

# Brutbiologie des Rotmilans *Milvus milvus* in den Westschweizer Voralpen

Patrick Scherler, Valentijn van Bergen, Benedetta Catitti, Urs Kormann, Stephanie Witzcak, Melanie Anderegg, Jana S. Herzog, Adrian Aebischer, Nicolas Roth, Martin U. Gruebler

Fortpflanzung ist eine zentrale Aktivität im Leben von Vögeln. Sie bestimmt die Fitness einzelner Individuen und trägt massgeblich zur Populationsentwicklung bei. Informationen zu Brutbiologie und Fortpflanzungsleistung bilden daher die Grundlage zur Beantwortung vieler ökologischer, evolutionärer und schutzrelevanter Fragen. Hier präsentieren wir einen umfassenden Überblick über brutbiologische Parameter einer Population von Rotmilanen in der Westschweiz, die zwischen 2015 und 2020 erhoben wurden. Die Arbeit umfasst drei Themenblöcke: (1) Kennzahlen zur Brutpopulation (z.B. Brutdichte, Horstwechsel oder Partnertreue), (2) Kennzahlen zu den Bruten vor dem Schlüpfen (z.B. Nestbaumcharakteristika, Nestbauverhalten, Eiablagedaten oder Gelegegrössen) und (3) Kennzahlen zu den Bruten nach dem Schlüpfen (z.B. Brutpflegeverhalten, Ausflugsdaten, Nahrungsspektrum, Bruterfolg, Produktivität). Die Resultate zeigen, dass das Studiengebiet eine der weltweit höchsten Brutdichten des Rotmilans aufweist. Der Bruterfolg von Paaren war im Vergleich mit anderen Populationen durchschnittlich, und es traten erstaunlich grosse Schwankungen im Anteil Brutpaare ohne Brutversuch auf. Die Nestlingsnahrung bestand aus einem hohen Anteil anthropogener Bestandteile. Die hier dokumentierten Daten bilden die Grundlage für vergleichende Studien und weitere Untersuchungen der Mechanismen, die den beobachteten Mustern zugrunde liegen.

Obwohl oft als rein beschreibende Naturkunde unterschätzt, sind Kennzahlen der Brutbiologie von Vögeln schon lange eine wichtige Grundlage für die ökologische und evolutionäre Forschung und für die Naturschutzbiologie (Hampton und Wheeler 2012, Lu 2015, Xiao et al. 2017). Die Vogelarten der Welt unterscheiden sich in ihrer Brutbiologie beträchtlich, so zum Beispiel in der Brutphänologie (Capilla-Lasheras et al. 2022), der Gelegegrösse (z.B. Boyer et al. 2010, Martin et al. 2000), der Bebrütungs- und Nestlingsdauer (Martin et al. 2000, Roff et al. 2005), im Nestlingswachstum (Remes und Martin 2002), im Bruterfolg (Martin 1995, Brawn et al. 2011) und in der elterlichen Betreuung der Jungvögel (Reynolds und Székely 1997, Austin et al. 2019). Vergleichende Studien von brutbiologischen Daten verschiedener Vogelarten, -familien und ökologischer Gruppen ermöglichen die Untersuchung der Evolution von Lebensgeschichten (Life-history evolution; Badyaev und Ghalambor 2001, Martin 2004, Wiersma et al. 2007, Naef-Daenzer und Gruebler 2016). Vergleichende Studien von Kenngrössen innerhalb einer Art erlauben vertiefte Aussagen über die Plastizität (Bandbreite der Anpassungsfähigkeit) einer Art, die Anpassung von Populationen an ihre Umwelt und den Effekt von Umweltfaktoren auf die Populationsentwicklung (Crick

et al. 2016). Langjährige oder wiederholte Erfassung von brutbiologischen Daten sind deshalb auch wichtig, um die Auswirkungen grossräumiger Landnutzungs- und Klimaveränderungen auf Vogelarten zu verstehen (Crick und Sparks 1999, Hille und Cooper 2015, Boyle et al. 2016).

Die Erhebung von brutbiologischen Daten ist allerdings aufwendig. Dies gilt insbesondere für Arten, deren Nester schwierig zu finden, schlecht zu erreichen oder schlecht einsehbar sind, sowie für Arten, die sehr störungsempfindlich sind. Bei Arten, die in geringer Dichte vorkommen, kommt erschwerend dazu, dass für wenige Nester grosse Gebiete bearbeitet werden müssen. Normalerweise ist es deshalb mit viel Zeitaufwand und/oder hohen Kosten verbunden, repräsentative Stichproben von brutbiologischen Parametern einer Population zu erfassen. Bei Arten, deren Nester schwierig zu beobachten sind, fehlen oft auch grundlegende Informationen zum elterlichen Brutpflegeverhalten (z.B. Fütterungsraten, Geschlechteraufteilung, Nestverteidigung) und zu ökologischen Mustern am Nest (z.B. Nestlingsnahrung, Nestprädation). Ökologische Phänomene werden daher oft an einfach zu bearbeitenden Höhlenbrütern in Nistkastenpopulationen untersucht (Wesolowski 2011, Lambrechts et al. 2012).

Zudem liegt der Fokus von brutbiologischen Studien meist auf bedrohten oder abnehmenden Arten und Populationen, um den Gründen für den Rückgang auf die Spur zu kommen. Langjährige oder detaillierte brutbiologische Daten fehlen deshalb auch für häufige Arten und für stabile oder zunehmende Populationen (Fazey et al. 2005). Es bleibt also auch in Zeiten von ausgefeilten genetischen, technischen und statistischen Methoden wichtig, brutbiologische Daten und Beobachtungen öffentlich zugänglich zu machen (Lu 2015).

Der Rotmilan ist eine mittelgrosse Greifvogelart aus der Familie der Habichtartigen (Accipitridae). Seine Verbreitung ist weitgehend auf Europa beschränkt und erstreckt sich in einem Band von Spanien in nordöstlicher Richtung bis nach Südschweden, Lettland und Weissrussland mit zwei weiteren Schwerpunkten in Italien und auf den Britischen Inseln, wo er vor 30 Jahren wieder angesiedelt wurde (Carter 2019, Keller et al. 2020, Aebischer und Scherler 2021). Der Gesamtbestand wird auf 33 500–39 000 Brutpaare geschätzt (Aebischer und Scherler 2021). Gebiete mit extremen Sommertemperaturen und mit atlantischem Klima werden gemieden. Nach einer starken Verfolgung zu Beginn des 20. Jahrhunderts (Evans und Pienkowski 1991) hat sich die Art in den Hauptverbreitungsgebieten von Frankreich und Deutschland nach der Unterschutzstellung der Greifvögel bis 1990 etwas erholt (Aebischer und Scherler 2021). Während sich in den letzten drei Jahrzehnten das Verbreitungsgebiet im Norden und Osten ausdehnte und die Brutdichten in England, Dänemark, Schweden und der Schweiz stark zunahm, gab es deutliche Rückgänge im Süden des Verbreitungsgebiets (Keller et al. 2020, Mattsson et al. 2022).

Der Rotmilan wird auf der roten Liste der IUCN mittlerweile als «least concern» eingestuft (BirdLife International 2020), trotz der geografisch kontrastierenden Populationsentwicklungen. Vor allem anthropogene Gefahren setzen der Art auch in Populationen der Hauptverbreitungsgebiete zu. Dabei handelt sich um Habitatdegradierung, gezielte Vergiftungen, Vergiftungen durch Rodentizide (Nagergifte), illegale Abschüsse, Stromschlag und Kollisionen mit Fahrzeugen und Windkraftanlagen (Mougeot und Bretagnolle 2006, Smart et al. 2010, Sergio et al. 2019, Aebischer und Scherler 2021, Mattsson et al. 2022). Auf der anderen Seite werden Rotmilane zunehmend von Menschen gefüttert, insbesondere in England und in der Schweiz (Orros und Fellowes 2015, Cereghetti et al. 2019).

In der Schweiz nahm die Population des Rotmilans von unter 100 Brutpaaren in den 1950er-Jahren auf mehr als 3000 Brutpaare im Jahr 2016 zu (Knaus et al. 2018). Der Bestand in der Schweiz hat sich seit 1995 verdreifacht, das Verbreitungsgebiet hat sich in die Alpentäler und am Alpennordrand bis in Höhen von rund 1500 m ü.M. ausgedehnt und die Dichten haben in Hö-

hen von 400–900 m ü.M. stark zugenommen (Knaus et al. 2018). Die Schweiz befindet sich heute mitten im Hauptverbreitungsgebiet (Keller et al. 2020) und beherbergt einen relevanten Anteil der europäischen Brutpopulation.

Dieser Artikel präsentiert Resultate der brutbiologischen Untersuchung des Rotmilans in den Schweizer Voralpen der Kantone Freiburg und Bern. Sie wurden im Rahmen eines Forschungsprojekts der Schweizerischen Vogelwarte Sempach erhoben. Das Forschungsprojekt (Schweizerische Vogelwarte Sempach 2022) untersucht die Ansiedlung der Rotmilane (Scherler 2020), den Teilzug (Witczak 2023) und die ökologischen Schlüsselfaktoren für die Populationsdynamik. Die Untersuchungen von verschiedenen Einflussfaktoren auf den Bruterfolg (Baucks 2018, Sieder 2018, Scherler 2020, Nägeli et al. 2022) erforderten die Kartierung von Revieren im Studiengebiet, die Suche und das regelmässige Erklettern der Horste sowie deren Überwachung per Nestkamera. Die daraus gewonnenen brutbiologischen Kennzahlen sind in folgende thematische Blöcke aufgeteilt: (1) Kennzahlen zur Brutpopulation (z.B. Brutdichte, Horstwechsel oder Partnertreue), (2) Kennzahlen zu den Bruten vor dem Schlüpfen (z.B. Nestbaumcharakteristika, Nestbauverhalten, Eiablagedaten oder Gelegegrößen) und (3) Kennzahlen zu den Bruten nach dem Schlüpfen (z.B. Brutpflegeverhalten, Ausflugsdaten, Nahrungsspektrum, Bruterfolg, Produktivität).

## 1. Methoden

Alle vorliegenden Auswertungen wurden mithilfe der Statistik-Software R (R Core Team 2020) und QGIS (QGIS Development Team 2022) erarbeitet.

### 1.1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet in der Westschweiz befindet sich im Sensebezirk des Kantons Freiburg und im Ganterschgebiet des Kantons Bern und umfasst 387,5 km<sup>2</sup>. Es reicht vom flachen Plateau des Mittellands bis in die montane Stufe der Voralpen (482–1763 m ü.M.). Die Landschaft ist geprägt von Landwirtschaftszonen (56,3 %), Wäldern (27,0 %) und Siedlungen (8,4 %) (StatA 2017). Während in den tiefer gelegenen Bereichen Ackerbau betrieben wird, sind die mittleren und höheren Lagen vor allem durch Wies- und Weideland mit Milchviehnutzung geprägt. Der hohe Grünlandanteil im Wechsel mit kleinen Waldstücken und die damit einhergehende kleinräumige Strukturierung der Landschaft bietet somit ein optimales Bruthabitat für den Rotmilan (Nachtigall et al. 2003, Katzenberger 2019).

