

Verbindung von in-situ und ex-situ Maßnahmen zum Schutz des Zitronenzeisigs *Carduelis citrinella*, einem endemischen Bergvogel im globalen Sinkflug

Markus Handschuh, Malte Bickel, Rene Apel, Dennis Günther, Ingmar Harry, Ralph Martin, Lukas Reese, Matthias Reinschmidt, Monika Rinder, Patrick Rücker, Konrad Schnaible, André Stadler, Frank Wichmann, Jürgen Wuhrer und Marc I. Förchler

Handschuh M, Bickel M, Apel R, Günther D, Harry I, Martin R, Reese L, Reinschmidt M, Rinder M, Rücker P, Schnaible K, Stadler A, Wichmann F, Wuhrer J & Förchler MI 2023: *In-situ* and *ex-situ* measures to save the Citril Finch *Carduelis citrinella*, a European endemic mountain bird on the edge. *Vogelwarte* 61: 27–45

Citril Finch *Carduelis citrinella* is one of the few bird species endemic to Europe. Its global range is small and disjoint, being confined to mountain regions in south-western and central Europe. The species breeds only within a restricted elevational range (mainly 1,000 m to 2,000 m a. s. l.) and here only in suitable semi-open habitat with sufficient food resources.

Citril Finches mainly feed on plant seeds. Of particular importance are pine seeds, especially of mountain pine *Pinus mugo* sensu lato, from autumn to spring, and seeds out of the herb layer during the breeding and post-breeding seasons. For foraging, Citril Finches require firm stands since they are not able to cling onto or hang upside down from seedheads like some other finches. Therefore, not only the occurrence of food plants is important, but also their growth characteristics (physiognomy), which determines the accessibility of seeds for the birds; Asteraceae with stunted growth are of importance in this regard.

The main threats to the species are habitat loss due to intensification or abandonment of low-intensity upland farming, and climate change. At present, Citril Finch is not considered globally threatened. However, population declines are being recorded in all range states and in many areas the species is already locally extinct.

In Germany, the Black Forest used to be an important breeding area for Citril Finch. However, the population collapsed from c. 800 pairs distributed over the entire Black Forest around 1985 to c. 20 pairs confined to a small area in the southern Black Forest in 2021. Therefore, in spring 2022 a rescue programme was initiated that combines *in-situ* measures (i.e., supplementary feeding and restoration of favourable foraging areas, monitoring of population number and breeding success, disease screening and treatment of mite infestation) with *ex-situ* measures (i.e., captive rescue of individuals that due to permanent mite damage are not viable in the wild anymore, establishment of a conservation breeding programme) to support population recovery.

We found a high prevalence (c. 20-30 % of the fully-grown birds) of knemidocoptiasis, a pathological infestation with parasitic mites *Knemidocoptes* sp. (“scaly legs”). This parasitic disease results in reduced fitness and reduced breeding success of affected birds and is fatal if left untreated. Usually, pathological mite infestation is a secondary phenomenon in individuals that are predisposed due to other factors, e. g. poor nutrition. We do not yet know which factors are crucial in the southern Black Forest.

Anecdotal observations from other areas, e. g. involving birds captured during migration in Switzerland and breeding individuals in Western Austria, indicate that the phenomenon also occurs outside the Black Forest and that it even may be an emerging disease in Citril Finches.

The species exhibits a natural vulnerability because of its small global range and population size as well as its stenotropy and high degree of specialization. Since the Citril finch inhabits sensitive ecosystems that are rapidly changing, it is falling victim to rapid global change (i.e., the human-caused environmental and biodiversity crises driven by changes in land use, habitats and climate) which may even warrant future uplisting to globally threatened.

✉ MH, MIF: Fachbereich für Ökologisches Monitoring, Forschung und Artenschutz, Nationalpark Schwarzwald,

Kniebisstraße 67, 72250 Freudenstadt. E-Mail: markus.handschuh@nlp.bwl.de

MB: Regierungspräsidium Freiburg, Referat 56 (Naturschutz und Landschaftspflege), Bissierstr. 7, 79114 Freiburg

RA: Hauptstraße 14, 79733 Görwihl

DG: Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Bismarckstraße 10, 76133 Karlsruhe

IH, FW: ABL Freiburg, Kartäuserstraße 49, 79102 Freiburg

RM: Münchhofstraße 14, 79106 Freiburg

MR, LR, PR: Zoologischer Stadtgarten Karlsruhe, Ettlinger Straße 6, 76137 Karlsruhe

MR: Klinik für Vögel, Kleinsäuger, Reptilien und Zierfische, Zentrum für Klinische Tiermedizin der LMU, Sonnenstraße 18, 85764 Oberschleißheim

KS: Luisenstraße 13, 71263 Weil der Stadt

AS: Alpenzoo Innsbruck, Weiherburggasse 37, AT-6020 Innsbruck

JW: Schlichtestraße 18, 72393 Burladingen

1 Weltverbreitung und regionale Vorkommen des Zitronenzeisigs

Der Zitronenzeisig *Carduelis citrinella* ist eine der wenigen endemischen Vogelarten Europas. Sein disjunktes Weltareal beschränkt sich auf einige Gebirgsregionen in Südwest- und Mitteleuropa (Abb. 1).

Gemäß Voous (1962), Märki (1976), Glutz von Blotzheim & Bauer (1997), Clement & de Juana (2020), Borràs et al. (2020) und Märki & Adamek (2022) brütet der Zitronenzeisig in folgenden Gebieten regelmäßig: Süd-, Zentral- und Nordspanien (Sierra Nevada, Sierras de Cazorla und de Segura, Zentralsystem, Iberisches System, Kantabrisches Gebirge, Pyrenäen und Vorpyrenäen; vgl. auch Borràs et al. 2004b; Pérez-Contreras et al. 2005; Förschler & Kläger 2007; Märki et al. 2012), Süd- und Ostfrankreich (Pyrenäen, Zentralmassiv inkl. Cevennen, Mont Ventoux, Alpen, Jura, Vogesen; vgl. auch Pfeffer 2017), Norditalien (Alpen), Schweiz (Jura, östlicher Teil der Westalpen, westlicher und mittlerer Teil der Ostalpen; vgl. auch Hagist & Märki 2018), Süddeutschland (Schwarzwald, Alpen; vgl. auch Geedon et al. 2014) und Österreich (westlicher und mittlerer Teil der Ostalpen; vgl. auch BirdLife Österreich

& Österreichische Bundesforste 2016; Lentner et al. 2022).

Der lange als konspezifisch geltende Korsenzeisig *Carduelis corsicana*, der nur auf wenigen Mittelmeerinseln vorkommt, wurde aufgrund genetischer und morphologischer Unterschiede als Insel-endemisches Schwertertaxon vom Zitronenzeisig auf dem Festland abgetrennt (Pasquet & Thibault 1997; Sangster 2000; Sangster et al. 2002; Förschler & Kalko 2007; Förschler et al. 2008a; Förschler et al. 2009). Darüber hinaus bestehen Unterschiede im Verhalten (Förschler & Kalko 2006a; Förschler 2006a; Förschler & Kalko 2007).

Entgegen des von der Weltverbreitungskarte (Abb. 1) suggerierten Bildes lebt ein Großteil des Weltbestands der Art nicht in den Alpen, sondern in spanischen Gebirgen (Clement & de Juana 2020). Wahrscheinlich hat der Zitronenzeisig die letzte Eiszeit in einem Refugium im Bereich der Pyrenäen oder anderen Gebirgen der iberischen Halbinsel überstanden, von wo aus er sich wieder ausbreiten konnte. Darauf weist auch eine im Vergleich geringere Diversität bei sich schnell verändernden, genetischen Markern in nördlich der Pyrenäen gelegenen Populationen hin (Förschler et al. 2011). Möglicherweise ist deshalb vor allem der westliche Teil

des Alpenbogens besiedelt, während sowohl der Bestand als auch die Siedlungsdichte in den östlichen Alpen stark abnehmen und die östliche Arealgrenze durch die Ostalpen verläuft (z. B. Märki 1976; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Förschler & Handschuh 2022; Märki & Adamek 2022).

Am Beispiel Österreich ist dies besonders ersichtlich: Während die Artarealkarte (Abb. 1) ein geschlossenes Verbreitungsgebiet nahelegt, ist das Vorkommen in Wirklichkeit stark aufgesplittert (Abb. 2). In Vorarlberg und Nordtirol tritt der Zitronenzeisig noch regelmäßig auf, nach Osten Richtung Salzburg sind die Vorkommen jedoch stark ausgedünnt (Dvorak et al. 1993; Moritz & Bachler 2001; Engler et al. 2014). Weiter östlich und südöstlich sind nur wenige punktuelle Vorkommen bekannt geworden, beispielsweise in Kärnten, der Steiermark (Dvorak et al. 1993; Feldner & Rass 1999; Probst 2012) und wohl zeitweise auch am Triglav in Slowenien (Gregori 1977; Matvejev 1981; Geister 1983, 1995).

Die recht abrupte östliche Grenze des Weltareals und die nacheiszeitliche Ausbreitungshistorie (Förschler et al. 2011) hängen wahrscheinlich mit einer physiologisch begrenzten Migrationsleistung und der beschränkten Fähigkeit des Zitronenzeisigs zusammen, weit entfernt liegende

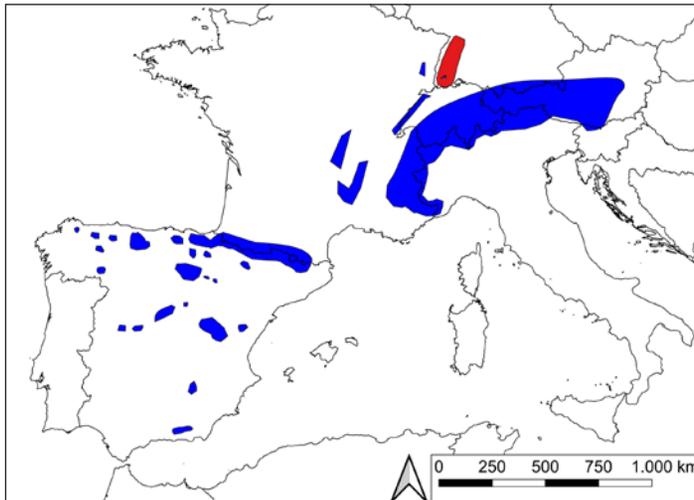


Abb. 1: Aktuelles Brutareal des Zitronenzeisigs (blau) und historische Brutverbreitung im Schwarzwald (rot). Karte: IUCN (2022), verändert nach C. Dronneau & J.-J. Pfeffer schriftl. Mitt., Hagist & Märki (2018), Märki & Adamek (2022). Schwarzwald: Verbreitung nach Dorka (1986), Hölzinger (1987), Hölzinger & Dorka (1997), eigene Daten. Beachte, dass die ehemalige Verbreitung nur für den Schwarzwald dargestellt ist, nicht für andere Regionen, in welchen die Art heute ebenfalls erloschen ist. Die Brutverbreitung im Alpenbogen ist wenig differenziert dargestellt (vgl. Text). – *Current breeding range of the Citril Finch (blue) and historical breeding range in the Black Forest (red).* Map: IUCN (2022), adapted according to C. Dronneau & J.-J. Pfeffer written comm., Hagist & Märki (2018), Märki & Adamek (2022). Black Forest: Distribution according to Dorka (1986), Hölzinger (1987), Hölzinger & Dorka (1997), own data. Note that the former distribution is only shown for the Black Forest, not for other regions where the species is now extinct. The breeding range in the Alps is only presented as crude outline.

