durch Siebenschläfer genutzten prozentualen Nistkastenanteils während und nach der Brutsaison in Untersuchungsgebiet 1 a.

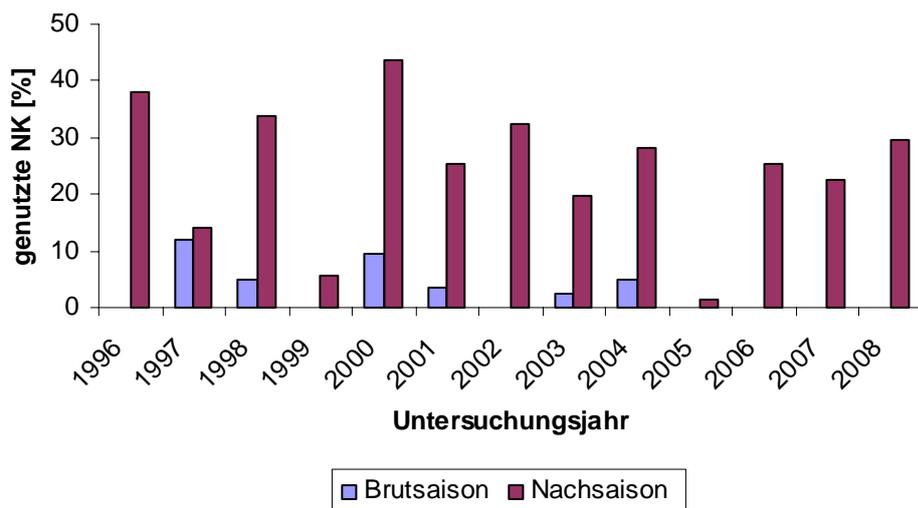


Abbildung 30: Gegenüberstellung des durch Siebenschläfer genutzten prozentualen Nistkastenanteils während und nach der Brutsaison in Untersuchungsgebiet 1 b.

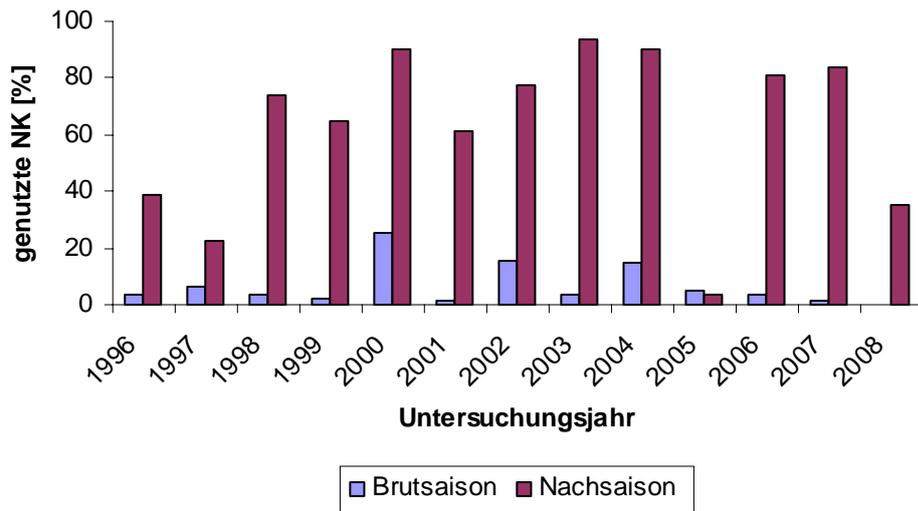


Abbildung 31: Gegenüberstellung des durch Siebenschläfer genutzten prozentualen Nistkastenanteils während und nach der Brutsaison in Untersuchungsgebiet 1 c.

Während der Siebenschläfer bereits in der Brutsaison die Bestände der anderen „Nicht-Vögel“ zumeist übertrifft, lässt sich in der Nachsaison eine noch intensivere Nutzung der Nistkästen feststellen. Teilweise werden über die gesamte Nachsaison alle zur Verfügung stehenden Nistkästen von Siebenschläfern genutzt.

Diskussion/Bewertung der Ergebnisse

Die beobachteten Bestandszuwächse bei „Nicht-Vögeln“ basieren, wie eingangs beschrieben, auf der Nistkastennutzung, also der Zahl der genutzten Nistkästen. Daher bedeuten die Entwicklungen in jedem Falle eine Ausweitung der genutzten Nistkastenzahl. Da zudem aufgrund fehlender Individualmarkierung Mehrfachbelegungen lediglich als Einfachbelegung gewertet wurden, liegen bei den Kleinsäugetern die reellen Bestandzahlen sicherlich höher. Die Kombination aus Bestandszunahmen und den beobachteten Verfrühungsphänomenen bedeutet eine über die Jahre höhere Wahrscheinlichkeit eines Zusammentreffens zwischen den Nistkastennutzern und damit eine verstärkte Konkurrenzsituation, die vor allem in Waldgebieten mit geringem Höhlenangebot problematisch werden könnte.