### 1.2. Revierkartierung und Nestsuche

In den Jahren 2015–2020 wurde im Untersuchungsgebiet eine standardisierte Revierkartierung durchgeführt. Das Gebiet wurde in 2,5 × 2,5 km grosse Quadrate eingeteilt und jedes Quadrat wurde von März bis Juli mindestens dreimal besucht. Im Quadrat wurden mit einem Zeitaufwand von maximal zwei Stunden Beobachtungszeit pro Rundgang mehrere Übersichtspunkte aufgesucht, so dass alle Flächen im Quadrat mindestens einmal einsehbar waren. An den Übersichtspunkten erfassten wir mit Fernrohr und Fernglas alle Rotmilan-Beobachtungen und klassifizierten deren Bruthinweise mittels Atlascode. Die Revierausscheidung basierte auf der bei MHB- oder Atlas-Kartierungen üblichen Methode (Knaus et al. 2018), wobei nur Beobachtungen mit Atlascode >2 berücksichtigt wurden. Zudem wurden zusätzliche Beobachtungen aus der gezielten Nestsuche und Bewegungsdaten von bereits besenderten Rotmilanen mitberücksichtigt, um ein möglichst vollständiges Bild der Revierverteilung zu erhalten. An sämtlichen Orten mit Brutverdacht wurde intensiv nach den Nestern gesucht. Das Eintragen von Nistmaterial, der Einflug zum Nest sowie das Vertreiben von Feinden und Konkurrenten gaben Hinweise auf Neststandorte.

### 1.3. Allgemeine Nestüberwachung

Jedes aktive Nest, d.h. ein Nest, an dem gebaut wurde oder das Eier oder Nestlinge enthielt, wurde nach seinem Auffinden alle 1–2 Wochen besucht. Dabei wurde mittels Fernrohrbeobachtungen das Stadium des Brutgeschäfts ermittelt. Wir versuchten insbesondere den Beginn der Bebrütung so gut wie möglich zu bestimmen. Danach wurde der Beobachtungsaufwand reduziert, wir besuchten die Nester kurz vor dem Schlüpfen aber wieder regelmässig und bestimmten so den Schlupftermin des ersten Nestlings. Sofern der Schlupftermin nicht genau bekannt war, wurden Alter und damit auch Schlupftermin nach der Beringung mittels Körpermassen (Gewicht und Flügellänge) und dem Rang innerhalb der Brut bestimmt (Nägeli 2019, Nägeli et al. 2022). Als Brutalter wird im Folgenden immer das Alter des ältesten Nestlings bezeichnet. Das Datum der Eiablage wurde durch die Subtraktion von 32 Tagen (durchschnittliche Bebrütungszeit; Aebischer 2009) vom Schlupftermin des ältesten Nestlings ermittelt. Die Nester wurden ein- bis viermal erklettert. In den sechs Jahren wurden insgesamt 494 Bruten in 368 unterschiedlichen Nestern erklettert und total 871 Nestlinge vermessen.

### 1.4. Revierdichte und Bruterfolg

Basierend auf allen Beobachtungen der Revierkartierung, Nestsuche und -überwachung mittels Distanzbeobachtung und Kameras (siehe unten) sowie allen verfügbaren Daten der Nestkontrollen wurde für jedes Revier eine vergleichende Übersicht erstellt und jedes Revier in eine der folgenden Kategorien eingeordnet: A) aktives Revier mit revieranzeigendem Verhalten der Altvögel, auch ohne Hinweis auf Nestbau oder Brutversuch (Revierpaar), B) aktives Revier mit Nachweis von Nestbau, auch ohne Hinweis auf Eiablage (Brutpaar), C) Reviere mit Hinweis auf versuchtes oder geglücktes Brutgeschäft (Brutversuch) und D) Reviere, in denen Nestlinge nachgewiesen werden konnten (erfolgreiche Bruten).

Die Anzahl Revierpaare, Brutpaare und Reviere mit Brutversuch wurden im Studiengebiet für jedes Jahr durch die Gesamtfläche des Studiengebiets geteilt und so eine jährlich Revier-, Brutpaar- und Brutversuchsdichte ermittelt, auch wenn die südlichen Gebiete tendenziell wenige bis keine Reviere aufwiesen. Im Pilotjahr 2015 wurden nur der im Kanton Freiburg liegende Teil des Studiengebiets bearbeitet (325 km<sup>2</sup>) und daher die reduzierte Referenzfläche verwendet.

Für die Ermittlung des Bruterfolgs wurden alle Brutpaare im Studiengebiet berücksichtigt und die jährlichen Zahlen ins Verhältnis zur Anzahl Brutversuche und zur Anzahl erfolgreicher Bruten gesetzt. Die jährlichen

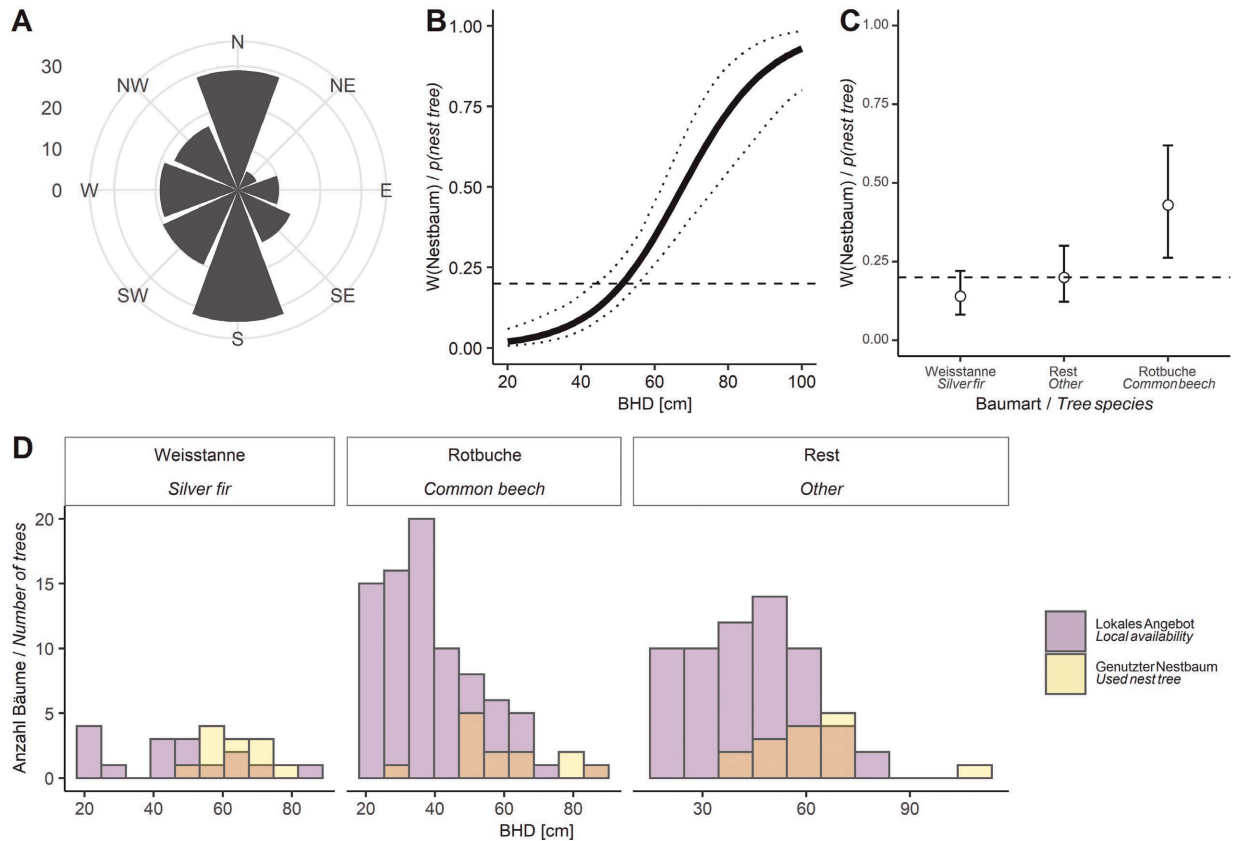


Abb. 1. Nestbaumcharakteristika in der Studienregion. A) Coxcomb-Plot der Exposition von 146 untersuchten Rotmilannestern. Nordexposition ( $n = 29$ ) und Südexposition ( $n = 32$ ) waren deutlich übervertreten. Die Länge des Kuchenstücks entspricht der Anzahl Nester in der jeweiligen Himmelsrichtung. B) – D) illustrieren die lokale Nestbaumwahl anhand des Vergleichs von 40 genutzten Nestbäumen mit dem Baumangebot der direkten Umgebung ( $n = 160$  Bäume ohne Nest). B) Rotmilane präferierten dicke Bäume als Neststandort. Dargestellt ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Baum ein Nestbaum ist, in Abhängigkeit vom Stammdurchmesser (BHD). C) Rotmilane präferierten Weisstannen gegenüber Buchen und anderen Baumarten als Neststandorte. Dargestellt ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Baum ein Nestbaum ist, in Abhängigkeit von der Baumart. D) Verteilung der Stammdicke (BHD) von tatsächlichen Nestbäumen (beige) und ungenutzten Bäumen in der Nestumgebung (lila) für Weisstanne, Buche und andere Baumarten. B) und C) zeigen Modelvorhersagen und 95%-Kompatibilitätsintervalle basierend auf einem gemischten, bayesianischen binomialen Modell. Entlang der gestrichelten horizontalen Linie in B) und C) würde ein Baum entsprechend seiner Verfügbarkeit gewählt.

*Nest tree characteristics in the study region. A) Coxcomb plot of exposure of 146 Red Kite nests studied. Northern exposure ( $n = 29$ ) and southern exposure ( $n = 32$ ) were clearly overrepresented. The lengths of the pie slices correspond to the number of nests in each direction. B) – D) illustrate local nest tree selection by comparing 40 nest trees in use with the range of trees in the immediate vicinity ( $n = 160$  trees without nests). B) Probability of a tree being a nest tree as a function of trunk diameter (BHD). Red Kites preferred thick trees as nest sites. C) Probability that a tree is a nest tree as a function of tree species. Red Kites preferred silver fir over beech and other tree species as nest sites. D) Distribution of trunk thickness (BHD) of actual nest trees (beige) and unused trees in the nest vicinity (purple) for white fir, beech, and other tree species. In B) and C) model predictions and 95% compatibility intervals based on a mixed Bayesian binomial model are shown. Along the dashed horizontal line in B) and C), a tree would be selected according to its availability.*

Quotienten wurden über alle Jahre gemittelt, um Durchschnittswerte für die Projektdauer mit Streuwerten zu erhalten. Auf Basis aller erfolgreichen Bruten, von denen Daten zur Anzahl Nestlinge vorlagen ( $n = 484$ ), wurde die Anzahl Nestlinge pro Brutpaar, -versuch und erfolgreiche Brut gerechnet. Dasselbe Vorgehen wurde für alle erfolgreichen Bruten gewählt, bei denen Informationen über die Anzahl Flügglinge vorlagen ( $n = 378$ ).