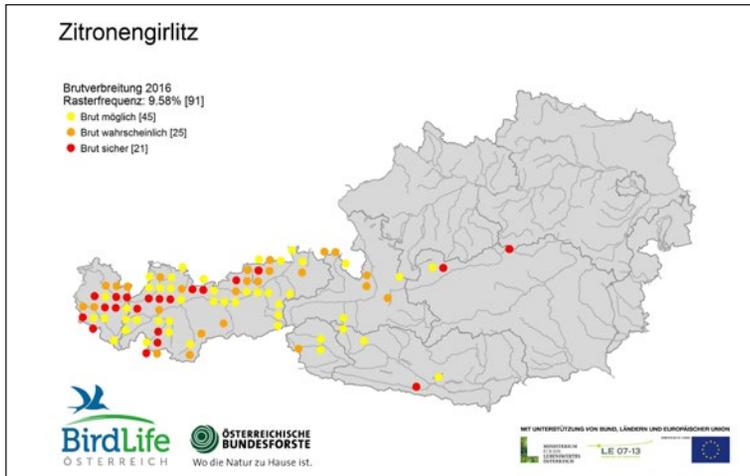


Abb. 2: Vorkommen des Zitronenzeisigs in Österreich. Karte: BirdLife Österreich, Österreichische Bundesforste (2016). – *Breeding distribution of Citril Finch in Austria. Map: BirdLife Österreich, Österreichische Bundesforste (2016).*

Winterquartiere zu erreichen (Engler et al. 2014) und daraus resultierend mit einer hohen Brutortstreue und einer geringen Dispersions- und Expansionsfreudigkeit. So besitzt der Zitronenzeisig im Vergleich zum wanderungsfreudigen Erlenzeisig *Carduelis spinus* kürzere und rundere Flügel (Förschler unpubl.; vgl. auch Jenni & Winkler 2020). Dem entsprechend sind Beobachtungen außerhalb der regulären Vorkommensgebiete sehr selten („extra-limital records“, z. B. Zink & Bairlein 1995; Förschler et al. 2008b; Förschler 2012; Bairlein et al. 2014) und der Zitronenzeisig ist im Vergleich zum Erlenzeisig in Gradationsjahren der Fichte *Picea abies* wenig opportunistisch (Förschler et al. 2006).

Auffällig ist außerdem, dass die größten Bestände des Zitronenzeisigs in Österreich auf Kalkgestein vorkom-

men, während die Art auf Silikatgestein, wo die Krautschicht oft weniger divers ist (z. B. Hölzinger 1987), deutlich seltener ist oder sogar fehlt (vgl. Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Dvorak et al. 2003; Märki & Adamek 2013; Engler et al. 2014; BirdLife Österreich & Österreichische Bundesforste 2016; Baccarani 2020; Lentner et al. 2022; Märki & Adamek 2022).

2 Lebensraum und Ökologie

Zitronenzeisige brüten vorwiegend in montanen und subalpinen Lagen von 1.000 m bis 2.000 m ü. M. in halb-offenem bis offenem Gelände mit einem Mosaik aus Einzelbäumen, Gehölzinseln und lichten Wäldern aus Koniferen und extensiv genutzten, artenreichen Berg-



Abb. 3 & 4: Beispiele für typische Lebensräume des Zitronenzeisigs im Bereich der Baumgrenze in den Alpen. Schlüsselfaktoren für eine Lebensraumeignung sind halboffenes bis offenes Gelände mit Baumgruppen und lichten Nadelwäldern sowie magere, extensiv genutzte, artenreiche Bergweiden und Bergwiesen mit einem reichhaltigen Angebot an Samennahrung. Links: Wettersteingebirge, Nordtirol, 06.07.2022. Rechts: Walmendinger Horn, Vorarlberg, 19.08.2016. – *Typical tree line alpine habitats of Citril Finch. Key factors of habitat suitability are semi-open or open landscapes with coniferous woodlands as well as low-intensity, meagre and diverse mountain pastures and meadows that are rich in seeds. Left: Wettersteingebirge, Northern Tyrol, 06/07/2022, Right: Walmendinger Horn, Vorarlberg, 19/08/2016.*

Fotos: M. Handschuh (links), M. I. Förschler (rechts)



Abb. 5 & 6: Beispiele für mediterran geprägte Hochlagenlebensräume des Zitronenzeisigs in Spanien: Ausgedehnte, halboffene Weidelandschaften mit einem Mosaik aus lichten Kiefernwäldern (Berg-, Wald- und Schwarzkiefer) und kurzrasigem, dennoch blüten- und nahrungsreichem Grünland. Links: Sierra de Neila, 01.06.2006. Rechts: Sierra de Navacerrada, 22.05.2006. – *Mediterranean high-altitude breeding habitats of Citril Finch in Spain: Extensive, semi-open pastures with a mosaic of open pine forests (mountain pine, scots pine and black pine) and grasslands with a short sward rich in flowering plants providing seeds.* Left: Sierra de Neila, 01/06/2006. Right: Sierra de Navacerrada, 22/05/2006.

Fotos: M. I. Förschler

weiden und Bergwiesen (z. B. Maestri et al. 1989; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Abb. 3 bis 6).

Auch außerhalb der Brutzeit nutzt der Zitronenzeisig überwiegend Hochlagenlebensräume. Die Art ist Teil- und Kurzstreckenzieher (Hauri 1957; De Crousaz & Lebreton 1963; Märki 1976; Zink & Bairlein 1995; Fornasari et al. 1998; Spina & Volponi 2008; Bairlein et



Abb. 7: In seinem gesamten Weltareal zeigt der Zitronenzeisig eine auffallende Bindung an die Bergkiefer (Latsche, Legföhre, Spirke, Moorspirke; im Bild: Latsche) und gute Vorkommen des Zitronenzeisigs sind vielerorts eng mit dieser Baumart verknüpft. Wettersteingebirge, Nordtirol, 06.07.2022. – *Throughout its global range, Citril Finch shows a striking association with mountain pine, and often healthy populations are linked to this tree species.* Wettersteingebirge, Northern Tyrol, 06/07/2022. Foto: M. Handschuh

al. 2014) und führt witterungs- oder nahrungsbedingt auch Vertikalbewegungen am Berg durch (z. B. Förschler 2001b).

Die Vögel Zentraleuropas überwintern wahrscheinlich überwiegend im zentralen bis südlichen Frankreich (z. B. Massif Central, Mont Ventoux; Dejonghe 1991; Benoit & Märki 2004) und möglicherweise auch Nordost-Spanien (Borràs et al. 2005). Allerdings deuten vereinzelte Hochwinternachweise darauf hin, dass ein Teil der Population in klimatisch geeigneten Seitentälern oder anderen Tieflagen innerhalb der Brutgebiete überwintert bzw. dies zumindest in früherer Zeit regelmäßig vorkam (Hauri 1957; De Crousaz & Lebreton 1963; Praz & Oggier 1973; Märki 1976; Hölzinger 1987; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Hölzinger & Dorka 1997).

Je nach Witterung kommen die meisten Vögel in den mitteleuropäischen Populationen zwischen Februar und April oder sogar erst im Mai an ihren Brutplätzen an (Hauri 1957; Märki 1976; Zink & Bairlein 1995; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Hölzinger & Dorka 1997; Förschler 2001a & b; Clement & de Juana 2020; Borràs et al. 2010, 2011, 2020).

Wie alle einheimischen carduelinen Finken ist auch der Zitronenzeisig vorwiegend Samenfresser, d.h. Pflanzensamen aus der Baum-, Strauch- und Krautschicht bilden seine Nahrungsgrundlage, auch zur Jungenaufzucht. Deshalb ist eine ganzjährig hohe Verfügbarkeit an Samennahrung für sein Vorkommen unerlässlich (Glutz von Blotzheim & Bauer 1997).

Auffälligerweise überlappt sich sein Weltareal stark mit dem Areal der Bergkiefer *Pinus mugo* sensu lato (Latsche, Legföhre, Spirke, Moorspirke) und viele gute Vorkommen des Zitronenzeisigs sind eng verknüpft mit



Abb. 8 & 9: Eine reichhaltige Krautschicht mit einem hohen Anteil an niedrigwüchsigen Korbblütlern auf flachgründigen und mageren Standorten (links, mit 20 cm Maßstab im Vordergrund) sowie tragfähigen Ampfern in feuchteren Bereichen (rechts) ist essenziell für den samenfressenden Zitronenzeisig. Wettersteingeirge, Nordtirol, 06.07.2022. – *A rich herb layer with a high proportion of Asteraceae with stunted growth on poor or shallow soils (left with 20 cm scale in the foreground) as well as viable dock plants in more humid locations (right) is essential for Citril Finches. Wettersteingeirge, Northern Tyrol, 06/07/2022.*

Fotos: M. Handschuh



Abb. 10 & 11: Milchreife Samen des Löwenzahns und anderer Asteraceen sind insbesondere zur Jungenaufzucht die Hauptnahrung des Zitronenzeisigs. Links: Nordschwarzwald, 02.05.2022. Rechts: Nordschwarzwald, 29.04.2007. – *Especially during chick rearing, half-ripe seeds of dandelion and other Asteraceae are the main food items for Citril Finches. Left: Northern Black Forest, 02/05/2022. Right: Northern Black Forest, 29/04/2007.*

Fotos: M. I. Förschler (links), A. Klumpp (rechts)



Abb. 12: Zitronenzeisige im Jugendkleid an Samenständen des Wiesen-Sauerampfers *Rumex acetosa*, eine wichtige Nahrungspflanze zur Brutzeit. Gut erkennbar ist der für den Zitronenzeisig beim Nahrungserwerb erforderliche feste Stand: Die Samen werden vom Boden sowie von dem umgeknickten, tragfähigen Stängel aus aufgenommen. Südschwarzwald, 20.06.2022. – *Citril Finches in juvenile plumage on common sorrel *Rumex acetosa*, an important food plant during the breeding season. The species requires firm footing when foraging: The seeds are extracted from the ground and from the bent over, rigid stalk.* Southern Black Forest, 20/07/2022. Foto: M. I. Förchler

dieser Baumart (Abb. 7; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Förchler & Kalko 2006a; vgl. auch Moltoni 1969; Maestri et al. 1989). In Spanien sind zusätzlich die Schwarzkiefer *P. nigra* und lokal auch die Waldkiefer *P. sylvestris* von Bedeutung (Borràs et al. 2003; Förchler & Kalko 2006a). Die Zapfen der Kiefern öffnen sich während warmen und sonnigen Perioden und sind außerdem von tragfähigen Ästen aus leicht erreichbar und damit zugänglich für den Zitronenzeisig. Daher bilden die energiereichen Kiefern Samen eine wichtige Nahrungsquelle vom Herbst bis ins Frühjahr hinein. Fichtensamen werden zwar auch genutzt, können aber Kiefern Samen nicht ersetzen, denn die Fichte ist aufgrund ihrer unregelmäßigen Mast keine zuverlässige Nahrungsquelle (z. B. Förchler et al. 2006) und am Baum sind ihre langen, hängenden Zapfen für den schlecht kletternden Zitronenzeisig nur schwer zugänglich. Fichtensamen werden daher vor allem am Erdboden aufgenommen, nachdem sie ausgefallen sind oder wenn offene Zapfen am Boden liegen (Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; vgl. auch Märki & Adamek

2022). Andere Kiefernarten mit großen Samen, wie beispielsweise Pinie *P. pinea* oder Strandkiefer *P. pinaster*, sind hingegen ungeeignet für den Zitronenzeisig (M. I. Förchler eig. Beob.).

Mit Beginn der Vegetationsperiode nimmt die Bedeutung der Krautschicht und die Nahrungssuche am Boden zu. Eine günstig strukturierte Krautschicht mit einem reichhaltigen Angebot an Sämereien ist daher von fundamentaler Bedeutung für eine Lebensraumeignung (Abb. 8 bis 13; z. B. Sabel 1965; Sabel 1967; Mau 1980; Bezzel & Brandl 1988; Maestri et al. 1989; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Förchler 2001a & b; Förchler & Kalko 2006b; Förchler et al. 2007a & b; Borràs et al. 2010; Probst 2012; Günther 2022; Märki & Adamek 2022).