Trotz räumlich distinkter Untersuchungsgebiete sind in Bezug auf die Bestände keine gegenläufigen Entwicklungen zu beobachten. Dies könnte ein Indiz für großräumig wirkende Faktoren sein, die in den verschiedenen Gebieten ähnliche und z. T. auch gleich gerichtete Wirkungen entfalten. Als zentrale Faktoren werden die Entwicklung der Temperatur und im Falle des Erstnachweises bzw. des Legebeginns auch die der Niederschläge über die Jahre betrachtet.

Liegen Bestandszunahmen vor, so finden sich stets auch Zusammenhänge mit der Temperaturentwicklung - mit Ausnahme der Haselmaus in Untersuchungsgebiet 2 und Wespen in Gebiet 1 a. Dabei ist zu beachten, dass die vorliegenden Fundzahlen für die Haselmaus vergleichsweise niedrig sind. Dies ist auf den Bau und die Nutzung von freistehenden Kugelnestern durch diese Art zurückzuführen, so dass Nistkastennachweise allein die eigentlichen Bestandsgrößen im Untersuchungsgebiet nicht widerspiegeln (JUŠKAITIS & BÜCHNER 2010). Des Weiteren sind Haselmäuse wie gezeigt den meisten anderen Nistkastennutzern unterlegen, so dass sie bei hohem Konkurrenzdruck ausweichen. Der fehlende Zusammenhang bei den Wespen könnte auf die vergleichsweise geringen Dichten im unterwuchsreichen Teilgebiet 1 a im Gegensatz zum unterwuchsarmen Teilgebiet 1 b zurückzuführen sein. Ansonsten zeigen sich für die als ektotherme Organismen stark temperaturabhängigen Insektenbestände erwartungsgemäß Zusammenhänge mit der Temperatur. Es ist davon auszugehen, dass die Temperatur sowohl direkt als auch indirekt über beispielsweise die Nahrungsverfügbarkeit Einfluss auf die Bestandsgrößen nimmt.

Die unterschiedliche Entwicklung der Bestände von Siebenschläfer und Haselmaus in Untersuchungsgebiet 3 legt nahe, dass die ab 1984 niedrigeren Haselmausbestände in Verbindung mit den ansteigenden Siebenschläferbeständen stehen. Konkurrenz zwischen diesen beiden Arten ist bekannt und in Untersuchungsgebieten, die die Arten sympatrisch nutzen, ein Ausweichen der Haselmäuse aus den Nistkästen zu beobachten (SEVIANU & FILIPAS 2008). Somit könnte dem Siebenschläfer eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung von Haselmausbeständen zukom-

men. Es ist zudem nachgewiesen, dass Haselmäuse eine Abneigung gegen den Geruch von Nestern von Siebenschläfer und *Apodemus spec.* zeigen und entsprechende Nistkästen meiden (ZAYTSEVA& NOWAKOWSKI), so dass neben dem direkten Zusammentreffen der Tiere bereits eine vorangegangene Nistkastennutzung ein Ausweichen der Haselmaus nach sich zieht.

Für Vögel sind Einflüsse der Temperatur auf den Legebeginn nachgewiesen (SCHMIDT 1984) und können auch im Rahmen der vorliegenden Studie bestätigt werden, während der Niederschlag als räumlich und zeitlich stark variierende Größe (SCHÖNWIESE 1994) keinen Einfluss auf die Eiproduktion und den Legebeginn zu haben scheint.

Auf dem Hintergrund der über die Gesamtlaufzeit unveränderten Brutvogelbestände der Kohlmeise scheint die Vorverlegung des Legebeginns ein wesentlicher Faktor zu sein: Der im Vergleich zur Stieleiche von Beginn an größere zeitliche Abstand zwischen Jungvogelschlupf und Raupenschlupf auf der Rotbuche verändert sich über die Jahre nicht signifikant, so dass durch die Vorverlegung eine durchgängige Synchronisation mit der für die Nestlingsnahrung wichtigen Rotbuche aufrechterhalten werden kann. Hingegen ist eine signifikante Vergrößerung des Abstands zwischen Jungvogelschlupf und Raupenschlupf auf der Stieleiche über die Jahre zu beobachten, so dass die extreme Verfrühung dieser Baumart um rund drei Wochen dem Eiablagebeginn gewissermaßen davoneilt.