## 1.5. Kleinräumige Nestbaumwahl

Von allen untersuchten Nestbäumen wurde die Baumart bestimmt und die Nesthöhe über Boden mit einem Massband gemessen. Für eine Auswahl wurde zusätzlich mit einem Kompass die Nestexposition im Bezug zum Stamm ermittelt (Nord, Nordost, Ost, etc.). Mit einem Watson-Test für zirkuläre Uniformität wurde

getestet, ob gewisse Himmelsrichtungen für den Nestbau bevorzugt wurden (R Package «circular», Agostinelli und Lund 2017).

Um die kleinräumige Nestbaumwahl zu untersuchen, wählten wir 40 Nestbäume aus, die in einem mindestens 0,5 ha grossen Waldstück lagen, maximal 50 m vom Waldrand entfernt waren, und unterhalb von 800 m ü.M. waren. Diese Nestbäume wurden dann verglichen mit dem Angebot an Bäumen in der Nestumgebung. Verglichen wurden drei Kenngrössen: Kronendichte (geschätzt), der Durchmesser auf Brusthöhe (BHD; kluppiert oder mit Massband) und die Baumart (Weisstanne, Buche, andere). Pro Nestbaum wurden zwei Referenzbäume in 10–40 m Abstand und zwei Referenzbäume in 100–200 m Abstand zum Nestbaum mit GIS zufällig ausgewählt. Die Daten wurden mit einem gemischten, binomialen bayesianischen Modell modelliert (R Package «bamls», Umlauf et al. 2018), und der Neststandort als Zufallsfaktor behandelt. Da Weisstannen deutlich grössere BHDs aufwiesen als Buchen und restliche Baumarten, wurden zwei getrennte Modelle berechnet: eines mit Baumart und Kronendichte als erklärende Variablen und eines mit BHD und Kronendichte.

## 1.6. Nestüberwachung mit Kameras

Ein Teil der Nester ( $n = 143$  Nester) wurde mit einer Wildtierkamera (Reconyx HC500 / PC900 HyperFire™; RECONYX Inc., Holmen WI, USA) oder einer Mini-Videokamera (CCTV Sony Effio-E 700TVL) ausgestattet und überwacht. Die Montage erfolgte entweder an bekannten letztjährigen Nestern vor der Nestbauaktivität oder beim ersten Erklettern der Nester zur Beringung der Nestlinge. Während die Stromversorgung bei den Wildtierkameras integriert war, erfolgten die Aufnahmen und die Stromversorgung bei den Videokameras über Kabel von der Stammbasis des Nestbaums aus. Die Wildtierkameras wurden durch Bewegung ausgelöst (Trigger-Funktion), aber nahmen auch regelmässig jede Minute ein Bild auf (Time-lapse-Funktion).

Nestbauaktivität, Eiablage, Gelegegrösse, Bebrütungsdauer, genaues Schlupfdatum und Schlupfintervalle konnten nur durch die vor der Brutzeit montierten Wildtierkameras erfasst werden (Jahre 2016–2019). Nester mit solchen Kameras wurden vor der Eiablage im März während der Dunkelheit bestiegen, um die Batterien zu wechseln. In der Zeit vor dem Batteriewechsel war nur die Trigger-Funktion der Kameras aktiviert. Das Eintragen von Nistmaterial wurde deshalb ausschliesslich mit Bildern der Trigger-Funktion analysiert. Diese Analyse wurde auf 13 Nester beschränkt, bei denen die Geschlechter auf den Bildern unterschieden werden konnten (durch Unterschiede in Sender- oder Ringeigenschaften). Die Gelegegrösse wurde 12 Tage nach dem ersten Ei als vollständig be-

trachtet (unter der Annahme eines durchschnittlichen Intervalls von 72 Stunden zwischen jedem Ei und einer maximalen Gelegegrösse von 4 Eiern; Aebischer 2009). Die Lege- und Schlupfintervalle wurden als Anzahl Stunden zwischen den einzelnen Eiern bzw. Nestlingen bestimmt. Die Bebrütungsdauer wurde als Anzahl Tage zwischen der letzten Eiablage und dem Schlüpfen des letzten Nestlings definiert.

Prädationsereignisse (Jahre 2015–2020), Ausflugs- termine (2017–2019) und das Verhalten der Eltern am Nest (2016–2017) wurden von allen Wildtierkameras erfasst. Wir bezeichneten den Tag, an dem ein Nestling das Nest zum ersten Mal verliess, als Beginn der Ästlingsphase, während wir die ausbleibende Übernachtung auf dem Nest als Flügge werden definierten. Das Verhalten der Elterntiere am Nest wurde zwischen 5 Uhr morgens und 22 Uhr abends erfasst. Die Aktivität der Eltern wurde immer einer von vier Verhaltensweisen zugeordnet: Bewachen (Anwesenheit ohne Körperkontakt), Wärmen (Kontakt zwischen Körperunterseite und Nestling), Schützen (Altvogel steht während Niederschlag über Nestling oder öffnet bei Sonne Flügel über Nestling), Füttern (Futter im Schnabel oder wird überreicht). Zur Bestimmung des Ausflugszeitpunkts und des Elternverhaltens am Nest wurden nur die Bilder mit Time-lapse-Funktion ausgewertet.

Videokameras wurden nur in den Jahren 2019 und 2020 montiert. Die Aufnahmeperioden dauerten 45 Tage und deckten verschiedene Perioden in der Nestlingsphase ab. Die Videodaten wurden für die zusätzliche Erfassung von Prädationsereignissen, des Ablaufs des Schlüpfens sowie für die Identifikation und Quantifizierung eingetragener Nahrung verwendet (für mehr Details siehe Andereggen 2020).

Zusätzlich zu den Wildtier- und Mini-Videokameras wurden von 2016–2019 insgesamt 599 Nester mit Mini-USB-Webcams (Microsoft LifeCam HD) mit einer USB-Kabelverlängerung bis an die Stammbasis ausgestattet. Dieses System wurde dazu verwendet, in regelmässigen Abständen störungsarme Nestkontrollen vom Boden aus vorzunehmen, um den Brutfortschritt zu überwachen und Prädationsereignisse festzustellen. Hierzu wurde ein Laptop an der Stammbasis deponiert und ein Video aufgezeichnet (1–24 h).

## 1.7. Geschlechtsbestimmung und Geschlechterverhältnis

Bei allen beringten Individuen wurde eine Blutprobe zur Geschlechtsbestimmung entnommen ( $n = 429$  Nestlinge). Die DNA wurde aus den auf Filterpapier gelagerten Blutproben mittels QIAGEN DNeasy Blood and Tissue Kit extrahiert und gereinigt. Unter Verwendung der hochkonservierten Primer 2550 und 2718 wurde das CHD1-Gen in den Geschlechtschromosomen PCR-amplifiziert (Fridolfsson und Ellegren 1999). Die Produkte der PCR wurden mit GelRed® in zweiprozentigem Agarose-Gel angefärbt. Das Geschlechterverhältnis wird hier als Anteil der männlichen Nestlinge an der Gesamtzahl der Nestlinge einer Brut bezeichnet. Wir präsentieren Daten zum Geschlechterverhältnis kurz vor dem Ausfliegen, da sich das Geschlechterverhältnis durch Nestlingsmortalität über die Nestlingsdauer verändern kann und der grösste Teil der Daten aus den späten Nestlingsphasen stammt. Deshalb wurden nur Bruten über einem Alter von 35 Tagen zur Berechnung des Geschlechterverhältnisses verwendet.

## 1.8. Besenderung, Horstwechsel und Partnertreue

Ein grosser Teil der Nester wurde erklettert und die Jungvögel beringt, vermessen und 394 davon mit GPS-Loggern ausgestattet (für Besenderungsdetails siehe Scherler 2020). Die Beringung erfolgte frühestens ab einem geschätzten Alter von 20 Tagen des ältesten Nestlings. Die Besenderung, und damit der letzte Klettertermin an einem Nest, fanden um das Nestlingsalter von 40 Tagen herum statt. Zusätzlich wurden in den Jahren 2016–2018 insgesamt 78 adulte Rotmilane an Fütterungsstellen und mithilfe von Falknerei-Uhus als Lockvögeln mit einem Dho-Gaza-Netz gefangen und ebenfalls mit GPS-Loggern ausgestattet (für Details zur Fangmethodik siehe Sieder 2018).

Für jeden besenderten Brutvogel bzw. jedes Brutpaar mit Bewegungsdaten aus mehr als einer Brutsaison wurden die Koordinaten der jeweiligen Neststandorte zusammengestellt. Wir berechneten (mit dem R Package «geosphere», Hijmans 2019) die Entfernung und den Höhenunterschied zwischen den Nestern in zwei aufeinanderfolgenden Jahren, getrennt für Erstbrüter und ältere Brutvögel. Ein Mittelwert der Mittelwerte sowie eine gepoolte Standardabweichung wurden über alle Jahre und Vögel berechnet (mit dem R Package

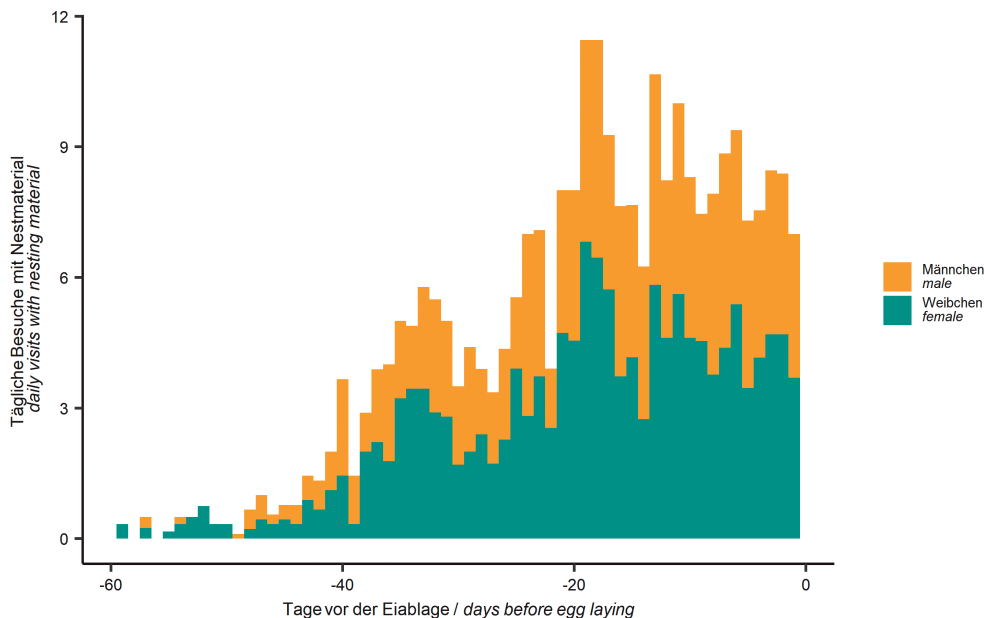


Abb. 2. Anzahl Nestbaubesuche am Nest pro Tag bis zur Eiablage ( $n = 13$  Nester mit 3146 Besuchen mit Nestmaterial); Nestbaubesuche der Männchen sind auf die Nestbaubesuche der Weibchen gestapelt. Im Mittel wurden 45 % der Nestbaubesuche von den Weibchen und 55 % von den Männchen getätigt. *Stacked number of nest building visits per day and sex during the pre-egg-laying period ( $n = 13$  nests with a total of 3146 deliveries of nest material). On average, females made 45% of visits with nest material, and males 55%.*

«ANOVAreplication», Zondervan-Zwijenburg 2021). Die Partnertreue wurde bei Paaren bestimmt, bei denen beide Individuen besondert waren und die mehr als eine Brutsaison beobachtet werden konnten. Basis dafür waren die GPS-Daten und die Kamerabilder an den Nestern.