Bei der Nahrungssuche am Boden trippeln oder laufen Zitronenzeisige, oft geduckt, und nehmen direkt zugängliche Samen auf, ziehen Fruchtstände mit dem Schnabel heran und halten sie zwischen den Füßen fest oder steigen oder springen auf Pflanzenstängel, um sie mit ihrem Körpergewicht nach unten zu biegen, um an die Samen zu gelangen (Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Clement & de Juana 2020). Im Unterschied zu Stieglitz *Carduelis carduelis*, Erlenzeisig oder Birkenzeisig *Carduelis flammea*, die geschickt klettern und kopfunter



Abb. 13: Insbesondere auf ausgehagerten, extensiven Weideflächen sind ansonsten hoch aufwachsende Korbblütler (im Bild ein Greiskraut *Senecio spec.*) auch nach der Brutzeit häufig noch niedrigwüchsig, sodass der Zitronenzeisig sie mit seinem Körpergewicht zu Boden biegen und die Samen unter festem, aufrechtem Stand extrahieren kann. Sierra de Navacerrada, 29.10.2019. – *Low-intensity pastures often foster a scant and favourably structured ground vegetation and a beneficial external morphology of potential food plants, especially stunted growth even of normally tall plants (in the picture a ragwort *Senecio sp.*) so that Citril Finches are able to bend them to the ground using their body weight and extract the seeds in an upright position and firm stand.* Sierra de Navacerrada, 29/10/2019.

Foto: M. I. Förchler

an Samenständen hängend fressen können, sind Zitronenzeisige schlechte Kletterer und brauchen deshalb beim Nahrungserwerb sowohl in Bäumen als auch in der Krautschicht einen festen Stand (Abb. 11 bis 13). Daher ist nicht nur ein reiches Vorkommen an Nahrungspflanzen wichtig, sondern auch deren Physiognomie, d. h. ihre Wuchseigenschaft. Insbesondere reiche Vorkommen an Korbblütlern (Asteraceen), welche aufgrund Flachgründigkeit, Nährstoffarmut, rauem Klima oder extensiver Beweidung einen hohen Anteil an Krüppel-, Kümmer- und Niedrigwuchs aufweisen, sind unverzichtbar (Abb. 8 bis 11), daneben auch hochwüchsere Pflanzen mit stabilen Stängeln und horizontalen Verzweigungen, die den Zitronenzeisig während der Vegetationszeit tragen (Abb. 12 & 13) oder deren Samenstände im Winter über den Schnee hinausragen (Abb. 14). Nur so ist ganzjährig die für das Überleben und eine erfolgreiche Reproduktion des Zitronenzeisigs wesentliche Zugänglichkeit von Samennahrung gewährleistet.

Die Jungen werden vor allem mit milchreifen Samen des Löwenzahns *Taraxacum officinalis* oder mit vergleichbaren Korbblütlern gefüttert (Abb. 10 & 11). Allerdings bieten aufgedüngte, homogene Wiesen ohne Nahrungspflanzen oder mit zu hoch und dicht stehendem Löwenzahn genauso wie eintönige, „grasgrüne“ oder von Weidetieren in zu hohen Besatzdichten blütenlos gefressene Grünlandflächen, wie sie heute vielerorts und zunehmend auch in Hochlagen zu finden sind (Abb. 15), keine geeignete Nahrungsgrundlage für den Zitronenzeisig.

3 Drei Phasen im jährlichen Nahrungszyklus

Im Jahresverlauf lassen sich drei charakteristische Perioden der Nahrungszusammensetzung unterscheiden, z. B. in den spanischen Vorpyrenäen, wo weltweite Schlüsselpopulationen des Zitronenzeisigs in mediterranen Hochlagen brüten (Borràs et al. 2003), in Südfrankreich, wo viele mitteleuropäische Zitronenzeisige in ebenfalls mediterran geprägten Berggebieten um 1.000 m ü. M. überwintern (Märki & Adamek 2013), oder in mitteleuropäischen Brutgebieten, beispielsweise des Schwarzwalds (Förschler 2001a; 2001b; 2007a; 2007b).

Während des Winters und bis in den Frühling hinein ist zugängliche Samennahrung auf wenige Pflanzenarten beschränkt. In dieser Zeit ernähren sich Zitronenzeisige bevorzugt von Koniferensamen, insbesondere die aufgrund ihrer Größe besonders geeigneten Samen von Schwarzkiefern und Bergkiefern, letztere in all ihren verschiedenen Wuchsformen, v. a. Spirke, Latsche und Legföhre. Darüber hinaus können bei ausreichender Verfügbarkeit auch die Samen von Waldkiefern und Fichte eine Rolle spielen. An Bodennahrung werden energieärmere Samen aus der Segetal- und Ruderalvegetation („Unkräuter“ und Gräser) aufgenommen,

insbesondere, wenn Kiefernnsamen aufgrund örtlich unterschiedlicher Mast fehlen oder aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen nicht zugänglich sind. In den Vorpyrenäen sind dabei die Samen von Gänsefuß *Chenopodium* von Bedeutung, auf kalkhaltigen Böden die Samen diverser „Unkräuter“ und auf sauren Böden wie im Schwarzwald die Samen des Salbeigamanders *Teucrium scorodonia* (Abb. 14), dessen Fruchtstände aufgrund des stabilen und sperrigen Wuchses der Pflanze regelmäßig im Winter über den Schnee hinausragen, insbesondere bei Spätwintererbrüchen in den Brutgebieten. Vor allem in Gebieten, in denen Kiefern selten sind, kann der Salbeigamander während des gesamten Winterhalbjahrs eine essenzielle Nahrungspflanze sein. Auch weitere Baumsamen werden aufgenommen, z. B. ausgefallene und am Boden oder auf dem Schnee liegende Samen von Fichte, Lärche *Larix spec.*, Erle *Alnus spec.* oder Birke *Betula spec.*

Die darauffolgende Brutzeit ist eine Periode der Nahrungsspezialisierung: In allen Populationen überwiegen wenige, aber dafür reichlich bis massenweise vorkommende Pflanzenarten mit hohem Energiegehalt und Nährwert, die sich räumlich und zeitlich ergänzen (vgl. auch Förschler & Kalko 2006b). In der frühen Brutzeit, wenn die Vögel Brutkondition erlangen und Eier produzieren müssen, sind Kiefernnsamen noch von hoher Bedeutung. Unter günstigen Mastbedingungen können frühe Bruten sogar weitgehend mit Kiefernnsamen aufgezogen werden. Während der Hauptbrutzeit, wenn viele Junge in den Nestern heranwachsen und daher reichlich hochwertige Nahrung benötigt wird, sind die milchreifen Samen des Löwenzahns oder anderer Korbblütler eine Schlüsselressource (Abb. 10 & 11), aber auch die Samen von Ampferarten *Rumex* (Abb. 12) oder verschiedene häufig früh verfügbare Grassamen, vor allem Ruchgras *Anthoxanthum* und Rispengras *Poa* können von großer Bedeutung sein. Energiearme Samen, wie die des früh verfügbaren Huflattichs *Tussilago farfara*, werden hingegen nur im Notfall verzehrt, selbst wenn sie häufig sind. An günstigen Nahrungsplätzen mit massenhaftem Vorkommen an Nahrungspflanzen sind oft mehrere Männchen oder Paare zusammen bei der Futtersuche anzutreffen, zumal die Art oft geklumpt oder in losen Kolonien brütet.

Die späte Brutzeit und die Nachbrutzeit schließlich sind eine Periode der „Nahrungsgeneralisierung“: Ab Juni bilden die Jungvögel aus den Erstbruten Gruppen oder Schwärme, zu denen sich später auch die Jungvögel der Zweit- und Ersatzbruten sowie die Altvögel gesellen (Sabel 1965; Mau 1980; Förschler 2006b). Die Gruppen vagabundieren umher und halten sich oft auch in höheren Lagen auf, wo sie sich von den Samen einer Vielzahl an Kräutern und Gräsern ernähren, z. B. Ampfer *Rumex*, Arnika *Arnica*, Disteln *Cirsium*, Enzian *Gentiana*, Ferkelkaut *Hypochoeris*, Fingerkraut *Potentilla*, Fuchsschwanz *Amarantha*, Frauenmantel *Alchemilla*, Greiskräuter *Senecio* (Abb. 13), Habichtskräuter



Abb. 14: In nördlichen Populationen des Zitronenzeisigs auf Silikatgestein ist der Salbeigamander vor allem im Herbst und Winter eine wichtige Nahrungspflanze. Aufgrund der harten Stängel ragen die Fruchtstände im Winter oft über den Schnee hinaus und bieten festen Halt, sodass die Samen für den Zitronenzeisig zugänglich sind. Insbesondere an witterungsbedingten Ausweichplätzen in tieferen Lagen im Umfeld von Brut- oder Überwinterungsgebieten, welche bei Schneeeinbrüchen aufgesucht werden, ist der Salbeigamander von herausragender Bedeutung (Förschler 2001b; Märki & Adamek 2013). Südschwarzwald, 05.02.2023. – *In northern Citril Finch populations, wood sage is an important food plant on silicate underground, especially in autumn and winter. Due to the rigid stems, during the winter the seedpods often protrude above the snow and provide firm footing for the birds. Of particular importance is wood sage growing at lower altitudes of breeding or wintering areas that provide refuges during snow fall* (Förschler 2001b; Märki & Adamek 2013). Southern Black Forest, February 5th, 2023.

Foto: M. I. Förschler

Hieracium, Hahnenfüße *Ranunculus*, Hirtentäschel *Capsella*, Hornkräuter *Cerastium*, Hungerblümchen *Draba*, Kamille *Matricaria*, Knöteriche *Polygonum*, Löwenzahn *Leontodon*, *Taraxacum*, Margeriten *Leucanthemum*, Mieren *Stellaria*, Mädesüß *Filipendula*, Silberwurz *Dryas*, Skabiosen *Scabiosa*, Thymian *Thymus*, Vergissmeinnicht *Myosotis*, Wegeriche *Plantago*, Wiesenknopf *Sanguisorba* und Witwenblumen *Knautia*. Förschler (2007b) listet für den Schwarzwald nahezu

60 Nahrungspflanzen auf, die zu unterschiedlichen Zeiten im Jahr eine Rolle spielen. Auffällig ist in der spätsommerlichen Phase auch die gegenüber anderen Finkenarten deutlich stärkere Nutzung einer artenreichen Gräserflora, bestehend v. a. aus den Gattungen *Agrostis*, *Alopecurus*, *Anthoxanthum*, *Carex*, *Dactylis*, *Glyceria*, *Holcus*, *Juncus*, *Molinia*, *Phalaris*, *Phleum* und *Poa* (vgl. auch Sabel 1965; Sabel 1976; Mau 1980).

4 Arealweite Bestandsrückgänge – bewegt sich der Zitronenzeisig auf den weltweiten Abgrund zu?

Als Endemit ist der Zitronenzeisig automatisch anfällig gegenüber Gefährdungen. Aufgrund seiner Spezialisierung gilt dies sogar in mehrfacher Hinsicht:

- Geringe globale Populationsgröße: Der Weltbestand des Zitronenzeisigs wird auf nur ca. 250.000 Paare geschätzt. Im Vergleich dazu wird der Bestand der Amsel allein in Deutschland auf beinahe 8,7 Mio. Brutpaare geschätzt (Ryslavý et al. 2020). Zudem stammt die Einschätzung der weltweiten Populationsgröße des Zitronenzeisigs aus dem Jahr 2012 und fußt auf einer schlechten Datengrundlage („*poor data quality*“, BirdLife International 2023); der Weltbestand könnte daher überschätzt worden sein, zumal bereits relativ kleinräumige Bestandsschätzungen nicht einfach und unproblematisch sind (eig. Beob.; vgl. auch Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Förschler 2002; Gedeon et al. 2014) und gezielte, speziell auf den Zitronenzeisig ausgerichtete Arterfassungen weitgehend fehlen (Förschler & Handschuh 2022).
- Der Zitronenzeisig weist ein flächenmäßig sehr kleines Weltareal auf, welches zudem stark aufgesplittet ist.
- Der Zitronenzeisig ist auf eine eng begrenzte Höhenstufe in wenigen Gebirgszügen in Südwest- und Mitteleuropa und dort wiederum auf bestimmte halboffene Habitats mit geeigneten Nahrungsressourcen beschränkt. Daher ist er als stenotop und stenök einzustufen.