Beim Kleiber hingegen steigen die Brutvogelbestände in drei Fällen signifikant an. Hier schrumpft in Folge der Vorverlegung des Legebeginns der zeitliche Abstand zwischen dem Jungvogel- und Raupenschlupf auf der Rotbuche signifikant, so dass eine Annäherung stattgefunden hat und eine bessere Nahrungsverfügbarkeit der Nestlinge anzunehmen ist. Der zeitliche Abstand beim Schlüpfen in Bezug auf die Stieleiche ändert sich hingegen über die Jahre nicht. Die Verfrühung der Blattentfaltung und die Verfrühung der Eiablage verlaufen demnach so, dass keine Desynchronisation stattfindet, so dass den Kleiberjungen Raupen von zwei Nahrungsbäumen zur Verfügung stehen. Die resultierende gute Futterverfügbarkeit könnte eine Erklärung für den signifikanten Anstieg der Brutvogelbestände sein. Die Folgen der signifikanten Vorverlegung der Eiablage sind also im Falle der Kohlmeise zumindest nicht nachteilig (keine Bestandseinbußen) und im Falle des Kleibers offensichtlich von Vorteil. Für die Blau-meise in Untersuchungsgebiet 3 könnten ähnliche Zusammenhänge den Anstieg der Brutbestände bewirkt haben.

Beim Trauerschnäpper hingegen zeigt sich im Falle der verspäteten Eiablage ein über die Jahre unveränderter vergleichsweise großer Abstand zwischen Raupen- und Jungvogelschlupf. Dabei ist zu beachten, dass diese Vogelart ihre Jungen in den ersten fünf Tagen nach Schlupf mit Spinnen und einem bis zum fünften Tag ansteigenden Anteil Raupen füttert, also keine aus-

schließliche Nutzung dieser Nahrungsquelle vorliegt. KIZIROĞLU (2002) weist einen Raupenanteil von bis zu 30 % in der Nestlingsnahrung nach. Im Zusammenhang mit der Verfrühung der beobachteten Insekten könnte ggf. eine Desynchronisation mit weiteren Nahrungsquellen aus dieser Gruppe einer der Gründe für das Erlöschen der Populationen sein. BAUER & BERTHOLD (1996) beobachten ebenfalls Rückgänge des Trauerschnäppers und führen dies auf den vermehrten Einsatz von Pestiziden und dadurch bedingte Reduzierung bzw. Kontamination von Insekten zurück. Auch Veränderungen im afrikanischen Überwinterungsgebiet werden diskutiert (GORDO et al. 2005). Als Zugvogel ist der Trauerschnäpper den klimatischen Bedingungen im Brutgebiet vergleichsweise später und insgesamt kürzer ausgesetzt als Standvögel bzw. Teilzieher wie die Kohlmeise. Daraus resultiert ein vergleichsweise kleines Zeitfenster, sich an veränderte klimatische Bedingungen und die daraus resultierenden Konsequenzen anzupassen. Hinzu kommt eine maßgebliche Beeinflussung ziehender Arten bereits durch die klimatischen Verhältnisse im Überwinterungsgebiet. So können GORDO et al (2005) an sechs Arten von Trans-Sahara-Migranten, zu denen auch der Trauerschnäpper zählt, (u.a. Kuckuck *Cuculus canorus*, Mehlschwalbe *Delichon urbica*) zeigen, dass die klimatischen Gegebenheiten im Überwinterungsgebiet, vor allem die dortigen Niederschläge, die Ankunftszeiten im europäischen Brutgebiet beeinflussen, indem diese Faktoren indirekt über Futterverfügbarkeit und den Aufbau von Energiereserven auf die Migration wirken. So könnte eine verspätete Rückkehr den späten Brutzeitpunkt erklären. Vergleichsweise später brütende Individuen verpassen nach der Ankunft das Nahrungsmaximum mit der Folge, dass der Bruterfolg langfristig sinkt (VISSER in GROSSMANN 2004). Die von ADAMIK & KRAL (2008), GATTER & SCHÜTT (1999) und KOPPMANN-RUMPF (2003) festgestellte starke Plünderung von Trauerschnäpperbruten durch den Siebenschläfer ist ein weiterer negativer Faktor, der letzten Endes entscheidend zum Erlöschen der Populationen beitragen könnte.