## 2. Ergebnisse

### 2.1. Brutpopulation: Brutdichte und Dynamik

#### 2.1.1. Brutpaar- und Revierdichte

Die Revierdichte im Untersuchungsgebiet betrug  $39 \pm 8,5$  Revierpaare/100 km<sup>2</sup> (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung SD; min. = 25 Revierpaare/100 km<sup>2</sup> (2015), max. = 52 Revierpaare/100 km<sup>2</sup> (2020), n = 897). Die Revierdichte schwankte von Jahr zu Jahr, nahm aber über den Untersuchungszeitraum tendenziell leicht zu. Die Dichte der Brutpaare betrug  $32 \pm 9,5$  Brutpaare/100 km<sup>2</sup> (min. = 13 Brutpaare/100 km<sup>2</sup> (2015), max. = 43 Brutpaare/100 km<sup>2</sup> (2020), n = 731). Die Dichte der Nester mit einem Nachweis eines Brutversuchs (hier Brutdichte) belief sich auf  $25 \pm 8,7$  Brutversuche/100 km<sup>2</sup> (min. = 8 Brutversuche/100 km<sup>2</sup> (2015), max. = 33 Brutversuche/100 km<sup>2</sup> (2020), n = 585). Lokal wurden bis zu sechs Revieren innerhalb eines Quadrats von  $2,5 \times 2,5$  km festgestellt. Die kürzeste Distanz zwischen zwei aktiven Nestern betrug 85 m.

#### 2.1.2. Horstwechsel

Von den mittels GPS verfolgten Rotmilanen brüteten 32,3 % im gleichen Nest wie im Vorjahr (n = 217). Der Rest wechselte den Brutplatz. Im Durchschnitt verlegten die Rotmilane ihren Brutplatz um  $0,28 \pm 0,52$  km (max. = 5,90 km). Die Unterschiede zwischen den Jahren waren gering. Erfahrene Brutvögel, die in einem vorhergehenden Jahr bereits mindestens einen Brutversuch unternommen haben, zeigten einen etwas niedrigeren Wert ( $0,26 \pm 0,52$  km, max. = 5,90 km, n = 198) als Vögel nach ihrem ersten Brutversuch ( $0,46 \pm 1,11$  km, max. = 4,87 km, n = 19). In der Mehrzahl der Fälle (95,4 %, n = 217) verlegten die Vögel ihre Nester von einem Jahr zum nächsten weniger als einen Kilometer weit.

Die 217 Nester lagen in Höhenlagen zwischen 247 und 1087 m ü.M. Horstwechsel veränderten die Höhe des Nests von Jahr zu Jahr praktisch nicht (durchschnittliche Höhenveränderung =  $-2 \pm 30$  m, min. = -159 m nach unten, max. = 219 m nach oben). Dabei gab es nur kleine Unterschiede zwischen den Jahren. Die Unterschiede in der Nesthöhe über Meer zwischen den Brutsaisons variierten auch nur wenig zwischen erfahrenen Brutvögeln (Mittelwert =  $-2 \pm 34$  m, n = 198) und Vögeln nach ihrem ersten Brutversuch (Mittelwert =  $-15 \pm 40$  m, n = 19).

#### 2.1.3. Partnertreue

Bei 14 Rotmilanpaaren, die wir über zwei oder mehr Jahre verfolgen konnten ( $3,6 \pm 0,9$  Jahre, min. = 3 Jahre, max. = 5 Jahre), beobachteten wir keine Trennungen; alle Paare blieben zusammen. In fünf weiteren Fällen fiel der GPS-Logger eines Individuums des Paares aus. In vier dieser Fälle konnten wir einen Vogel mit nicht-funktionierendem Sender zusammen mit dem daten-

Tab. 1. Eiablagedatum von Rotmilanweibchen in den sechs Untersuchungsjahren (2015–2020). Der Eiablagetermin ( $\pm$  Standardabweichung in Anzahl Tagen) ist für jedes Untersuchungsjahr separat angegeben. Der Gesamt-Mittelwert (Total) stellt den Mittelwert der Jahresmittelwerte dar.

*Egg-laying dates of Red Kite females across the six study years (2015–2020). The egg-laying date ( $\pm$  SD) is given for each year. The total mean value represents the mean of the yearly means.*

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Durchschnittliches Eiablagedatum <i>Mean egg-laying date</i>	12.4. $\pm 11,6$	11.4. $\pm 11,84$	3.4. $\pm 9,41$	7.4. $\pm 8,14$	6.4. $\pm 13,04$	3.4. $\pm 9,84$	7.4. $\pm 10,59$
Frühestes Eiablagedatum <i>Earliest egg-laying date</i>	24.3.	24.3.	14.3.	22.3.	14.3.	17.3.	14.3.
Spätestes Eiablagedatum <i>Latest egg-laying date</i>	21.5.	20.5.	4.5.	2.5.	21.5.	13.5.	21.5.
Anzahl überwachter Bruten <i>Number of monitored broods</i>	40	100	142	119	126	137	664

Tab. 2. Bebrütungsdauer ( $\pm$  Standardabweichung) von Rotmilaneiern vom Bebrütungsbeginn bis zum Schlüpfen. Die Dauer (in Tagen) für das erstgelegte und die beiden folgenden Eier werden separat angegeben. Zusätzlich wird die Bebrütungsdauer vom letztgelegten Ei bis zum Schlüpfen des letzten Nestlings über alle Bruten angegeben (Total).  
*Duration of incubation ( $\pm$  SD) of Red Kite eggs from the start of incubation to hatching. The duration (in days) for the first-laid and the following eggs are given separately. Additionally, we calculated the duration from last egg laying to last hatching for all broods (total).*

	Erstes Ei <i>1<sup>st</sup> egg</i>	Zweites Ei <i>2<sup>nd</sup> egg</i>	Drittes Ei <i>3<sup>rd</sup> egg</i>	Total <i>total</i>
Durchschnittliche Bebrütungsdauer <i>Mean duration of incubation</i>	33,7 $\pm$ 0,7	32,1 $\pm$ 0,7	31,9 $\pm$ 1,3	31,8 $\pm$ 1,1
Kürzeste Bebrütungsdauer <i>Shortest duration of incubation</i>	32,7	30,7	30,2	30,2
Längste Bebrütungsdauer <i>Longest duration of incubation</i>	34,8	33,0	33,5	33,5
Anzahl der überwachten Eier/Nester <i>Number of monitored eggs/broods</i>	19	12	6	9

liefernden Partner beobachten, was darauf hindeutet, dass das Paar trotz Senderausfalls weiterhin zusammen brütete. In einem Fall konnten wir das Paar nach dem Senderausfall für eine weitere Brutsaison verfolgen. Danach verschwand der Vogel mit dem defekten Sender, und der zurückbleibende Vogel verpaarte sich mit einem neuen Partner ohne Sender. Aufgrund der hohen Partnertreue in dieser Population halten wir es für wahrscheinlich, dass der verschwundene Vogel gestorben war.

## 2.2. Brut: vor dem Schlüpfen

### 2.2.1. Wahl des Nestbaums und Ausrichtung des Nests

Zwischen 2015 und 2020 wurden insgesamt 699 Nester auf 16 verschiedenen Baumarten gefunden. Die meisten Nester wurden auf Fichten *Picea abies* (31,0 %), Buchen *Fagus sylvatica* (25,2 %), Weisstannen *Abies alba* (20,2 %), Stieleichen *Quercus robur* (8,6 %) und Waldkiefern *Pinus sylvestris* (5,6 %) gebaut, andere 11 Baumarten waren selten (<5 %). Die Nester befanden sich durchschnittlich auf  $25,3 \pm 5,2$  m über Boden (min. = 12,2 m, max. = 38,3 m, n = 300).

Von 161 Nestern waren Daten zur Exposition vorhanden, wovon 15 auf der Baumspitze erbaut wurden. Von den 146 restlichen Nestern waren Nord- und Südexposition mit jeweils 20 % Anteil deutlich übervertreten, während nordost-, ost- und südostorientierte Nester mit 3,4, 6,8 und 9,6 % Anteil untervertreten waren (Watson-Teststatistik für zirkuläre Homogenität = 0,56,  $p < 0,01$ , Abb. 1A).

Die Analyse der kleinräumigen Nestbaumwahl zeigte, dass Nestbäume deutlich dicker waren (BHD-Mittelwert =  $61,7 \pm 13,7$  cm, min. = 31 cm, max. = 109 cm, n = 40) als ungenutzte Referenzbäume (BHD-Mittelwert =  $41,5 \pm 15,3$  cm, min. = 20 cm, max. = 86 cm, n = 160, Abb. 1A); dicke Bäume wurden gegenüber dünneren deutlich bevorzugt (Abb. 1B). Weisstannen waren unter den 40 Nestbäumen deutlich übervertreten im Vergleich zum lokalen Angebot (Abb. 1C, genutzt: 12, ungenutzt: 16). Buchen und sonstige Baumarten wurden in etwa dem Angebot entsprechend genutzt (Buche genutzt: 13, ungenutzt: 82; sonstige Baumarten genutzt: 15, ungenutzt: 62, Abb. 1C). Die Kronendichte hatte keinen nennenswerten Einfluss auf die Nestbaumwahl. Da Stammdurchmesser und Baumart in getrennten Modellen analysiert werden mussten, lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht klar sagen, ob die Präferenz für Weisstannen arttypisch ist oder der hohen Stammdicke geschuldet ist.

### 2.2.2. Nestbau

Der durchschnittliche Beginn des Nestbaus war der 23. Februar  $\pm 17,0$  Tage (n = 13, frühestes Datum = 2. Februar, spätestes Datum = 1. April). Bei 13 Nestern konnten wir aufgrund der GPS-Sender das Geschlecht des nestbauenden Elternteils identifizieren. Die Geschlechter unterschieden sich nicht im Beginn des Nestbaus: Bei den Weibchen lag der Beginn des Nestbaus am 22. Februar  $\pm 17,3$  Tage (frühestes Datum = 8. Februar, spätestes Datum = 1. April), bei den Männchen am 24. Februar  $\pm 17,4$  Tage (frühestes Datum = 2. Februar, spätestes Datum = 1. April). Der Nestbau dauerte rund 35–40 Tage und die Beteiligung am Nestbau war recht ausgeglichen (Weibchen: 45 %, Männchen: 55 %, Abb. 2).