Zwei Faktoren wirken derzeit besonders negativ auf die Bestände des Zitronenzeisigs: Lebensraumverlust und Klimawandel (Mau 1980; Dorka 1986; Bezzel & Brandl 1988; Dorka & Stadelmaier 1991; Kilzer & Blum 1991; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Hölzinger & Dorka 1997; Kilzer et al. 2002; Borràs et al. 2004b; Förschler 2006b, 2007a; Araújo et al. 2011; Maggini et al. 2014; Guillet 2018; Grendelmeier et al. 2020; Jähnig et al. 2020; Clement & de Juana 2020; Märki 2021; Schäfer 2021; Märki & Adamek 2022; Förschler & Handschuh 2022; Alba et al. 2022; Ceresa et al. 2021; Brambilla et al. 2022; Anderle et al. 2022; Viana & Chase 2022; Senar et al. 2022; BirdLife International 2023).

So kommt es in vielen Bruthabitaten schon seit geraumer Zeit großflächig einerseits zu Intensivierungen



Abb. 15: Lebensraumverlust aufgrund Nutzungsintensivierung: Ehemaliges Bruthabitat des Zitronenzeisigs auf vormals extensiv bewirtschafteter Alm, welche nun intensiv als Mähweide genutzt und mit Gülle gedüngt wird. Nahrungspflanzen fehlen und es besteht eine scharfe Grenze zwischen Wald und Offenland, wodurch der halboffene Landschaftscharakter verloren gegangen ist. Der Zitronenzeisig wurde hier lokal ausgerottet. Wettersteingebirge, Nordtirol, 06.07.2022. – *Habitat loss due to land use intensification: Vacated nesting habitat of Citril Finch on former low-intensity alpine grassland that is now being fertilized with liquid manure and used as high-intensity mown pasture. Food plants and the semi-open landscape character have been lost which has led to the local eradication of Citril Finch.* Wettersteingebirge, Northern Tyrol, 06/07/2022. Foto: M. Handschuh



Abb. 16: Lebensraumverlust aufgrund Nutzungsaufgabe und anschließender ungehinderter Gehölzsukzession. Zwar konnte der Zitronenzeisig die abgebildete ehemalige Freifläche zum Zeitpunkt der Aufnahme möglicherweise punktuell noch zur Nahrungssuche nutzen, ihr vollständiger Verlust ist jedoch absehbar. Die Wiederherstellung einer guten Habitateignung wäre hier durch eine starke Entnahme der Naturverjüngung und anschließende extensive Beweidung mit Rindern möglich. Wettersteingebirge, Nordtirol, 06.07.2022. – *Habitat loss due to land use abandonment and subsequent unhindered vegetation succession. Although at the time of the photograph Citril Finch may still have been able to use the former open area locally for foraging, its complete loss is foreseeable. Restoration of habitat suitability would be possible through the removal of small trees and subsequent extensive grazing with cattle.* Wettersteingebirge, Northern Tyrol, 06/07/2022. Foto: M. Handschuh

der traditionellen, extensiven und kleinteiligen Almwirtschaft und andererseits zu völligen Nutzungsaufgaben (z. B. Mau 1980; Dorka 1986; Dorka & Stadelmaier 1991; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Hölzinger & Dorka 1997; Förschler 2006b, 2007a; Förschler & Dorka 2010). Beides führt zu einem Verschwinden sowohl strukturell geeigneter Lebensräume als auch der Nahrungsverfügbarkeit für den Zitronenzeisig und damit zu einer zunehmenden Verinselung von Vorkommen.

Beispielsweise führen eine intensivierte Mahd oder eine nicht an die Bedürfnisse des Zitronenzeisigs angepasste Beweidung (z. B. Probst 2012) sowie die Düngung von Almwiesen und Bergweiden zu negativen Veränderungen in der Zusammensetzung und den Wuchseigenschaften der Vegetation. Dadurch stehen dem Zitronenzeisig Nahrungspflanzen nicht mehr in ausreichender Menge zur Verfügung oder sie verschwinden sogar ganz (Förschler 2006b, 2007a; Abb. 15). Mau (1980) erkannte schon frühzeitig diese Problematik im Südschwarzwald bei einem Vergleich von damals noch kopfstarken Vorkommen im Umfeld von strukturreichen Wiesen in den Hochlagen am Feldberg mit nur vereinzelt Vorkommen im Umfeld von intensiv genutztem Grünland in tieferen Lagen.

Andererseits führt auch Nutzungsaufgabe zum Verlust von Bruthabitaten: Die Lebensräume des Zitronenzeisigs liegen oft auf Grenzertragsstandorten, deren Bewirtschaftung mangels Rentabilität aufgegeben wird und die anschließend ungehindert zuwachsen (z. B. Förschler 2006b, 2007a; Améztegui et al. 2010; Abb. 16). Teilweise verschwinden vormals gute, aber nicht mehr bewirtschaftete Habitate auch durch Nutzungsumwidmungen, z. B. Aufforstung nach Aufgabe der Beweidung (Abb. 17).

Zumindest im Nordschwarzwald steht das Verschwinden des Zitronenzeisigs auch im Zusammenhang mit dem Verschwinden von Bruthabitaten der Zippammer *Emberiza cia*, welche vom Zitronenzeisig vor allem in der Vor- und Nachbrutzeit sowie als Überwinterungshabitate und als Ausweichhabitate bei Schlechtwettereinbrüchen während der Brutzeit, z. T. auch als Bruthabitat, genutzt wurden (Dorka 1986; Hölzinger & Dorka 1997; Förschler 2001b, 2006b).

Diese negativen Entwicklungen interagieren und werden oft noch verstärkt durch klimatische Veränderungen, die in Bergregionen oft besonders gravierend zutage treten (z. B. Barras et al. 2021; vgl. auch Auffret & Svenning 2022).



Abb. 17: Auch in Spanien gehen nach Aufgabe der extensiven Beweidung viele vormals sehr gut als Bruthabitat geeignete, alte, lichte Kiefern-Hutewälder durch Sukzession und Aufforstung verloren. Die resultierenden, dichten Kiefernforste bieten dem Zitronenzeisig keine günstigen Bedingungen mehr. Sierra de Navacerrada, 23.05.2006. – *In Spain, too, the abandonment of extensive grazing and wood pasture of open pine forests leads to the loss of high-quality breeding habitats due to succession and afforestation. The resulting dense forest stands no longer provide favourable conditions for Citril Finches. Sierra de Navacerrada, 23/05/2006.*

Foto: M. I. Förschler

So verändert sich die Vegetationsperiode in den Höhenlagen und die natürliche wie auch die anthropogene Baumgrenze verschieben sich nach oben (z. B. Braunsch et al. 2016; Sanchez-Salguero et al. 2018; Malfasi & Cannone 2020). Dabei können sich aufgrund komplizierter oder variabler Abhängigkeiten und Interaktionen zwischen lokalen oder regionalen Umweltbedingungen (z. B. Relief, Temperatur, Lokalklima) und der aktuellen und der historischen Landnutzung sowohl die Ausprägung (z. B. Gehölzdichte, Baumhöhe) als auch die Höhenlage der Wald- oder der Baumgrenze und damit die Flächenausdehnung der assoziierten und für den Zitronenzeisig wichtigen Ökotope, beispielsweise der zwischen Wald- und Baumgrenze liegenden Krummholzzone, unterschiedlich schnell und stark verschieben (Camarero et al. 2004; Harsch et al. 2009). Dies gefährdet den Zitronenzeisig durch Lebensraum- und Ressourcenverlust.

So kommt es zum einen meist zu verstärkter Sukzession in den halboffenen Hochlagenlebensräumen, das heißt sie wachsen zunehmend schneller und dichter mit Gehölzen zu (Abb. 16 & 17). Dabei können mögliche lokale Flächengewinne durch die Entstehung von neuem Bruthabitat aufgrund Sukzession in vorher gehölzfreien Hochlagen, in welche der Zitronenzeisig bergaufwärts nachrücken könnte, die klima- oder nutzungsbedingten Habitatverluste in seinen angestammten Höhenlagen nicht kompensieren. Denn reliefbedingt nehmen höhere Lagen verhältnismäßig geringere

Flächenanteile an der Erdoberfläche ein als niedrigere Lagen. Zudem ist in vielen Bereichen des Zitronenzeisig-Weltareals aufgrund der begrenzten Höhenlagen kein Ausweichen nach oben möglich; im Schwarzwald beispielsweise liegt der höchste Punkt bei 1.493 m ü. M.

Zum anderen führen räumliche und zeitliche Verschiebungen in der Vegetationsentwicklung zur Desynchronisation zwischen dem Nahrungsangebot und dem Lebenszyklus bzw. dem Brutgeschehen des Zitronenzeisigs (Förschler 2006b, 2007a; Förschler & Dorka 2010; Förschler 2013). Kiefern Samen beispielsweise fallen aufgrund Wärme und Trockenheit mittlerweile bereits oft im Herbst und Frühwinter vollständig aus den Zapfen und fehlen dem Zitronenzeisig im Spätwinter und Frühjahr, wenn die Vögel eine gute Brutkondition aufbauen müssen und in Mastjahren die energiereichen Kiefern Samen zur Aufzucht früher Bruten verwenden (z. B. Förschler 2013; vgl. auch Märki & Adamek 2022). Auch in der Samenbildung der Bodenvegetation gibt es Zeitverschiebungen und manche Nahrungspflanzen verschwinden durch aufgrund veränderter Bewirtschaftung, Nährstoffeinträgen aus der Luft oder durch Düngung sowie Klimawandel vielerorts ganz (z. B. Förschler & Dorka 2010; Förschler 2013).

Daher ist bei allen Schutzbestrebungen für den Zitronenzeisig die Gewährleistung einer ganzjährig räumlich wie zeitlich hohen Verfügbarkeit von Nahrungspflanzen von entscheidender Bedeutung, sowohl in den Brutgebieten als auch in den Überwinterungsgebieten. Denn bereits kleinste Lücken in der Nahrungsverfügbarkeit, z. B. aufgrund unangepasster Mahd oder Beweidung während der Jungenaufzucht und damit der plötzliche Wegfall von halbreifen Samen, haben beim Zitronenzeisig fatale Auswirkungen (Förschler & Handschuh 2022).

Aufgrund des Klimawandels kann sich auch die für den Zitronenzeisig und andere Samenfresser essenzielle Wasserverfügbarkeit in den Brutgebieten verändern, denn lange Hitze- und Trockenperioden führen zur Austrocknung von Wasserquellen (Märki 2021; Senar et al. 2022) und können auch die Bergkiefer schädigen (Bencheva & Doychev 2022; Méndez-Cea et al. 2023). Gleichzeitig treten auch andere Extremwetterereignisse vermehrt auf, vor allem Platzregen oder Stürme zur Brutzeit, welche Nester zum Absturz bringen oder zum Tod von Jungvögeln durch Unterkühlung führen können (Förschler & Dorka 2010; Förschler 2013).

Die genannten Einflussfaktoren einzeln oder kumulativ wirken und führen zum Rückgang oder gar zum Aussterben lokaler Populationen. Dies wiederum führt zur Ausdünnung des Gesamtbestandes des Zitronenzeisigs und damit zur Zunahme seines weltweiten Aussterberisikos (Förschler & Handschuh 2022; vgl. auch Dirzo et al. 2022).

Zwar wird der Zitronenzeisig auf globaler Ebene derzeit noch als ungefährdet eingestuft (IUCN 2022; Bird-Life International 2017, 2021, 2023). Allerdings sind

aufgrund der genannten Gefährdungsfaktoren mittlerweile in allen Arealstaaten Bestandsrückgänge zu verzeichnen und die Art wird als gefährdet oder nahezu gefährdet eingestuft (UICN France et al. 2016; Dvorak et al. 2017; Ryslavý et al. 2020; Knaus et al. 2021a & b; SEO/BirdLife 2021). In einigen Gebieten, insbesondere an der nördlichen Arealgrenze, sind in den letzten Jahrzehnten sogar regelrechte Populationszusammenbrüche zu verzeichnen und vielerorts ist der Zitronenzeisig bereits lokal erloschen, z. B. in weiten Teilen des Schwarzwalds, der Vogesen oder des Juras (Dorka 1986; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Förchler 2013; Förchler & Dorka 2010; Paul 2011; ODONAT 2014; Bauer et al. 2016; Pfeffer 2017; Guillet 2018; Wichmann 2019; Handschuh et al. 2021; Kramer et al. 2022).