Für den Zeitpunkt des Erwachens winterschlafender Säugetiere, zu denen Siebenschläfer, Haselmaus und Fledermäuse zählen, ist unter anderem die Außentemperatur von Bedeutung. So bedingt eine niedrige Außentemperatur eine Verlängerung des Winterschlafs beim Siebenschläfer (HESS 1938). Auffällig ist die für vier Untersuchungsgebiete beobachtete tendenzielle bzw. signifikante Verfrühung des Siebenschläfers mit einem Maximalwert von sieben Kalenderwochen. Dieser absolute Wert liegt um fast das Doppelte über der von KOPPMANN-RUMPF et al. (2003) beobachteten mittleren Verfrühung um vier Wochen bis zum Jahre 1999. Es hat also über die Jahre gebietsspezifisch unterschiedlich eine weitere Verfrühung stattgefunden.

Wie bereits beschrieben, ist die Zahl der Haselmaus-Funde sehr gering, wodurch die sehr starke Verfrühung gegebenenfalls nicht repräsentativ für den im Untersuchungsgebiet lebenden, aber nicht in Nistkästen nachzuweisenden Bestand ist. Für die nicht zu den Winterschläfern zählenden

den Mäuse der Gattung *Apodemus* liegt weder eine Verfrühung noch Zusammenhänge zwischen dem Zeitpunkt des Erstfundes und der Temperatur vor, wohl aber für ein Untersuchungsgebiet Bestandszuwächse, die wiederum im Falle von späten Vogelbruten zu Plünderungen führen können. Je höher die Temperatur umso früher sind auch die beobachteten Insektenarten in Nistkästen anzutreffen.

Im Falle von Verfrühungen bei „Nicht-Vögeln“ liegen generell stets auch Zusammenhänge mit der Temperatur vor, so dass davon auszugehen ist, dass sie maßgeblich den Zeitpunkt des Erstfundes von „Nicht-Vögeln“ beeinflusst.

Die Zusammenhänge mit den Niederschlägen für Siebenschläfer und Haselmaus sind gebietspezifisch unterschiedlich. So ist ein früheres Erscheinen je nach Gebiet an eine höhere oder niedrigere Niederschlagsmenge gekoppelt. KOPPMANN (2000) konnte eine intensive Nistkastennutzung von Siebenschläfern für niederschlagsreiche, wärmere Tage nachweisen. In Verbindung mit der Annahme, dass die Haselmaus Nistkästen bei heiß-trockenen Bedingungen meidet (EDEN & EDEN 2001), lassen sich ggf. frühe Erstfunde in den Nistkästen bei höherem Niederschlag erklären. Die negativen Zusammenhänge für Fledermäuse und Insekten zeigen durchweg einen früheren Nutzungsbeginn bei höherer Niederschlagsmenge an. Sicherlich trägt die bereits erwähnte hohe zeitliche und räumliche Variabilität des Niederschlags zu Abweichungen bei. Die Fälle, in denen eine Bestandzunahme, aber keine gleichzeitige Verfrühung nachgewiesen werden kann, weisen darauf hin, dass es sich bei der Bestandzunahme nicht lediglich um ein früheres Auftreten von später im Jahr zu erwartenden Bestandgrößen, sondern um wirkliche Erhöhungen handelt. Der Siebenschläfer zeigt in allen Fällen mit Bestandszuwachs auch eine gleichzeitige Verfrühung. Daher ist die Betrachtung der Nachsaison-Bestände ab 1996 von großer Wichtigkeit. In jedem Falle übersteigen die Nachsaisonbestände die während der Brutsaison um ein Vielfaches. Die Auslastung der Nistkästen von bis zu 100% in der gesamten Nachsaison und die Tatsache, dass der Siebenschläfer bei frühem Besetzungszeitpunkt den anderen Nistkastennutzern gegenüber dominant ist, sind für Überlegungen zu einer weiteren Verschärfung des Klimawandels von immenser Bedeutung, denn eine früh eintretende hohe Besetzungsdichte durch Siebenschläfer in Kombination mit Höhlenmangel könnte langfristig höhlenbrütende Singvogelarten empfindlich stören.

Ausblick/Forschungs-/Untersuchungsbedarf

Eine weitere Erwärmung könnte die Bestands- und Verfrühungsphänomene weiter verschieben und so die Konkurrenz um Nistkästen verschärfen. Eine detaillierte Überprüfung der einzelnen Interaktionen unter Verwendung und Prüfung aller Bemerkungen in den Originaldaten der seit 1977 täglich kontrollierten Untersuchungsgebiete 1 a-c könnte detailliert Aufschluss über den täglichen Wechsel von Nistkastennutzern und trotz Höhlenüberschuss immer wieder auftretende Interaktionen bieten.