Abb. 3. In der Bebrütungsphase ist der Baummarker (links) gemeinsam mit der Rabenkrähe der Hauptprädator. In der Zeit des Ausfliegens und in den darauffolgenden Wochen sind die jungen Rotmilane vor allem durch Habichte gefährdet (rechts).  
*Pine Martens (left) and Carrion Crows are the main predators during the incubation phase, while young Red Kites are at elevated risk of being predated by Northern Goshawks (right) around the time of fledging and beyond.*

Tab. 3. Auflistung der Anzahl prädiertter Nester (pro Prädator), aufgeteilt nach Bebrütungsphase und Nestlingsphase. Es wird jeweils die Anzahl Ereignisse mit kompletter und partieller (nicht alle Eier/Nestlinge prädiert) Prädation angegeben. Für die Nestlingsphase wird das durchschnittliche Brutalter bei der Prädation ausgewiesen.  
*Summary of the number of predated nest (by predator), for predations that occurred during the incubation phase and during the nestling phase. The number of complete and partial (not all eggs/nestlings predated) is indicated.*

Prädator <i>predator</i>	Bebrütungsphase <i>incubation phase</i>		Nestlingsphase <i>nestling phase</i>			Total <i>total</i>
	komplett <i>complete</i>	partiell <i>partial</i>	komplett <i>complete</i>	partiell <i>partial</i>	mittleres Brut- alter <i>mean brood age</i>	
Rabenkrähe <i>Carrion Crow</i>	3	1	1	1	12	6
Uhu <i>Eurasian Eagle-owl</i>	–	–	–	1	38	1
Habicht <i>Northern Goshawk</i>	–	–	6	2	34	8
Baummarker <i>Pine Marten</i>	3	–	–	1	30	4
Total <i>total</i>	6	1	8	4	32	19

### 2.2.3. Eiablagedatum, Gelegegröße und Bebrütungsdauer

Das mittlere Datum der ersten Eiablage war der 7. April  $\pm$  10,6 Tage (frühestes Datum = 14. März, spätestes Datum = 21. Mai, n = 664 Nester). Wir fanden Unterschiede im Eiablagedatum zwischen den Jahren: 2015 und 2016 begann die Eiablage später als 2017 bis 2020 (Tab. 1). In den sechs Untersuchungsjahren wurde die Gelegegröße von 66 Bruten erfasst. Insgesamt lag die durchschnittliche Gelegegröße bei  $2,57 \pm 0,62$  Eiern (min. = 1 Ei, max. = 4 Eier). Bei den Jahren mit größe-

ren Stichproben zeigte 2018 einen etwas größeren Wert als 2019 (2018: Mittelwert =  $2,75 \pm 0,64$  Eier, min. = 1, max. = 4; 2019: Mittelwert =  $2,48 \pm 0,69$  Eier, min. = 1, max. = 4). Die Bebrütungsdauer des erstgelegten Eies war länger als diejenige des zweit- und drittgelegten Eies (Tab. 2).

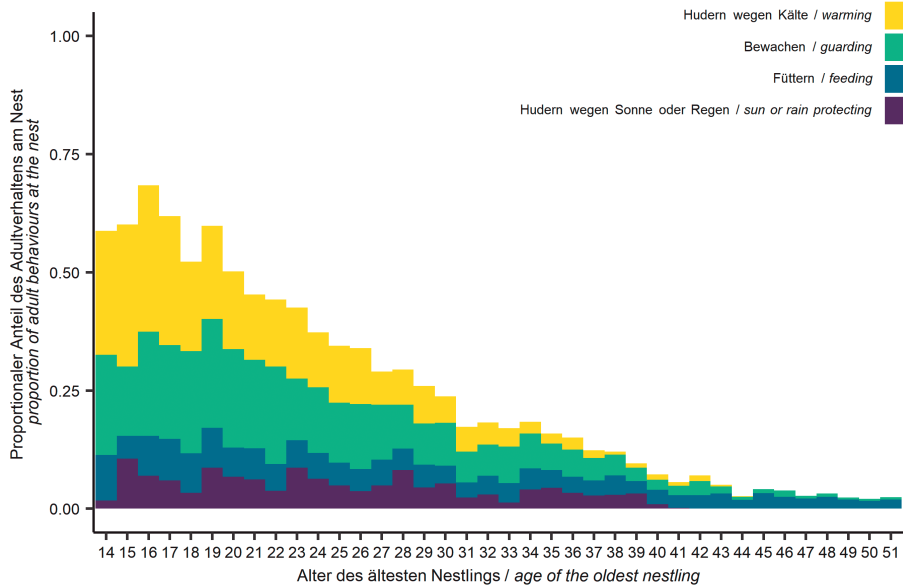


Abb. 4. Gestapelte Anteile der beobachteten Verhalten der Elternvögel am Nest mit zunehmendem Nestlingsalter (n = 6088 Beobachtungen auf Nestkamerabildern) basierend auf minutlich aufgenommenen Bildern von Wildtierkameras.  
*Stacked proportions of observed adult Red Kite behaviours at the nest at different nestling ages (n = 6088 observations on nest camera images) based on images taken by wildlife camera traps in one-minute intervals.*



Abb. 5. Während die Adultvögel bei jüngeren Nestlingen noch häufig hudern (links), beschränkt sich die Präsenz der Adultvögel am Nest bei älteren Nestlingen auf Fütterungen und gelegentliches Bewachen der Nachkommen (rechts).  
*While nestlings are often being protected against rain at younger age (left), parents of older nestlings only return to the nest for prey deliveries and occasional guarding of the brood (right).*

### 2.2.4. Zeitintervalle zwischen Eiern und Nestlingen

Das Zeitintervall zwischen gelegten Eiern war  $72,3 \pm 4,6$  Stunden (min. = 66,2 Stunden, max. = 88,5 Stunden, n = 31 Intervalle). Es gab keine nennenswerten Unterschiede zwischen Gelegen unterschiedlicher Grösse (Zweierbrut: Mittelwert =  $71,0 \pm 2,8$  Stunden, n = 7; Dreierbrut, Ei 1 und 2: Mittelwert =  $72,7 \pm 4,4$  Stunden, n = 12; Dreierbrut, Ei 2 und 3: Mittelwert =  $72,9 \pm 6,2$  Stunden, n = 10). Die Zeitintervalle zwischen dem Schlüpfen aufeinanderfolgender Nestlinge in einer Brut waren generell kürzer und wiesen eine grössere

Streuung auf als die Zeitintervalle zwischen den gelegten Eiern (Mittelwert Schlüpfen =  $51,9 \pm 18,1$  Stunden, min. = 21,6 Stunden, max. = 116,2 Stunden, n = 39). Die Schlupfintervalle waren länger zwischen den zwei Eiern in Zweierbruten als zwischen den ersten zwei Eiern in Dreierbruten (Zweierbruten: Mittelwert =  $53,8 \pm 16,8$  Stunden, n = 9; Dreierbruten, Ei 1 und 2: Mittelwert =  $28,9 \pm 19,6$  Stunden, n = 17) und länger zwischen dem zweiten und dritten Ei in Dreierbruten als zwischen den ersten beiden Eiern (Dreierbruten, Ei 2 und 3: Mittelwert =  $73,0 \pm 23,2$  Stunden, n = 13).

Tab. 4. Ausflugsalter ( $\pm$  Standardabweichung) der Rotmilan-Nestlinge. Das Alter (in Tagen) beim ersten Verlassen des Nests und das Alter bei der ersten Nacht ausserhalb des Nests werden für erst-, zweit- und drittgeschlüpfte Nestlinge angegeben. Beim Alter gilt der Schlupftag als Tag 0.

*Fledging age ( $\pm$  SD) of Red Kite nestlings. Given is the age (in days) when nestlings left the nest for the first time and the age when nestlings stayed overnight outside the nest for the first-, second-, and third-hatched nestlings. Age values are calculated by counting the hatching day as day zero.*

	Verlassen des Nests <i>Leaving the nest</i>				Nachtabsenheit <i>Overnight absence</i>			
	Erst <i>1<sup>st</sup></i>	Zweit <i>2<sup>nd</sup></i>	Dritt <i>3<sup>rd</sup></i>	Total <i>total</i>	Erst <i>1<sup>st</sup></i>	Zweit <i>2<sup>nd</sup></i>	Dritt <i>3<sup>rd</sup></i>	Total <i>total</i>
Durchschnittliches Alter <i>Mean age</i>	47,0 $\pm$ 3,3	46,9 $\pm$ 4,8	41,7 $\pm$ 1,2	46,6 $\pm$ 4,0	51,0 $\pm$ 3,2	53,2 $\pm$ 4,0	55,0 $\pm$ 2,2	52,1 $\pm$ 3,6
Frühestes Alter <i>Earliest age</i>	42	41	41	41	42	49	52	42
Spätestes Alter <i>Latest age</i>	53	57	43	57	57	62	57	62
Anzahl überwachter Nestlinge <i>Number of monitored nestlings</i>	21	13	3	37	27	15	4	46

## 2.2.5. Nestprädation

Die Rabenkrähe *Corvus corone* war der Hauptprädator während der Bebrütungsphase (Tab. 3). Während der Nestlingsphase war der Habicht *Accipiter gentilis* der am häufigsten beobachtete Räuber. Baumrarder *Martes martes* und Uhu *Bubo bubo* wurden nur wenige Male als Nesträuber beobachtet. Der grösste Teil der Prädation (hauptsächlich durch den Habicht) erfolgte in der späteren Nestlingsphase oder sogar in der Zeit des Flüggewerdens.

## 2.3. Brut: nach dem Schlüpfen

### 2.3.1. Brutpflegeverhalten am Nest

Die Anwesenheit der Altvögel am Nest nahm mit zunehmendem Alter der Nestlinge ab ( $n = 95$  Nester; Abb. 4). Bei Bruten mit Nestlingen im Alter von 15–20 Tagen war mindestens einer der Altvögel in  $58,7 \pm 6,6$  % der im Minutenintervall aufgenommenen Wildtierkamerabilder am Nest anwesend. Bei Bruten mit Nestlingen im Alter von 45–50 Tagen lag die Anwesenheit bei  $3,1 \pm 0,8$  %. Auf dem Nest nahm der Anteil des Wärmeverhaltens mit zunehmendem Alter ab, während der Anteil Fütterungs- und Schutzverhalten zunahm. Gegen Ende der Nestlingszeit wurde während der Anwesenheit am Nest fast ausschliesslich gefüttert.

### 2.3.2. Ausflugsdaten und Geschlechterverhältnis beim Ausfliegen

Nestlinge verliessen das Nest zum ersten Mal im Alter von  $46,6 \pm 4,0$  Tagen ( $n = 37$  Nestlinge) und starteten in die Ästlingsphase (Tab. 4). Wenige Tage später verbrachten sie zum ersten Mal die Nacht ausserhalb des Nests (Alter =  $52,1 \pm 3,6$  Tage,  $n = 46$  Nestlinge). Das Geschlechterverhältnis kurz vor dem Ausfliegen war ausgeglichen und zeigte wenig Variation zwischen den Jahren (Anteil Männchen: Mittelwert = 0,49, 95 % CI = 0,45–0,53,  $n = 363$  Bruten).