In den Alpen sind die Rückgänge unterhalb 1.600 m am stärksten und die untere Grenze der Höhenverbreitung verschiebt sich zunehmend nach oben (Hagist & Märki 2018), bei oft nur sehr begrenzten Ausweichmöglichkeiten in höhere Lagen. Deshalb ist zur Erhaltung des Zitronenzeisigs die Wiederherstellung und Optimierung aller Aspekte der Lebensraumeignung in den bestehenden Vorkommen und damit die Maximierung der lokalen und regionalen Resilienz von Beständen dringend erforderlich.

5 Rettungsprogramm im Schwarzwald

Im Schwarzwald, einem traditionellen, ehemals ausgedehnten und bedeutenden Brutgebiet des Zitronenzeisigs in Deutschland (Abb. 1), waren bereits in historischer Zeit starke Rückgänge zu verzeichnen. Diese umfassten sowohl den Brutbestand als auch das besiedelte Areal (Dorka 1986; Hölzinger 1987; Hölzinger & Dorka 1997; Förchler 2001a). In jüngerer Zeit nahmen die Rückgänge ab Ende der 1980er Jahre an Fahrt auf und sind nach der Jahrtausendwende regelrecht eskaliert (Förchler 2006b; Förchler & Dorka 2010; Förchler 2013). Trotzdem lag noch im Zeitraum 2005-2009 eine hohe Verantwortlichkeit von Baden-Württemberg für den Brutbestand des Zitronenzeisigs in Deutschland vor (Bauer et al. 2016).

Mittlerweile ist die Schwarzwaldpopulation allein im Vergleich zu 1985 um mindestens 97,5 % zurückgegangen und damit praktisch kollabiert. Im mittleren und nördlichen Schwarzwald ist der Zitronenzeisig als regelmäßiger Brutvogel erloschen und der Bestand im Südschwarzwald ist auf einen winzigen Rest zusammengeschmolzen (Wichmann 2019; Kramer et al. 2022; eigene Daten).

Deshalb wurde im Frühjahr 2022 in Kooperation zwischen dem Fachbereich für Ökologisches Monitoring, Forschung und Artenschutz des Nationalparks Schwarzwald, dem Regierungspräsidium Freiburg, dem Zoologischen Stadtgarten Karlsruhe (Zoo Karlsruhe), der Artenschutzstiftung des Zoos Karlsruhe und dem Alpenzoo Innsbruck, mit finanzieller Unterstützung

durch die Stiftung Naturschutzfonds Baden-Württemberg, ein Rettungsprogramm für den Zitronenzeisig im Schwarzwald initiiert. Ziele des Programms sind kurzfristig die Verhinderung des Aussterbens der verbliebenen Restpopulation, mittelfristig ein Populationszuwachs und die Wiederausbreitung in derzeit verwaiste Gebiete und langfristig die Wiederherstellung einer kopfstarken, gut vernetzten Population, die den gesamten Schwarzwald besiedelt. Um diese Ziele zu erreichen, werden Maßnahmen im Freiland (*in-situ* Maßnahmen) und in Menschenobhut (*ex-situ* Maßnahmen) kombiniert (Jones 2004; WAZA 2013; Bolam et al. 2021, 2022; BirdLife International 2022; vgl. auch Gant et al. 2021).

In-situ Maßnahmen umfassen vor allem die Verbesserung der ungünstigen Nahrungssituation in den letzten Brutgebieten (eigene Daten; Günther 2022) durch supplementäre Fütterungen mit hochwertiger Samennahrung (unter der erforderlichen Vorsicht: Murray et al. 2016; Lawson et al. 2018; Hanmer et al. 2022). Parallel dazu läuft eine mehr Zeit in Anspruch nehmende Wiederherstellung von günstigen Nahrungsflächen, „aktiv“ durch Pflegemaßnahmen (Abb. 18) und „passiv“ durch Anpassungen bei den Flächenbewirtschaftungen. Eine Verbesserung der Nahrungsgrundlage ist erforderlich, weil Berg- und Waldkiefern im letzten verbliebenen Brutgebiet kaum vorkommen und die auf sauren Böden bzw. Silikatgestein wachsende Krautschicht bewirtschaftungsbedingt verarmt ist, möglicherweise begünstigt oder beschleunigt durch den Klimawandel. Durch unsere Herangehensweise soll einerseits die Nahrungsgrundlage für den Zitronenzeisig schnell, gezielt, dauerhaft und nachhaltig wieder verbessert und andererseits die Bedeutung des Faktors Nahrung als Rückgangsursache experimentell untersucht werden. Des Weiteren wird das beim Zitronenzeisig schwierige Populationsmonitoring durch systematische Beobachtungen an den supplementären Fütterungen ergänzt und verbessert (Jones 2004; Cristinacce et al. 2009). Um möglichst evidenzbasiert vorgehen und den Erfolg der Maßnahmen anhand von Schlüsselparametern im Lebenszyklus des Zitronenzeisigs überprüfen zu können (Green 1995; Sutherland 2022), umfasst die Freilandarbeit auch ein Brutbestands- und Bruterfolgs-Monitoring (Abb. 19 & 20) sowie ein Krankheitsscreening. Letzteres wurde in das Programm aufgenommen, da basierend auf Erfahrungen aus dem internationalen Vogelschutz (z. B. Sutherland et al. 2004; Destro et al. 2018) bereits vor Projektbeginn in Erwägung gezogen wurde, dass beim katastrophalen Rückgang des Zitronenzeisigs auch Krankheit eine Rolle spielen könnten.

In der Tat stellten wir unter den verbliebenen Zitronenzeisigen im Südschwarzwald eine hohe Prävalenz der Knemidokoptes- oder Kalkbeinräude („Schnabelräude“, „Kalkbeine“) fest (Abb. 21 & 22). Dieses Krankheitsbild wird durch einen krankhaft starken Befall mit parasitischen Räummilben (Abb. 22), sogenannten „Kalkbeinmilben“ *Knemidocoptes spec.* hervorgerufen

(Beck & Pantchev 2012), im Gegensatz zum beispielsweise beim Buchfink *Fringilla coelebs* immer wieder auftretenden sogenannten „Finkenfuß“, welcher vor allem durch Vireninfektionen verursacht wird (z. B. Bosch & Lurz 2018).

Nach Beck & Pantchev (2012) leben die winzigen (<0.5 mm) Räummilben in der Oberhaut in hornreichen Körperregionen, zumeist an den Beinen, manchmal auch am Schnabelgrund. Die Milben ernähren sich von Keratin und führen durch den Aufbau eines wabenartigen Maschenwerks aus Bohrlöchern und Fraßgängen zu vermehrter Horn- und Krustenbildung (Hyperkeratose, „Verkalkung“) an den befallenen Körperstellen, von der sie ummantelt werden (Abb. 21). Das Graben und Bohren der Milben und die kontinuierlich zunehmenden Hornwucherungen rufen bei den betroffenen Individuen heftigen Juckreiz hervor und führen zu gravierenden Störungen ihres Allgemeinbefindens und aufgrund der fundamentalen Bedeutung der Beine und des Schnabels zu zunehmenden Beeinträchtigungen und physikalischen Behinderungen.

Nach unseren Beobachtungen im Freiland und in Menschenobhut hat der krankhafte Milbenbefall fatale Auswirkungen, da alle essenziellen Lebensbereiche der Zitronenzeisige betroffen sind (vgl. auch Beck & Pantchev 2012). So werden die Vögel bei der Nahrungssuche und der Nahrungsaufnahme, bei der Reinhaltung und der Pflege des Gefieders, beim Ruhen und Nächtigen sowie beim Nestbau und Brutgeschehen behindert. Befallene Individuen verlieren an Fitness, kränkeln und sind körperlich beeinträchtigt, was zu verringertem oder ausbleibendem Bruterfolg führt und sie zur leichten Beute für Prädatoren macht. So fliegen krankhaft befallene im Vergleich zu gesunden Individuen bei Gefahr später auf und haben Probleme bei der Landung. Auch führen die zunehmenden Behinderungen an den Beinen dazu, dass die Vögel beim Landen, Sitzen und bei der Fortbewegung sowohl in Gehölzen als auch am Boden in zunehmendem Maße die Flügel einsetzen müssen; solche sich unnatürlich bewegenden und vermehrt flatternden Vögel sind auffällig und von weitem sichtbar, was ihr Prädationsrisiko erhöht.

Unbehandelt führen die Vermehrung und Ausbreitung der Milben und der damit verbundenen Wucherungen sogar zu Abschnürungen und Unterbrechungen des Blutflusses, sodass Teile von oder ganze Gliedmaßen absterben (Abb. 21). Deshalb werden die Zitronenzeisige als weitere *in-situ* Sofortmaßnahme im Feld individuell behandelt, nachdem die artspezifische Verträglichkeit und Wirksamkeit des verwendeten Medikaments an Zitronenzeisigen in Menschenobhut (*ex-situ*) überprüft und getestet wurden. Individuen, die aufgrund eines fortgeschrittenen Befalls im Freiland nicht mehr überlebensfähig sind, werden mit einer Ausnahmegenehmigung des zuständigen Regierungspräsidiums Freiburg dauerhaft in Menschenobhut überführt. Hier sollen sie gegebenenfalls zur Erhaltungszucht und

zukünftigen Bereitstellung von Nachzuchten zur Bestandsstützung eingesetzt werden (Ewen et al. 2012; WAZA 2013; IUCN/SSC 2014; McGowan et al. 2017; vgl. auch Bubac et al. 2019).

Die Übertragung der Räummilben erfolgt in der Regel durch direkten körperlichen Kontakt zwischen Träger-Vögeln (Beck & Pantchev 2012). Normalerweise führt das bloße Vorhandensein der Parasiten noch nicht zu einer klinisch manifesten Erkrankung. Vielmehr können die Milben bei infizierten Vögeln über Monate oder Jahre ohne das Auftreten von Symptomen vorkommen. Ihre krankhafte Vermehrung ist eine Sekundärerkrankung, die erst nach einer entsprechenden Prädisposition auftritt, d. h. wenn das betreffende Individuum bereits anderweitig vorgeschädigt, gestresst oder geschwächt ist, beispielsweise aufgrund mangelhafter Ernährung, Stoffwechselstörungen, anderer Infektionskrankheiten oder ungünstiger Umwelteinflüsse (Beck & Pantchev 2012).

Unseren ersten Beobachtungen zufolge weisen derzeit mindestens 20-30 % der ausgewachsenen Zitronenzeisige im Südschwarzwald einen in der Hand mit dem bloßen Auge erkennbaren krankhaften Milbenbefall auf; weiterhin können sowohl adulte als auch vorjährige Vögel bereits krankhaft befallen aus dem Winterquartier zurückkehren und selbst bei diesjährigen Vögeln im Herbst kann bereits ein krankhafter Befall auftreten.