Literatur

- ADAMIK & KRAL (2008): Nest losses of cavity nesting birds caused by dormice (Gliridae, Rodentia) - Acta theriologica 53(2): 185-192.
- BAUER, H.G. & BERTHOLD, P. (1996): Die Brutvögel Mitteleuropas: Bestand und Gefährdung. Aula-Verlag, Wiesbaden: 407.
- BÜHL, A & ZÖFEL, P. (2002): SPSS 11-Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows (8. Aufl.). Pearson Studium, München.
- EDEN, S.M & EDEN, R. M. (2001). The dormouse in Dorset: a reappraisal of dormouse ecology. Dorset Natural History and Archaeological Society Proceedings, 125: 125-129.
- GATTER, W. & SCHÜTT, R. (1999): Langzeitentwicklung der Höhlenkonkurrenz zwischen Vögeln (*Aves*) und Säugetieren (Bilche *Gliridae*, Mäuse *Muridae*) in den Wäldern Baden-Württembergs. Orn. Anz. 38:107-130.
- GRABHERR, G., GOTTFRIED, M. & PAULI, H. (2002): Ökologische Effekte an den Grenzen des Lebens. Spektrum der Wissenschaft Dossier Klima: 84-89.
- HESS, W.R.(1938): Beziehungen zwischen Winterschlaf und Außentemperatur beim Siebenschläfer. Z. f. vergl. Physiologie 26: 529-536.
- JUŠKAITIS&BÜCHNER (2010): Die Haselmaus *Muscardinus avellanarius* (1. Aufl.); Die Neue Brehmbücherei Bd. 670; Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben.
- KIZIROĞLU, I , TURAN, L., ERDOĞAN, A.; ADIZEL, Ö. & PAMUKOĞLU, N. (1982): Ernährungsbio-
logische Untersuchungen an vier Meisenarten (*Parus* spp.) Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 55: 170-174, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- KIZIROĞLU, I , TURAN, L., ERDOĞAN, A.; ADIZEL, Ö. & PAMUKOĞLU, N. (2002): Zur Schädlingsverteilung einiger Singvogelarten in einem Schwarzkiefern/Eichen-Mischbestand im Beynamer Wald bei Ankara. Anz. Schädlingskde. 75(4):99-102.
- KLUIJVER, H.N. (1951): The population ecology of the Great Tit *Parus major* L.. Ardea 39: 1-135.
- KOPPMANN, B. (2000): Populationsdynamik von Siebenschläfern und deren Einfluss auf höhlenbrütende Singvögel. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie an der J.W. Goethe-Universität Frankfurt am Main.
- KOPPMANN-RUMPF, B., HEBERER, C. & SCHMIDT, K.-H. (2003): Long term study of the reaction of the Edible Dormouse *Glis glis* (Rodentia: Gliridae) to climatic changes and its interactions with hole-breeding passerines. Acta zool. hung. 49 (Suppl. 1): 69–76.

- MENZEL, A. (2000): Veränderungen der phänologischen Jahreszeiten. Klimastatusbericht 1999 des DWD: 99-106.
- VISSER & HOLLEMANN 2001: Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology.- Proceedings of the Royal Society of London Series B Biological Sciences: 268 (1464): 289-294.
- SCHMIDT, K.H. (1984): Frühjahrstemperaturen und Legebeginn bei Meisen. J. Orn. 125 (3):321-331.
- SCHÖNWIESE, C-D. (1994): Klimatologie. Ulmer, Stuttgart: 93.
- SEVIANU & FILIPAS (2008):Nest boxes occupancy by three coexisting dormouse species and interspecific competition in the Transylvanian plain (Romania).- Studia Universitates Babeş Bolyai Biologia 2
- VISSER, M.E., ADRIAENSEN, F., VAN BALEN, J.H., BLONDEL, J., DHONDT, A.A., VAN DONGEN, S., DU FEU, C., IVANKINA, E.V., KERIMOV, A.B., DE LAET, J., MATTHYSEN, E., MCCLEERY, R., ORELL, M. & THOMSON, D.L. (2003): Variable responses to large-scale climate change in European Parus populations. Proc. R. Soc. Lond. B .270: 367-372.
- ZAYTSEVA, H. & NOWAKOWSKI, W. (2011): The reactions of *Muscardinus avellanarius* and *Apodemus flavicollis* to the “odor of nest”.Abstract Book. 8th International Dormouse Conference:53. Senckenberg.