### 2.3.3. Nahrungsspektrum

Wir haben 704 Beutestücke aus 11 Bruten ( $64 \pm 30,1$  Beutestücke pro Nest) in einem Jahr erfasst. Insgesamt waren Mäuse die häufigste Beutegruppe (33,1 %), gefolgt von Invertebraten (24,0 %), Vogelnestlingen (17,3 %), anthropogener Nahrung (8,1 %), Vögeln (4,5 %), Nicht-Maus-Säugetieren (2,2 %) und Amphibien (2,1 %). Ein kleiner Teil (8,5 %) der Beutestücke konnte nicht identifiziert werden. Die Zusammensetzung der Nahrung variierte von Nest zu Nest deutlich, insbesondere die Anteile an Mäusen, Invertebraten, Vogelnestlingen und anthropogener Nahrung (Abb. 6). Mäuse waren in sechs Nestern die häufigste Beutegruppe, Invertebraten in drei Nestern und Vogelnestlinge in zwei Nestern.

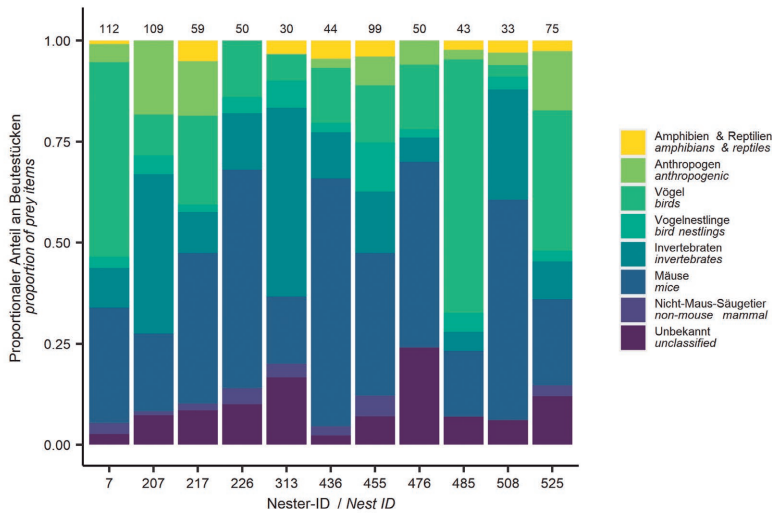


Abb. 6. Eingetragene Nestlingsnahrung an 11 beobachteten Rotmilannestern im Jahr 2019. Die Balken repräsentieren den relativen Anteil der Beutegruppe pro Nest. Die Zahlen oberhalb der Balken sind die Stichprobengrösse pro Nest. *Stacked proportions of prey types delivered by adult Red Kites per observed nest in 2019. Sample sizes per nest are indicated above their respective bars.*

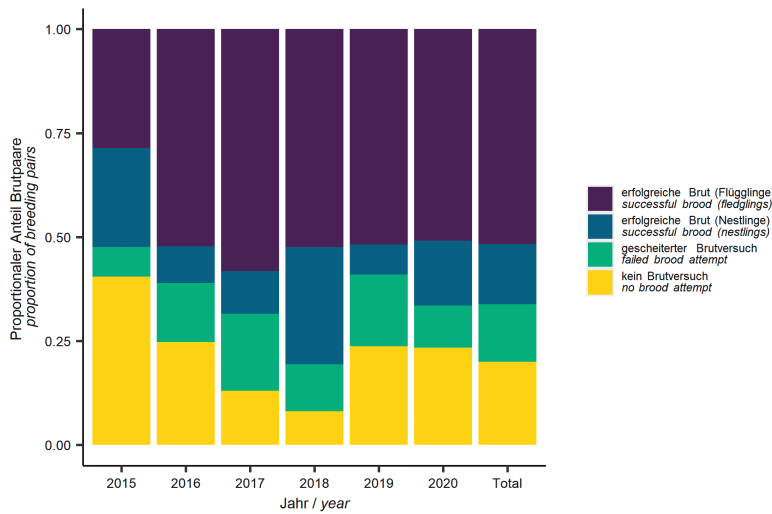


Abb. 7. Jährliche und durchschnittliche Anteile von Brutpaaren, die keinen (gelb), einen gescheiterten (grün) oder einen erfolgreichen Brutversuch unternommen haben. Erfolgreiche Brutversuche wurden unterteilt in Bruten, bei denen nur Nestlinge beobachtet werden konnten (blau) und solche mit Nachweisen von flüggen Jungen (violett). *Distribution of breeding attempts per year and averaged across all years. Given is the proportion of pairs that did not attempt to breed (yellow), tried but failed (green), or had a successful breeding attempt. Successful breeding attempts are split into attempts where only nestlings were observed (blue) or where fledglings were observed (purple).*

### 2.3.4. Bruterfolg

Im Durchschnitt unternahm 20 % der Brutpaare (min. = 8 %, max. = 30 %) gar keinen Brutversuch, oder ein Brutversuch war aufgrund einer schnellen Brutaufgabe nicht feststellbar (Abb. 7). Die jährliche Schwankung in der Anzahl Brutpaare ohne Brutversuch war gross und führte zu erheblichen Unterschieden in der Beurteilung des Reproduktionserfolgs, je nachdem, ob die Anzahl Brutpaare, Brutversuche oder erfolgreiche Bruten betrachtet wurde (Tab. 5). So lag die Brutgrösse pro erfolgreiche Brut bei durchschnittlich  $1,83 \pm 0,67$  Nestlingen, während die Brutgrösse bezogen auf alle Brutpaare lediglich  $1,2 \pm 1,02$  Nestlinge betrug.

Der Anteil an erfolgreichen Bruten mit Flügglingsen über alle Brutpaare betrug im Durchschnitt  $49 \pm 9,2$  % und variierte jährlich nur wenig. Im Gegensatz dazu war der Anteil Brutverluste während der Nestlingsphase sehr variabel ( $15,7 \pm 7,9$  %). Diese Bruten werden in vielen Studien, die auf Beringung oder Nestbeobachtung basieren, ebenfalls zu den erfolgreichen Bruten gezählt, was zu weiteren Unterschieden in der Beurteilung des Reproduktionserfolgs zwischen Studien führen kann (Tab. 5).

Tab. 5. Bruterfolg in den sechs Untersuchungsjahren (2015–2020). Bruterfolgsdaten werden pro Brutpaar (Revierpaar mit Nest), pro Brutversuch (Nachweis Bebrütung) und pro erfolgreiche Brut angegeben.  
*Values of reproductive output for the six study years (2015–2020). Reproductive output is given per breeding pair, per breeding attempt and per successful brood.*

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Anzahl überwachter Brutpaare <i>Number of monitored breeding pairs</i>	42	113	146	124	139	167	731
Brutversuche pro Brutpaar <i>Attempted broods per breeding pair</i>	0,60	0,75	0,87	0,92	0,76	0,77	0,80
Erfolgreiche Bruten pro Brutversuch <i>Successful broods per attempted broods</i>	0,88	0,81	0,79	0,88	0,77	0,87	0,83
Erfolgreiche Bruten pro Brutpaar <i>Successful broods per breeding pair</i>	0,52	0,61	0,68	0,81	0,59	0,66	0,66
Nestlinge pro Brutpaar <i>Nestlings per breeding pair</i>	0,86 ± 0,93	1,02 ± 0,95	1,39 ± 1,11	1,6 ± 1,05	1,17 ± 1,13	1,13 ± 0,95	1,2 ± 1,02
Nestlinge pro Brutversuch <i>Nestlings per attempted brood</i>	1,44 ± 0,77	1,35 ± 0,87	1,6 ± 1,04	1,74 ± 0,98	1,54 ± 1,05	1,48 ± 0,81	1,53 ± 0,92
Nestlinge pro erfolgreiche Brut <i>Nestlings per succesful brood</i>	1,64 ± 0,58	1,67 ± 0,63	2,01 ± 0,73	2 ± 0,76	1,99 ± 0,73	1,7 ± 0,61	1,83 ± 0,67
Flügglinge pro Brutpaar <i>Fledglings per breeding pair</i>	0,4 ± 0,7	0,77 ± 0,85	1,12 ± 1,1	0,98 ± 1,06	0,86 ± 0,96	0,79 ± 0,87	0,82 ± 0,92
Flügglinge pro Brutversuch <i>Fledglings per attempted brood</i>	0,68 ± 0,8	1,02 ± 0,83	1,28 ± 1,08	1,06 ± 1,07	1,12 ± 0,95	1,03 ± 0,86	1,03 ± 0,93
Flügglinge pro erfolgreiche Brut <i>Fledglings per succesful broods</i>	1,42 ± 0,51	1,47 ± 0,57	1,92 ± 0,73	1,86 ± 0,7	1,65 ± 0,67	1,39 ± 0,7	1,62 ± 0,65

### 3. Diskussion

Die intensive Überwachung von Rotmilanbruten in dieser Studie ermöglicht die Beleuchtung von unterschiedlichsten Aspekten der Brutbiologie des Rotmilans und legt ein wichtiges Fundament für vergleichende Studien und weiterführende Untersuchungen der Mechanismen, die den beobachteten Mustern zugrunde liegen.

#### 3.1. Reproduktion im Vergleich

Die Rotmilanpopulation in der Westschweiz ist in den letzten Jahrzehnten stetig angewachsen (Cercle ornithologique de Fribourg 1993). Das Habitat im Untersuchungsgebiet scheint eine hohe Brutpaardichte und noch höhere Revierdichte zu ermöglichen. So gehören die vorgefundenen Brutpaardichten im internationalen Vergleich zu den höchsten bisher dokumentierten Werten (Aebischer und Scherler 2021). Lediglich auf Korsika (75 Paare/100 km<sup>2</sup>, Mougeot und Bretagnolle 2006) und den Chiltern Hills in England (58 Paare/100 km<sup>2</sup>, Wotton et al. 2010) wurden bislang höhere Dichten nachgewiesen, jedoch auf im Vergleich zu unserem Untersuchungsgebiet (388 km<sup>2</sup>) deutlich kleineren Flächen von 42 km<sup>2</sup> und 100 km<sup>2</sup>. Trotz oder vielleicht auch wegen der hohen Dichte an Brutpaaren waren die festge-

stellten Reproduktionszahlen pro Brutpaar verglichen mit anderen Populationen nur durchschnittlich (siehe Zusammenstellung in Aebischer und Scherler 2021). Die Schwankungen zwischen den Jahren waren erheblich. Das betrifft vor allem den Prozentsatz der Paare ohne Brutversuch. Mit Ausnahme des Pilotjahres 2015 blieb die Rate der erfolgreichen Bruten mit Flügglingen ziemlich konstant. Die tieferen Werte im Jahr 2015 könnten auf eine geringere Auffindewahrscheinlichkeit schließen lassen. In den Folgejahren waren dann bereits viele Neststandorte bekannt und daher einfacher zu überwachen. Es wurden insgesamt nur wenige Prädatorensereignisse festgestellt. Gleichzeitig scheiterten im Durchschnitt nur 17 % der Brutversuche. Selbst wenn sämtliche nicht-erfolgreichen Brutversuche auf Prädatorensereignisse zurückzuführen wären, scheint die Prädatorenrate verglichen mit Populationen in Mitteldeutschland verhältnismässig gering zu sein. Im Raum Göttingen wurden 30 % der Nestlinge kurz vor dem Flüggewerden prädiert, meist durch Habichte (Wasmund 2013). Hinzu kommt wohl ein beachtlicher Anteil an frühen Brutaufgaben, die durch Waschbären verursacht werden, der in der Schweiz bislang kein nennenswertes Vorkommen hat und in unserem Untersuchungsgebiet nicht vorkommt. Vor dem Schlüpfen scheinen in der Westschweiz vor allem Krähen und Baumrarder

als Prädatoren aufzutreten, wobei die Brut wohl meist erfolgreich verteidigt wird und Brutverluste primär auf ungünstige Wetterbedingungen zurückzuführen sind (Nägeli et al. 2022). Aufgrund der hohen Brutpaardichte in Kombination mit einer durchschnittlichen Reproduktion erzeugt die Westschweizer Rotmilanpopulation regional eine hohe Zahl an ausgeflogenen Jungvögeln, was für den positiven Populationstrend in der Region mitverantwortlich sein dürfte und auch zur nationalen Zunahme beitragen könnte. Die Rate der Todesfälle und die räumliche Dynamik im Verhalten der Jungmilane in den folgenden Lebensphasen bis zur Ansiedlung mit dem ersten Brutversuch werden momentan im Rahmen des Vogelwarte-Projekts und eines europäischen LIFE-Projekts eingehend untersucht.