Ob und inwieweit das krankhafte Auftreten von Räummilben in der Restpopulation des Zitronenzeisigs im Schwarzwald auf eine klimabedingt verstärkte Einwan-



Abb. 18: Die Wiederherstellung von günstigen Nahrungsflächen ist ein wesentlicher Bestandteil der *in-situ* Maßnahmen zur Rettung des Zitronenzeisigs im Schwarzwald. Im Bild soll durch Abtragen des nährstoffreichen Oberbodens eine „Störstelle“ mit einem zukünftigen Massenvorkommen an Nahrungspflanzen mit günstigen Wuchseigenschaften entstehen. Südschwarzwald, 06.10.2022. – *The restoration of favourable foraging areas is an essential part of the in-situ efforts to save and recover Citril Finch in the Black Forest. In the picture, the nutrient-rich topsoil is being removed in preparation of an establishment of food plants with favourable physiognomy. Southern Black Forest, 06/10/2022.* Foto: R. Apel



Abb.19 & 20: Da die Nester des Zitronenzeisigs im Südschwarzwald schwer zugänglich sind, ist ein gezieltes Bruterfolgsmonitoring schwierig und erfordert den Einsatz von geeignetem Gerät Südschwarzwald, 25.05.2022. – *Since nests of Citril Finch in the southern Black Forest are hardly accessible, the monitoring of breeding success is difficult and requires the use of suitable equipment. Southern Black Forest, 25/05/2022.* Fotos: D. Apel (links), R. Apel (rechts)

derung oder erhöhte Überlebensrate der Milben in Hochlagen bzw. eine erhöhte Pathogenität des Milbenstammes (Kilpatrick & Randolph 2012; Estrada-Peña & Fernández-Ruiz 2020; Lemoine et al. 2022; Wu et al. 2022; siehe auch <http://idw-online.de/de/news812598>), eine Vorschädigung bzw. Prädisposition der Vögel (z. B. Nahrungsmangel, klimatischer Stress, genetische Verarmung) oder auf eine besondere Anfälligkeit dieser Hochlagen-Vogelart gegen krankhaften Milbenbefall zurückzuführen ist – oder auf eine Kombination aller oder bestimmter Faktoren – lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht sagen und ist im vorliegenden Fall auch nicht entscheidend. Vielmehr handeln wir derzeit nach dem bei der Notrettung von Kleinpopulationen anzuwendenden Prinzip des sofortigen Eingreifens mit wirksamen Mitteln bei Feststellung eines Problems, statt langwierigen und damit unter Umständen wertvolle Zeit oder Ressourcen in Anspruch nehmende Beobachtungen oder Forschungen (Jones 2004; Martin et al. 2012; Black et al. 2011, 2013).

Erste Nachforschungen unsererseits ergaben, dass im Freiland „Kalkbeine“ bei Zitronenzeisigen in jüngerer Zeit auch bei planmäßigen Zugvogelberingungen auf dem schweizerischen Col de Bretolet (S. Hohl schriftl. Mitt.) sowie bei Beobachtungen an brütenden Individuen in Vorarlberg (M. Pal mdl. Mitt.) festgestellt wurden. Des Weiteren stellten wir die Krankheit auf unsy-

stematisch gesichteten Fotos von Zitronenzeisigen in Meldeportalen aus dem Alpenraum fest. Es handelt sich daher mit Sicherheit um ein über den Schwarzwald hinaus im Freiland vorkommendes und wahrscheinlich zunehmendes Krankheitsproblem. Allerdings ist in unterschiedlichen Gebieten in Spanien bisher noch kein krankhafter Milbenbefall aufgefallen (J. C. Senar, T. Polo Aparisi, B. Fernandez-Eslava & D. Alonso mdl. Mitt.). Auch in Zuchtbeständen des Zitronenzeisigs war die Erkrankung bisher noch nicht verbreitet (M. Pal u. a. mdl. Mitt.). Wir wollen die vorliegende Erstpublikation der sich möglicherweise ausbreitenden parasitären Krankheit beim Zitronenzeisig verwenden, um die erforderlichen arealweiten, systematischen Untersuchungen anzustoßen.

Aufgrund seines kleinen Weltareals, seiner kleinen Weltpopulation und seines hohen Spezialisierungsgrads weist der Zitronenzeisig eine generelle Vulnerabilität auf. Nicht zuletzt, weil sich in Zeiten zunehmender weltweiter Umweltkrise und globalen Wandels („*global change*“) die Bedingungen in seinen montanen Lebensräumen rasch verändern (z. B. Alba et al. 2022, Viana & Chase 2022; Reif et al. 2023; Xu et al. 2023), ist mit einer zukünftigen weltweiten Gefährdung des Zitronenzeisigs zu rechnen. Deshalb wollen wir versuchen, ein mittels Zuchtbuchs koordiniertes Erhaltungszuchtprogramm und den Aufbau einer langfristig überlebens-

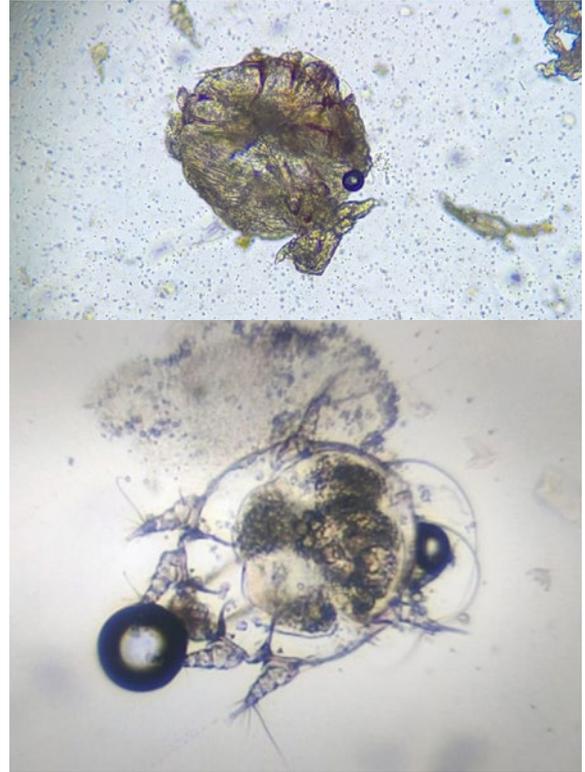


Abb 21 & 22: Die verbliebene Schwarzwaldpopulation des Zitronenzeisigs weist eine hohe Prävalenz der Kalkbeinräude auf, ein krankhafter Befall mit Rüdemitlen *Knemidocoptes spec.* Links abgebildet ist ein fortgeschrittenes Krankheitsstadium. In frühen Stadien ist ein Befall nur bei genauer visueller Inspektion in der Hand feststellbar. Die Krankheit führt zu gravierenden Beeinträchtigungen und Fitnessverlust und unbehandelt wahrscheinlich ausnahmslos zum Tod der betroffenen Vögel. Links, 03.08.2022, rechts, 25.06.2022. – *In the Citril Finch population remaining in the Black Forest there is a high prevalence of knemidocoptiasis (“scaly legs”), a pathological infestation with parasitic mites of the genus Knemidocoptes sp. The photo on the left shows an advanced stage of the disease. In early stages, pathological infestation can only be detected via close visual inspection in the hand. The disease causes severe disability and loss of fitness and, if left untreated, probably invariably leads to the death of the affected birds.* Left, 03/08/2022, right, 25/06/2022.

Fotos: R. Apel (links), L. Reese (rechts)

fähigen Sicherheitspopulation in Menschenobhut zu etablieren (WAZA 2013; Conde et al. 2013; IUCN/SSC 2014; McGowan et al. 2017; Gilbert et al. 2017; Olive & Jansen 2017).

Dank

Für Unterstützung danken wir: Daniel Alonso, Lukas Amberger, Fabian Anger, Toni Polo Aparisi, Daniela Apel, Manisha Bhardwaj, Clemens Becker, Matthias Blattner, Mattia Brambilla, Esther del Val Alfaro, Mitja Denac, Ulrich Dorka, Volker Dorka, Christian Dronneau, Blanca Fernandez-Eslava, Jurij Hanžel, Simon Hohl, Lukas Jenni, Jürgen Kläger, Achim Klumpp, Achim Laber, Tobias Lepp, Hans Märki, Pierre Mollet, Marc Montadert, Michael Pal, Jean-Jacques Pfeffer, Gabriel Rösch, Juan Carlos Senar, Günter Wuhrer sowie BirdLife Österreich & Österreichische Bundesforste für die Genehmigung für den Abdruck der Karte in Abb. 2.

6 Zusammenfassung

Der Zitronenzeisig *Carduelis citrinella* ist eine der wenigen endemischen Vogelarten Europas. Sein Weltareal ist disjunkt, auf einige Gebirgsregionen in Südwest- und Mitteleuropa, auf eine bestimmte Höhenstufe (v. a. 1.000 m bis 2.000 m ü. M.) und hier wiederum auf halboffene Habitate mit geeigneten Nahrungsressourcen beschränkt. Damit weist die Art in mehrfacher Hinsicht eine globale Vulnerabilität auf.

Pflanzensamen aus der Baum-, Strauch- und Krautschicht sind die Hauptnahrung des Zitronenzeisigs: Vom Herbst bis ins Frühjahr hinein sind vor allem Kiefern Samen bedeutend, insbesondere der Bergkiefer *Pinus mugo* sensu lato, und während der Brutzeit und Nachbrutzeit vor allem Sämereien aus der Krautschicht. Zitronenzeisige brauchen beim Nahrungserwerb einen festen Stand. Deshalb ist nicht nur ein Vorkommen an Nahrungspflanzen wichtig, sondern auch deren Physiognomie und damit die Zugänglichkeit von Samennahrung für den nur schlecht zu klettern vermögenden Zitronenzeisig. Insbesondere ein reiches Vorkommen an niedrigwüchsigen Korbbblütlern ist von Bedeutung.

Zwei Faktoren wirken derzeit besonders negativ auf den Zitronenzeisig: Lebensraumverlust aufgrund Intensivierung oder Aufgabe der extensiven Landnutzung, und Klimawandel. Zwar wird die Art derzeit noch als weltweit ungefährdet eingestuft, mittlerweile sind jedoch in allen Arealstaaten Bestandsrückgänge und lokales Erlöschen zu verzeichnen.

Im Schwarzwald, ein ehemals bedeutendes Brutgebiet des Zitronenzeisigs in Deutschland, ist der Brutbestand von ca. 800 Paaren und nahezu flächiger Verbreitung um 1985 auf ca. 20 Paare im Südschwarzwald im Jahr 2021 zusammengebrochen. Daher wurde im Frühjahr 2022 ein Rettungsprogramm gestartet, welches Maßnahmen im Freiland (*in-situ* Maßnahmen: Supplementäre Fütterung und Wiederherstellung von günstigen Nahrungsflächen, Bestands- und Bruterfolgsmonitoring, Krankheitsscreening und Behandlung von durch Milben befallener Individuen) mit Maßnahmen in Menschenobhut (*ex-situ* Maßnahmen: Rettung und Zucht von im Freiland nicht überlebenden Individuen, Aufbau einer Sicherheitspopulation) kombiniert.

Im Rahmen des Programms wurde eine hohe Prävalenz (mindestens 20-30 % der ausgewachsenen Vögel) eines krankhaften Befalls mit parasitischen Räude- und Krustmilben *Knemidocoptes spec.* festgestellt, welcher zu Beeinträchtigungen, verringerter Fitness einschließlich verringertem Bruterfolg und unbehandelt wahrscheinlich ausnahmslos zum Tod der betroffenen Vögel führt. Das Krankheitsbild ist normalerweise eine Sekundärerkrankung nach Vorschädigung, z. B. aufgrund mangelhafter Ernährung. Welche Faktoren im Südschwarzwald ausschlaggebend sind, lässt sich derzeit noch nicht sagen.

Beobachtungen aus anderen Gebieten legen nahe, dass es sich um eine über den Schwarzwald hinaus vorkommende und sich möglicherweise ausbreitende parasitäre Erkrankung handelt.

Aufgrund seines beschränkten Weltareals und hohen Spezialisierungsgrads ist nicht zuletzt aufgrund des zunehmenden globalen Wandels („*global change*“) mit einer zukünftigen weltweiten Gefährdung des Zitronenzeisigs zu rechnen.