### 3.2. Ein erfolgreicher Opportunist

Die Resultate aus der vorliegenden umfangreichen Feldstudie beleuchten nicht nur die Reproduktionsraten auf Populationsebene, sie festigen auch das Bild einer ökologisch äusserst opportunistischen Art. So bestätigen die Beobachtungen mittels Wildtierkameras am Nest ein heterogenes und hochvariables Nahrungsspektrum während der Brutsaison, wie es in unterschiedlichster Zusammensetzung bereits in einer Vielzahl von Studien nachgewiesen werden konnte. Charakteristisch für die Population in der Westschweiz ist ein hoher Anteil an anthropogenen Bestandteilen in der Nestlingsnahrung. Der Ursprung dieser Nahrung liegt mehrheitlich in den zahlreichen direkten und indirekten Fütterungen durch Menschen (Cereghetti et al. 2019), von denen der Rotmilan im Vergleich zu anderen Aasfressern überdurchschnittlich profitiert (Welti et al. 2019). Es ist davon auszugehen, dass dieses zusätzliche Futterangebot gerade in Jahren mit schlechtem natürlichem Nahrungsvorkommen als Puffer genutzt werden kann (Milanesi et al. in Vorbereitung). Ebenfalls sehr heterogen ist die Auswahl der Nestbäume, wobei die leichte Bevorzugung der Weissstanne wohl eher auf die Lage des Studiengebiets zurückzuführen ist als auf eine eigentliche Präferenz der Milane (Aebischer und Scherler 2021). Die hier gefundene Präferenz für dicke Bäume ist jedoch auch aus anderen Studien bekannt und unterstreicht die Wichtigkeit älterer Baumbestände (Dobler 1990, Kolbe und Nicolai 2017).

### 3.3. Neue Einblicke

Die Kombination von visuellen Beobachtungen, Nestüberwachung mit Kameras und Nestkontrollen durch Besteigung der Horste war sehr personal- und zeitintensiv und ist wohl für die wenigsten Monitoring-Projekte im selben Umfang zu leisten. Umso wertvoller sind die neu gewonnenen Erkenntnisse zu ansonsten kaum dokumentierten Aspekten der Brutbiologie des Rotmilans. Insbesondere gilt dies für die detaillierte Analyse der Aufteilung des Nestbaus zwischen Männchen und Weibchen sowie für Erkenntnisse zum Verhalten der Altvögel am Nest im Laufe der Jungenaufzucht. Ebenfalls konnten erstmals störungsarm und mit grosser Genauigkeit für eine grosse Stichprobe von Brutpaaren der genaue Zeitpunkt der Eiablage sowie die Eiablage-, Bebrütungs- und Schlupfintervalle dokumentiert werden. Die Resultate zeigen, dass der Prozess des Flüggewerdens eine grosse interindividuelle Varianz aufweist und die Ästlingsphase lange andauern kann. Auch Flügglinge, die das Nest bereits verlassen haben, kehren oft ins Nest zurück, insbesondere um dort die Nacht zu verbringen. Dies erschwert die Beurteilung des Ausflugdatums mittels Distanzbeobachtung erheblich. Da das Ausfliegen beim Rotmilan einen kontinuierlichen Prozess und nicht einen klaren Schnitt in der Lebensgeschichte darstellt, ist es schwierig, den Ausflugszeitpunkt und somit auch die Dauer der Nestlingsphase zu erfassen. Durch die intensive Überwachung von Brutpaaren und Nestern gelang es, auch Revierpaare zu eruieren, die keinen Brutversuch unternommen hatten oder die die Brut früh verloren hatten.

Die hohe zeitliche Auflösung der Informationen zum Brutgeschehen ermöglichte auch eine detaillierte Aufschlüsselung des Bruterfolgs und damit den Vergleich verschiedener Schätzungen der Produktivität der Studienpopulation. Dabei wird deutlich, dass die Ermittlung des Bruterfolgs stark von Studiendesign und Erhebungsmethode abhängt. So unterscheiden sich Bruterfolgswerte, die auf Basis von Ausflugbeobachtungen gemacht werden, stark von denjenigen, die auf Grundlage der angetroffenen Anzahl Nestlinge bei der Beringung ermittelt werden. Bei der Produktivität verändert der Einbezug von Brutpaaren mit frühen Brutverlusten oder ohne Brutversuch die Werte stark. Die Schwankungen durch methodische Unterschiede sind dabei grösser als die jährlichen Schwankungen. Es ist daher für vergleichende Studien ausschlaggebend, dass selbst geläufige Begriffe wie «Brutpaar» im Kontext der jeweiligen Studie genau definiert und die Erfassungsmethoden detailliert beschrieben werden. Es wäre erstrebenswert, die hier gewonnenen Daten mit jenen aus vergleichbaren Studien aus anderen Rotmilan-Populationen zu kombinieren, oder durch neue, analoge Erhebungen zu ergänzen, um vergleichende Studien zur

Brutbiologie über das gesamte Verbreitungsgebiet des Rotmilans zu ermöglichen. Dazu wird es allerdings erforderlich sein, standardisierte Erfassungsmethoden zu definieren und anzuwenden.

## Dank

Wir möchten uns herzlich bei allen Feldassistentinnen und -assistenten bedanken, die über die Jahre mit viel Elan, unermesslicher Geduld und harter Arbeit dazu beigetragen haben, diese grossartige Datengrundlage zu erarbeiten. Wir bedanken uns beim Schweizerischen Nationalfonds für die Mitfinanzierung des Projekts. Pascal «Paco» Grand hat uns 2015 mit seinen Kletterkünsten zu einem erfolgreichen Start in die Beringung verholfen. Laurent Broch war uns behilflich in der Aufarbeitung der Beringungsdaten. Anita Perler und weiteren lokalen Ornithologinnen und Ornithologen möchten wir herzlich danken für die vielen Nesthinweise. Ebenso möchten wir den Land- und Waldbesitzern herzlich für ihre Geduld und Kooperation danken. Das Team des Besucherzentrums der Schweizerischen Vogelwarte und Bruno Meyer haben uns tatkräftig unterstützt bei der Analyse von hunderten Stunden Videos und von Millionen Bildern der Wildtierkameras. Herzlichen Dank!

## Abstract

Scherler P, van Bergen V, Catitti B, Kormann U, Witczak S, Anderegg M, Herzog JS, Aebischer A, Roth N, Gruebler MU (2023) Breeding biology of the Red Kite *Milvus milvus* in the foothills of the Alps of Western Switzerland. Ornithologischer Beobachter 120: 276–292.

Reproduction is a central element in the life of birds: it directly determines fitness. Gathering information on the reproductive biology and performance of individuals and populations is, therefore, the basis for answering many ecological, evolutionary, and management-relevant questions. We present a comprehensive overview of the breeding biology parameters of a population of Red Kites in western Switzerland, collected between 2015 and 2020. We group these parameters as (1) breeding population metrics (e.g., brood density, nest turnover, partner fidelity), (2) pre-hatching metrics (e.g., nest-tree characteristics, nesting behaviour, egg-laying phenology, clutch sizes), and (3) post-hatching metrics (e.g., brood care, fledging dates, diet, breeding success, productivity). The results show that the study region harbours one of the highest breeding densities of the species worldwide. The breeding success of pairs was about average, compared to other populations, and we observed strong annual variation in the proportion of pairs without breeding attempt. The diet of nestlings consisted of a considerable proportion of items of anthropogenic origin. Our data provide an important base for comparative studies and further investigation on the mechanisms underlying the observed patterns.