7 Literatur

- Alba R, Kasoar T, Chamberlain D, Buchanan G, Thompson D & Pearce-Higgins J. W. 2022: Drivers of change in mountain and upland bird populations in Europe. *Ibis* 164: 635-648. <https://doi.org/10.1111/ibi.13043>.
- Améztegui A, Brotons L & Coll L 2010: Land-use changes as major drivers of mountain pine *Pinus uncinata* Ram. expansion in the Pyrenees. *Global Ecology and Biogeography* 19: 632-641. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00550.x>
- Anderle M, Panizza C, Brambilla M, Hilpold A, Volani S, Tasser E, Seeber J & Tappeiner U 2022: The contribution of landscape features climate and topography in shaping taxonomical and functional diversity of avian communities in a heterogeneous Alpine region. *Oecologia* 199: 499-512. <https://doi.org/10.1007/s00442-022-05134-7>.
- Araújo MB, Guilhaumon F, Neto DR, Pozo I, & Calmaestra R 2011: Impactos Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático de la Biodiversidad Española. 2 Fauna de Vertebrados. Dirección general de medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid 640 S.
- Auffret AG & Svenning JC 2022: Climate warming has compounded plant responses to habitat conversion in northern Europe. *Nature Communications* 13, 7818. URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35516-7>.
- Baccarani MM 2020: Vorkommen des Zitronenzeisigs *Carduelis citrinella* an exemplarischen Standorten in Wettersteingebirge, Nordtirol: Habitat Anwesenheit Brutbiologie syntop vorkommende Vogelarten. Masterarbeit Universität Innsbruck.
- Bairlein F, Dierschke J, Dierschke V, Salewski V, Geiter O, Hüppop K, Köppen U & Fiedler W 2016: Atlas des Vogelzugs: Ringfunde deutscher Brut- und Gastvögel.
- Barras AG, Liechti F & Arlettaz R 2021: Seasonal and daily movement patterns of an alpine passerine suggest high flexibility in relation to environmental conditions. *Journal of Avian Biology* 52: e02860. <https://doi.org/10.1111/jav.02860>.
- Bauer HG, Boschert M, Förschler M, Hölzinger J, Kramer M & Mahler U 2016: Rote Liste und kommentiertes Verzeichnis der Brutvögel Baden-Württembergs. 6. Fassung Stand 31.12.2013. Naturschutz-Praxis Artenschutz 11.
- Beck W & Pantchev N 2012: Praktische Parasitologie bei Heimtieren. Kleinsäuger - Vögel - Reptilien - Bienen. 2 überarbeitete und erweiterte Auflage. 384 S. Verlag Schlütersche.
- Bencheva S & Doychev D 2022: Winter desiccation of dwarf pine *Pinus mugo* Turra needles in the area of Belmeken Dam. *Silva Balcanica* 231: 79-88.
- Benoit F & Märki H 2004: Premières données sur l'aire de reproduction et la distribution hivernale du Venturon montagnard *Serinus citrinella* au nord des Pyrenees. *Nos Oiseaux* 33: 322-323.
- Bezzel E & Brandl R 1988: Der Zitronengirlitz *Serinus citrinella* im Werdenfeller Land Oberbayern. *Anz. orn. Ges. Bayern* 27: 45-65.
- BirdLife International 2017: *Carduelis citrinella* amended version of 2016 assessment. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22720062A111124877. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-1.RLTS.T22720062A111124877.en>. Zugriff am 03.02.2023.
- BirdLife International 2021: European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- BirdLife International 2022: State of the World's Birds 2022: Insights and solutions for the biodiversity crisis. Cambridge UK: BirdLife International.
- BirdLife International 2023: Species factsheet: *Carduelis citrinella*. Zugriff über <http://www.birdlife.org> am 31.01.2023.
- BirdLife Österreich & Österreichische Bundesforste 2016: Österreichischer Brutvogelatlas neu: Arbeitskarten 2013-2016. Datenstand Herbst 2016. URL: https://birdlife.at/web/binary/saveas?filename_field=datas_fname&field=datas&model=ir.attachment&id=1110.
- Black SA, Groombridge JJ & Jones CG 2013: Using Better Management Thinking to Improve Conservation Effectiveness. *International Scholarly Research Notices* 2013: Article ID 784701. <https://doi.org/10.1155/2013/784701>.
- Black SA, Meredith HMR & Groombridge JJ 2011: Biodiversity conservation: Applying new criteria to assess excellence. *Total Quality Management & Business Excellence* 22:11 1165-1178. <https://dx.doi.org/10.1080/14783363.2011.624766>.
- Bolam FC, Ahumada J, Akçakaya HR et al. 2022: Over half of threatened species require targeted recovery actions to avert human-induced extinction. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2022. DOI: 10.1002/fee.2537.

- Bolam FC, Mair L, Angelico M et al. 2021: How many bird and mammal extinctions has recent conservation action prevented? *Conservation Letters*: 14:e12762. <https://doi.org/10.1111/conl.12762>.
- Borràs A & Senar J. C. 1991: Opportunistic breeding of the Citril Finch *Serinus citrinella*. *J. Ornithol.* 132: 285-289.
- Borràs A, Blache S, Cabrera J, Cabrera T & Senar JC 2005: Citril Finch *Serinus citrinella* populations at the north of the Pyrenees may winter in the northeast of the Iberian Peninsula. *Aves* 42: 261-265.
- Borràs A, Cabrera J, Colomé X, Cabrera T & Senar JC 2011: Patterns of connectivity in Citril Finches *Serinus citrinella*: sympatric wintering of allopatric breeding birds? *Bird Study* 58: 257-263.
- Borràs A, Cabrera T, Cabrera J & Senar JC 2003: The diet of the citril finch *Serinus citrinella* in the Pyrenees and the role of *Pinus* seeds as a key resource. *J. Ornithol.* 144: 345-353.
- Borràs A, Senar JC & Márki H 2020: Citril Finch *Carduelis citrinella*. In: Keller V, Herrando S, Voříšek P, Franch M, Kipson M, Milanese P, Martí D, Anton M, Klvaňová A, Kalyakin MV, Bauer HG & Foppen RPB (Hrsg) *European Breeding Bird Atlas 2: Distribution Abundance and Change: 849*. European Bird Census Council & Lynx Edicions Barcelona.
- Borràs A, Senar JC, Alba-Sánchez F, López-Sáez JA, Cabrera J, Colomé X & Cabrera T 2010: Citril Finches during the winter: patterns of distribution the role of Pines and implications for the conservation of the species. *Animal Biodiversity and Conservation* 33.1: 89-115.
- Borràs A, Senar JC, Cabrera J & Cabrera A 2004b: Lluçaretà *Serinus citrinella*. *Atles dels ocells nidificants de Catalunya 1999-2002*: 522-523.
- Bosch S & Lurz P 2018: Warzenartige Fußwucherungen bei Buchfinken *Fringilla coelebs* durch Papillomaviren und andere Ursachen. *Ornithologische Mitteilungen* 70 1/2: 41-47.
- Brambilla M, Rubolini D, Appukuttan O, Calvi G, Karger DN, Kmecl P, Mihelič T, Sattler T, Seaman B, Teufelbauer N, Wahl J & Celada C 2022: Identifying climate refugia for high-elevation Alpine birds under current climate warming predictions. *Global Change Biology* 28: 4276-4291. <https://doi.org/10.1111/gcb.16187>.
- Braunisch V, Patthey P & Arlettaz R 2016: Where to Combat Shrub Encroachment in Alpine Timberline Ecosystems: Combining Remotely-Sensed Vegetation Information with Species Habitat Modelling. *PLoS ONE* 1110: e0164318. [doi:10.1371/journal.pone.0164318](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164318).
- Bubac CM, Johnson AC, Fox JA & Cullingham CI 2019: Conservation translocations and post-release monitoring: Identifying trends in failures, biases, and challenges from around the world. *Biological Conservation* 238: 108239. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108239>.
- Camarero JJ & Gutiérrez E 2004: Pace and Pattern of Recent Treeline Dynamics: Response of Ecotones to Climatic Variability in the Spanish Pyrenees. *Climatic Change* 63: 181-200 (2004). URL: <https://doi.org/10.1023/B:LIM.0000018507.71343.46>.
- CEN PACA & LPO PACA 2020: Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs de passage et hivernants de Provence-Alpes-Côte d'Azur. 18 S.
- Ceresa F, Kranebitter P, Monrós JS, Rizzolli F & Brambilla M 2021: Disentangling direct and indirect effects of local temperature on abundance of mountain birds and implications for understanding global change impacts. *PeerJ* 9: e12560 DOI 10.7717/peerj.12560.
- Clement P & de Juana E 2020: Citril Finch *Carduelis citrinella* version 1.0. In: J. del Hoyo A, Sargatal EJ, Christie DA & de Juana E (Hrsg) *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology Ithaca NY USA. <https://doi.org/10.2173/bow.citfin1.01>.
- Conde DA, Colchero F, Gusset M, Pearce-Kelly P, Byers O et al. 2013: Zoos through the Lens of the IUCN Red List: A Global Metapopulation Approach to Support Conservation Breeding Programs. *PLoS ONE* 812: e80311. [doi:10.1371/journal.pone.0080311](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080311).
- Cristinacce A, Handschuh M, Switzer RA, Cole RE, Tatayah V, Jones CG & Bell D 2009: The release and establishment of Mauritius fodies *Foudia rubra* on Ile aux Aigrettes Mauritius. *Conservation Evidence* 2009 6: 1-5.
- De Crousaz G & Lebreton P 1963: Notes sur la migration du Venturon montagnard *Carduelis citrinella* L. aux cols de Cou-Bretolet et sur son hivernage en Suisse et en France. *Nos Oiseaux* 27: 46-61.
- Dejonghe JF 1991: Venturon montagnard *Serinus citrinella*. In: Yeatman-Berthelot D (Hrsg) *Atlas des oiseaux de France en hiver: 462-463*. Société Ornithologique de France Paris.
- Destro GFG, De Marco P & Terribile LC 2018: Threats for bird population restoration: A systematic review. *Perspectives in ecology and conservation* 162: 68-73.
- Dirzo R, Ceballos G & Ehrlich PR 2022: Circling the drain: the extinction crisis and the future of humanity. *Phil. Trans. R. Soc. B* 377: 20210378. <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0378>.
- Dorka U 1986: Der Zitronengirlitz *Serinus c. citrinella* im Nordschwarzwald - zur Verbreitung und Habitatwahl. *Orn. Jh. Bad.-Württ.* 2 1986: 57-71.
- Dorka V & Stadelmaier H 1991: Ornithologische Untersuchungen zu einer Naturschutzrahmenkonzeption "Rohrhardsberg". Theoretisch und ornithologisch-zoologischer Teil. Projektbearbeitung für das Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg Stuttgart.
- Dvorak M, Landmann A, Teufelbauer N, Wichmann G, Berg HM & Probst R 2017: The conservation status of the breeding birds of Austria: Red List 5th version and Birds of Conservation Concern 1st version. *Egretta* 55: 6-42.
- Dvorak M, Ranner A & Berg HM 1993: Atlas der Brutvögel Österreichs. Ergebnisse der Brutvogelkartierung 1981-1985 der Österreichischen Gesellschaft für Vogelkunde. Umweltbundesamt.
- Engler JO, Rödder D, Stiels D & Förchler MI 2014: Suitable reachable but not colonised: seasonal niche duality in an endemic mountainous songbird. *J. Ornithol.* 155: 657-669.
- Estrada-Peña A & Fernández-Ruiz N 2020: A Retrospective Assessment of Temperature Trends in Northern Europe Reveals a Deep Impact on the Life Cycle of *Ixodes ricinus* Acari: Ixodidae. *Pathogens* 9(5): 345. [doi:10.3390/pathogens9050345](https://doi.org/10.3390/pathogens9050345).
- Ewen JG, Armstrong DP, Parker KA & Seddon PJ (Hrsg.) 2012: *Reintroduction Biology. Integrating Science and Management*. Wiley-Blackwell.
- Feldner J & Rass P 1999: Zwei neue Brutvogelarten für Kärnten: Zwergschnäpper *Ficedula parva* und Zitronengirlitz *Serinus citrinella*. *Carinthia* II 189109: 241-246.
- Fornasari L, Carabela M, Corti W & Pianezza F 1998: Autumn movements of Citril Finches *Serinus citrinella* in the southern Alps. *Ring and Migration* 19: 23-29.