## Literatur

- Aebischer A (2009) Der Rotmilan: ein faszinierender Greifvogel. Haupt, Bern.
- Aebischer A, Scherler P (2021) Der Rotmilan: ein Greifvogel im Aufwind. 1. Auflage. Haupt Verlag, Bern.
- Agostinelli C, Lund U (2017) R Package 'Circular': Circular Statistic.
- Andereggen M (2020) Prey delivery rate and diet composition of red kites in Switzerland. Masterarbeit, Universität Basel.
- Austin SH, Robinson WD, Ellis VA, Rodden Robinson T, Ricklefs RE (2019) Nest attendance by tropical and temperate passerine birds: Same constancy, different strategy. *Ecology and Evolution* 9: 13555–13566.
- Badyaev AV, Ghalambor CK (2001) Evolution of life histories along elevational gradients: trade-off between parental care and fecundity. *Ecology* 82: 2948–2960.
- Baucks C (2018) The effects of food supplementation on range use of breeding red kites in Switzerland. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- BirdLife International (2020) *Milvus milvus*. The IUCN Red List of threatened species 2020. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T22695072A181651010.en> (aufgerufen am 28. Oktober 2022).
- Boyer AG, Cartron J-LE, Brown JH (2010) Interspecific pairwise relationships among body size, clutch size and latitude: deconstructing a macroecological triangle in birds. *Journal of Biogeography* 37: 47–56.
- Boyle WA, Sandercock BK, Martin K (2016) Patterns and drivers of intraspecific variation in avian life history along elevational gradients: a meta-analysis. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 91: 469–482.
- Brawn JD, Angehr G, Davros N, Robinson WD, Styrsky JN, Tarwater CE (2011) Sources of variation in the nesting success of understory tropical birds. *Journal of Avian Biology* 42: 61–68.
- Capilla-Lasheras P, Thompson MJ, Sánchez-Tójar A, Haddou Y, Branston CJ, Réale D, Charmantier A, Dominoni DM (2022) A global meta-analysis reveals higher variation in breeding phenology in urban birds than in their non-urban neighbours. *Ecology Letters* 25: 2552–2570.
- Carter I (2019) The Red Kite reintroduction: thirty years on. *British Birds* 112: 422–426.
- Cercle ornithologique de Fribourg (1993) Atlas des oiseaux nicheurs du canton de Fribourg et de la Broye vaudoise – Verbreitungsatlas der Brutvögel des Kantons Freiburg. Cercle ornithologique de Fribourg, Fribourg.
- Cereghetti E, Scherler P, Fattebert J, Grüebler MU (2019) Quantification of anthropogenic food subsidies to an avian facultative scavenger in urban and rural habitats. *Landscape and Urban Planning* 190: 103606.
- Crick HQ, Baillie SR, Leech DI (2016) The UK Nest Record Scheme: its value for science and conservation. *Bird Study* 50: 254–270.
- Crick HQP, Sparks TH (1999) Climate change related to egg-laying trends. *Nature* 399: 423.
- Dobler G (1990) Brutbiotop und Territorialität bei Habicht (*Accipiter gentilis*) und Rotmilan (*Milvus milvus*). *Journal für Ornithologie* 131: 85–93.
- Evans IM, Pienkowski MW (1991) World status of the Red Kite: a background to the experimental reintroduction to England and Scotland. *British Birds* 84: 171–189.
- Fazey I, Fischer J, Lindenmayer DB (2005) What do conservation biologists publish? *Biological Conservation* 124: 63–73.
- Fridolfsson A-K, Ellegren H (1999) A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds. *Journal of Avian Biology* 30: 116.
- Hampton SE, Wheeler TA (2012) Fostering the rebirth of natural history. *Biology Letters* 8: 161–163.
- Hijmans RJ (2019) R package geosphere: Spherical Trigonometry. <https://CRAN.R-project.org/package=geosphere>.
- Hille SM, Cooper CB (2015) Elevational trends in life histories: revising the pace-of-life framework. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 90: 204–213.
- Katzenberger J (2019) Verbreitungsbestimmende Faktoren und Habitateignung für den Rotmilan *Milvus milvus* in Deutschland. *Vogelwelt* 139: 117–128.
- Keller V, Herrando S, Voříšek P, Franch M, Kipson M, Milanese P, Martí D, Anton M, Klvaňová A, Kalyakin MV, Bauer H-G, Foppen RP (2020) European Breeding Bird Atlas 2: distribution, abundance and change. European Bird Census Council and Lynx Edicions, Barcelona.
- Knaus P, Antoniazza S, Wechsler S, Guélat J, Kéry M, Strebel N (2018) Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Kolbe M, Nicolai B (2017) Der Rotmilan *Milvus milvus* und andere Greifvögel (Accipitridae) im nordöstlichen Harzvorland – Situation 2016. *Ornithologische Jahresberichte des Museum Heineanum* 34.
- Lambrechts MM, Wiebe KL, Sunde P, Solonen T, Sergio F, Roulin A, Møller AP, López BC, Fargallo JA, Exo K-M, Dell’Omo G, Costantini D, Charter M, Butler MW, Bortolotti GR, Arlettaz R, Korpimäki E (2012) Nest box design for the study of diurnal raptors and owls is still an overlooked point in ecological, evolutionary and conservation studies: a review. *Journal of Ornithology* 153: 23–34.
- Lu X (2015) Hot genome leaves natural histories cold. *Science (New York, N.Y.)* 349: 1064.
- Martin TE (1995) Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation, and food. *Ecological Monographs* 65: 101–127.
- Martin TE (2004) Avian life-history evolution has an eminent past: does it have a bright future? *The Auk* 121: 289–301.
- Martin TE, Martin PR, Olson CR, Heidinger BJ, Fontaine JJ (2000) Parental care and clutch sizes in North and South American birds. *Science (New York, N.Y.)* 287: 1482–1485.
- Mattsson BJ, Mateo-Tomás P, Aebischer A, Rösner S, Kunz F, Schöll EM, Åkesson S, Rosa D de, Orr-Ewing D, de la Bodega D, Ferrer M, Gelpke C, Katzenberger J, Maciorowski G, Mammen U, Kolbe M, Millon A, Mionnet A, de la Puente J, Raab R, Vyhnał S, Ceccolini G, Godino A, Crespo-Luengo G, Sanchez-Agudo JA, Martínez J, Iglesias-Lebrija JJ, Ginés E, Cortés M, Deán JI, Calmaestra RG, Dostál M, Steinborn E, Viñuela J (2022) Enhancing monitoring and transboundary collaboration for conserving migratory species under global change: the priority case of the red kite. *Journal of Environmental Management* 317: 115345.
- Mougeot F, Bretagnolle V (2006) Breeding biology of the Red Kite *Milvus milvus* in Corsica. *Ibis* 148: 436–448.



- Nachtigall W, Stubbe M, Herrmann S (2003) Aktionsraum und Habitatnutzung des Rotmilans (*Milvus milvus*) im Winter – eine telemetrische Studie im Nordharzvorland. *Journal of Ornithology* 144: 284–294.
- Naef-Daenzer B, Gruebler MU (2016) Post-fledging survival of altricial birds: ecological determinants and adaptation. *Journal of Field Ornithology* 87: 227–250.
- Nägeli M (2019) The quantity and quality of nestlings: how food supplementation and environmental factors influence reproductive traits of Red Kites. MSc-Thesis, Universität Zürich.
- Nägeli M, Scherler P, Witczak S, Catitti B, Aebischer A, van Bergen V, Kormann U, Gruebler MU (2022) Weather and food availability additively affect reproductive output in an expanding raptor population. *Oecologia* 198: 125–138.
- Orros ME, Fellowes MDE (2015) Widespread supplementary feeding in domestic gardens explains the return of reintroduced Red Kites *Milvus milvus* to an urban area. *The Ibis* 157: 230–238.
- QGIS Development Team (2022) QGIS Geographic Information System. QGIS Association.
- R Core Team (2020) R: a language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/> (aufgerufen am 25. Juni 2020).
- Remes V, Martin TE (2002) Environmental influences on the evolution of growth and developmental rates in passerines. *Evolution: International Journal of Organic Evolution* 56: 2505–2518.
- Reynolds JD, Székely T (1997) The evolution of parental care in shorebirds: life histories, ecology, and sexual selection. *Behavioral Ecology* 8: 126–134.
- Roff DA, Remes V, Martin TE (2005) The evolution of fledging age in songbirds. *Journal of Evolutionary Biology* 18: 1425–1433.
- Scherler P (2020) Drivers of departure and prospecting in dispersing juvenile Red Kites (*Milvus milvus*). Dissertation, Universität Zürich.
- Schweizerische Vogelwarte Sempach (2022) Mechanismen der Populationsdynamik beim Rotmilan. <https://www.vogelwarte.ch/de/projekte/oekologische-forschung/mechanismen-der-populationsdynamik-beim-rotmilan> (aufgerufen am 28. Oktober 2022).
- Sergio F, Tanferna A, Chicano J, Blas J, Tavecchia G, Hiraldo F (2019) Protected areas under pressure: decline, redistribution, local eradication and projected extinction of a threatened predator, the red kite, in Doñana National Park, Spain. *Endangered Species Research* 38: 189–204.
- Sieder S (2018) Fast food, slow birds – a trade-off between foraging and nest attendance modulates parental mobbing in a long-lived raptor. MSc-Thesis, Universität für Bodenkultur Wien.
- Smart J, Amar A, Sim IM, Etheridge B, Cameron D, Christie G, Wilson JD (2010) Illegal killing slows population recovery of a re-introduced raptor of high conservation concern – the red kite *Milvus milvus*. *Biological Conservation* 143: 1278–1286.
- StatA AfS (2017) Statistisches Jahrbuch des Kantons Freiburg 2018. 47. Auflage. Amt für Statistik, Freiburg.
- Umlauf N, Klein N, Zeileis A (2018) BAMLSS: Bayesian additive models for location, scale, and shape (and beyond). *Journal of Computational and Graphical Statistics* 27: 612–627.
- Wasmund N (2013) Der Rotmilan (*Milvus milvus*) im Unteren Eichsfeld: Brutbestand, Nahrungsökologie und Gefährdungsursachen. Dissertation, Georg-August-Universität.
- Welti N, Scherler P, Gruebler MU (2019) Carcass predictability but not domestic pet introduction affects functional response of scavenger assemblage in urbanized habitats. *Functional Ecology* 35: 302.
- Wesolowski T (2011) Reports from nestbox studies: a review of inadequacies. *Acta Ornithologica* 46: 13–17.
- Wiersma P, Muñoz-García A, Walker A, Williams JB (2007) Tropical birds have a slow pace of life. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 9340–9345.
- Witczak S (2023) Drivers and consequences of partial migration in the Red Kite (*Milvus milvus*). Dissertation, Universität Zürich.
- Wotton SR, Carter I, Cross AV, Etheridge B, Snell N, Duffy K, Thorpe R, Gregory RD (2010) Breeding status of the Red Kite *Milvus milvus* in Britain in 2000. *Bird Study* 49: 278–286.
- Xiao H, Hu Y, Lang Z, Fang B, Guo W, Zhang Q, Pan X, Lu X (2017) How much do we know about the breeding biology of bird species in the world? *Journal of Avian Biology* 48: 513–518.
- Zondervan-Zwijenburg MAJ (2021) ANOVAreplication: test ANOVA replications by means of the prior predictive p-value. <https://CRAN.R-project.org/package=ANOVAreplication>.

Manuskript eingegangen am 29. Oktober 2022

## Autorinnen und Autoren

Patrick Scherler, Valentijn van Bergen, Benedetta Catitti und Stephanie Witczak arbeiten an der Schweizerischen Vogelwarte im Ressort Ökologische Forschung. Martin Gruebler leitet das Ressort Ökologische Forschung und Urs K. Kormann das Ressort Praxisorientierte Forschung. Melanie Andereggen und Jana S. Herzog haben durch ihre studentischen Arbeiten im Rotmilan-Projekt zu dieser Publikation beigetragen. Nicolas Roth ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Berner Fachhochschule Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Adrian Aebischer beim Amt für Wald und Natur des Staats Freiburg.

Patrick Scherler, Valentijn van Bergen, Benedetta Catitti, Urs Kormann, Stephanie Witczak, Martin U. Gruebler, Melanie Andereggen, Jana S. Herzog, Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, CH–6204 Sempach, E-Mail [patrick.scherler@vogelwarte.ch](mailto:patrick.scherler@vogelwarte.ch), [valentijn.vanbergen@vogelwarte.ch](mailto:valentijn.vanbergen@vogelwarte.ch), [benedetta.catitti@vogelwarte.ch](mailto:benedetta.catitti@vogelwarte.ch), [urs.kormann@vogelwarte.ch](mailto:urs.kormann@vogelwarte.ch), [stephanie.witczak@vogelwarte.ch](mailto:stephanie.witczak@vogelwarte.ch), [martin.gruebler@vogelwarte.ch](mailto:martin.gruebler@vogelwarte.ch), [a\\_melanie93@hotmail.com](mailto:a_melanie93@hotmail.com), [janaherzog12@gmail.com](mailto:janaherzog12@gmail.com); Adrian Aebischer, Impasse du Castel 20, CH–1700 Fribourg, E-Mail [adaebischer@pwnet.ch](mailto:adaebischer@pwnet.ch); Nicolas Roth, Berner Fachhochschule Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Länggasse 85, CH–3052 Zollikofen, E-Mail [nicolas.roth@bfh.ch](mailto:nicolas.roth@bfh.ch)