- Förschler M 2001a: Brutzeitliche Nahrungswahl des Zitronengirlitzes im Nordschwarzwald. *Vogelwelt* 122: 265-272.
- Förschler M 2001b: Witterungsbedingte Ausweichbewegungen des Zitronengirlitzes *Serinus citrinella* im Nordschwarzwald. *Ornithol. Beob.* 98: 209-214.
- Förschler M 2002: Brutbiologie des Zitronengirlitz *Serinus citrinella* im Nordschwarzwald. *Der Ornithologische Beobachter* 99: 19-32.
- Förschler MI & Dorka U 2010: Citril Finch faces extinction at the northern edge of its distribution. *Alauda* 78: 13-136.
- Förschler MI & Kalko EKV 2006a: Breeding ecology and nest site selection in allopatric mainland Citril Finches *Carduelis [citrinella] citrinella* and insular Corsican Finches *Carduelis [citrinella] corsicanus*. *Journal of Ornithology* 147: 553-564.
- Förschler MI & Kalko EKV 2006b: Macrogeographic variations in food choice of mainland citril finches *Carduelis [citrinella] citrinella* and insular Corsican citril finches *Carduelis [citrinella] corsicanus*. *Journal of Ornithology* 147: 441-447.
- Förschler MI & Kalko EKV 2007: Geographical differentiation acoustic adaptation and species boundaries in mainland citril finches and insular Corsican finches superspecies *Carduelis [citrinella]*. *Journal of Biogeography*: 349 1591-1600.
- Förschler MI & Kläger J 2007: Expansion de l'aire de répartition du Venturon montagnard *Carduelis citrinella* en Espagne du sud. *Aves* 44 1: 33-40.
- Förschler MI 2006a: Absence of insular density inflation in Corsican Finches *Carduelis [citrinella] corsicanus*. *Acta Ornithologica* 412: 171-175.
- Förschler MI 2006b: Starker Bestandsrückgang beim Zitronenzeisig an nachbrutzeitlichen Sammelpätzen im Nordschwarzwald. *Vogelwarte* 44: 17-21.
- Förschler MI 2007a: Microgeographic variation in citril Finch *Carduelis citrinella* abundance as a consequence of resource availability and ancient landscape cultivation. *Eur. J. Wildl. Res.* 53: 29-34.
- Förschler MI 2007b: Seasonal variation in the diet of citril Finches *Carduelis citrinella*: are they specialists or generalists? *Eur. J. Wildl. Res.* 53: 190-194.
- Förschler MI 2012: Zitronenzeisige *Carduelis citrinella* in Nordrhein-Westfalen. *Charadrius* 48 1: 36-37.
- Förschler MI 2013: Auf verlorenem Posten? Der Zitronenzeisig im Schwarzwald. *Der Falke* 60: 453-455.
- Förschler MI, Förschler L & Dorka U 2006: Population fluctuations of Siskins *Carduelis spinus* Common Crossbills *Loxia curvirostra* and Citril Finches *Carduelis citrinella* in relationship to flowering intensity of spruce *Picea abies*. *Ornis Fennica* 83: 91-96.
- Förschler M & Handschuh M 2022: Ein Alpenvogel am Abgrund? Der Zitronenzeisig. *Der Falke Sonderheft* 2022: 48-51.
- Förschler MI, Senar JC, Borràs A, Cabrera J & Björklund M 2011: Gene flow and range expansion in a mountain-dwelling passerine with a fragmented distribution. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 707-721.
- Förschler MI, Senar JC, Perret P & Björklund M 2009: The species status of the Corsican finch *Carduelis corsicana* assessed by three genetic markers with different rates of evolution. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 52: 234-240.
- Förschler MI, Shaw DN & Bairlein F 2008b: Deuterium analysis reveals potential origin of the Fair Isle Citril Finch *Carduelis citrinella*. *Bull. B.O.C.* 131 3: 189-191.
- Förschler MI, Siebenrock KH & Coppack T 2008a: Corsican finches have less pointed wings than their migratory congeners on the mainland. *Vie et milieu Life and environment* 58: 277-281.
- Gant JR, Mair L, & McGowan PJK 2021: Fragmented evidence for the contribution of ex situ management to species conservation indicates the need for better reporting. *Oryx* 55(4): 573-580. doi:10.1017/S0030605319000784.
- Gedeon K, Grüneberg C, Mitschke A, Sudfeldt C, Eikhorst W, Fischer S, Flade M, Frick S, Geiersberger I, Koop B, Kramer M, Krüger T, Roth N, Ryslavý T, Stübing S, Sudmann SR, Steffens R, Vökler F & Witt K 2014: Atlas Deutscher Brutvogelarten. Atlas of German breeding birds. Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten. Münster.
- Geister I 1983: European news. *British Birds* 76: 276.
- Geister I 1995: Ornitološki atlas Slovenije. Razširjenost gnezdilk. DZS.
- Gilbert T, Gardner R, Kraaijeveld AR & Riordan P (2017): Contributions of zoos and aquariums to reintroductions: historical reintroduction efforts in the context of changing conservation perspectives. *Int. Zoo Yb.*, 51: 15-31. https://doi.org/10.1111/izy.12159.
- Glutz von Blotzheim UN & Bauer KM 1997: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 14/II Passeriformes 5. Teil: Fringillidae - Parulidae. Finkenvögel Waldsänger. AULA-Verlag Wiesbaden.
- Green RE 1995: Diagnosing causes of bird declines. *Ibis* 137 Suppl. 1: 47-55. https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1995.tb08457.x.
- Gregori J 1977: Ekološki in favnistični pregled ptičev severozahodne Slovenije. *Larus* 29-30: 70.
- Grendelmeier A, Pasinelli G, Mollet P, Feller K, Graf R, Lanz M, Strebel N, Sattler T & Knaus P 2020: Entwicklung der Brutvögel im Schweizer Wald: Gewinner und Verlierer. In K. Bollmann Ed WSL Berichte 100: 89-97.
- Guillet W 2018: Venturon montagnard *Carduelis citrinella*. In: LPO Franche-Comté (Hrsg) Les oiseaux de Franche-Comté - Répartition tendances et conservation: 317-318. Éditions Biotope.
- Günther D 2022: Untersuchungen der Nahrungshabitate des Zitronenzeisigs im Südschwarzwald. Masterarbeit, Pädagogische Hochschule Karlsruhe.
- Hagist D & Märki H 2018: Zitronenzeisig. In: Knaus P, Antoniazza S, Wechsler S, Guélat J, Kéry M, Strebel N & Sattler T (Hrsg) Schweizer Brutvogelatlas 2013-2016. Verbreitung und Bestandsentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein: 540-541. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Handschuh M, del Val E & Förschler M 2021: Nationalpark Schwarzwald: Vorkommen formell wertgebender Vogelarten des Vogelschutzgebiets Nordschwarzwald. *Naturschutz-Info* 2021 1-2. https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10333.
- Hanmer HJ, Cunningham AA, John SK, Magregor SK, Robinson RA, Seilern-Moy K, Siriwardena GA & Lawson B 2022: Habitat-use influences severe disease-mediated population declines in two of the most common garden bird species in Great Britain. *Sci. Reports* 12, Article number: 15055. https://doi.org/10.1038/s41598-022-18880-8.
- Harsch MA, Hulme PE, McGlone MS & Duncan RP 2009: Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline re-

- sponse to climate warming. *Ecology Letters* 12: 1040-1049. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01355.x>.
- Hauri R 1957: Überwinterungs- und Zugfragen beim Zitronenzeisig. *Ornithologischer Beobachter* 54 (2): 41-44.
- Hözlinger J 1987: Die Vögel Baden-Württembergs. Bd. 1: Gefährdung und Schutz. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Hözlinger J & Dorka V 1997: *Serinus citrinella* Pallas 1764 - Zitronengirlitz. In: Hözlinger J (Hrsg) Die Vögel Baden-Württembergs. Bd. 3.2 Singvögel 2: 584-603. Ulmer Verlag Stuttgart.
- IUCN 2022: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on 03 February 2023.
- IUCN/SSC 2014: Guidelines on the Use of Ex Situ Management for Species Conservation. Version 2.0. Gland Switzerland: IUCN Species Survival Commission.
- Jähmig S, Sander MM, Caprio E, Rosselli D, Rolando A & Chamberlain D 2020: Microclimate affects the distribution of grassland birds but not forest birds in an Alpine environment. *Journal of Ornithology* 161: 677-689.
- Jenni L & Winkler R 2020: Moults and ageing of European passerines. Bloomsbury Publishing.
- Jones C 2004: Conservation management of endangered birds. In: Sutherland WJ, Newton I & Green RE (Hrsg) *Bird Ecology and Conservation*: 269-301. Oxford University Press.
- Kilpatrick AM & Randolph SE 2012: Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases. *Lancet* 380: 1946-55. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61151-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61151-9).
- Kilzer R & Blum V 1991: Atlas der Brutvögel Walmendinger Horn, Vorarlbergs. Natur und Landschaft in Walmendinger Horn, Vorarlberg 3. Österreichische Gesellschaft für Vogelkunde Wolfurt 1991.
- Kilzer R, Amann G & Kilzer G 2002: Rote Liste gefährdeter Brutvögel Walmendinger Horn, Vorarlbergs. Rote Listen Walmendinger Horn, Vorarlbergs, Band 2. Dornbirn (Walmendinger Horn, Vorarlberger Naturschau).
- Knaus P, Antoniazza S, Keller V, Sattler T, Schmid H & Strebel N 2021a: Rote Liste der Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU; Schweizerische Vogelwarte. Umwelt-Vollzug Nr. 2124: 53 S.
- Knaus P, Antoniazza S, Keller V, Sattler T, Schmid H & Strebel N 2021b: Rote Liste 2021 der Brutvögel: Grundlagen Hintergründe der Einstufungen und Dokumentation der Arten. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Kramer M, Bauer HG, Bindrich F, Einstein J & U. Mahler 2022: Rote Liste der Vögel Baden-Württembergs. 7. Fassung Stand 31.12.2019. Naturschutz-Praxis Artenschutz 11.
- Lawson B, Robinson RA, Toms MP, Risely K, MacDonald S & Cunningham AA 2018: Health hazards to wild birds and risk factors associated with anthropogenic food provisioning. *Phil. Trans. R. Soc. B* 373: 20170091. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0091>.
- Lemoine M, Cornetti L, Reeh K & Tschirren B 2022: Tick range expansion to higher elevations: does *Borrelia burgdorferi* sensu lato facilitate the colonisation of marginal habitats? *BMC Ecology and Evolution* 22:104. <https://doi.org/10.1186/s12862-022-02058-x>.
- Lentner R, Lehne F, Danzl A & Eberhard B 2022: Atlas der Brutvögel Wettersteingebirge, Nordtirols. Berenkamp Verlag.
- Maestri F, Voltolini L & Lo Valvo F 1989: Biologia riproduttiva di una comunità di fringillidi in un mugeto dell Alpe Retiche Sondrio. *Rivista Italiana Ornitologia* 59: 159-171.
- Maggini R, Lehmann A, Zbinden N, Zimmermann NE, Bolliger J, Schröder B, Foppen R, Schmid H, Beniston M & Jenni L 2014: Assessing species vulnerability to climate and land use change: the case of the Swiss breeding birds. *Diversity and distributions* 20 6: 708-719.
- Malfasi F & Cannone N 2020: Climate Warming Persistence Triggered Tree Ingression After Shrub Encroachment in a High Alpine Tundra. *Ecosystems* 23: 1657-1675. <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00495-7>.
- Märki H & Adamek G 2013: Nahrungsbedingt wechselnde Winterhabitate des Zitronengirlitzes *Serinus citrinella* in Südfrankreich. *Ornithol. Beob.* 110: 437-452.
- Märki H & Adamek G 2022: The distributional range of the Citril Finch *Carduelis citrinella* - unsolved riddles and possible explanations. *Ornithologischer Beobachter* 119 2022: 367-375.
- Märki H 1976: Brutverbreitung und Winterquartier des Zitronenzeisigs *Serinus citrinella* nördlich der Pyrenäen. *Ornithol. Beob.* 73: 67-88.
- Märki H 2021: Wasser als wichtige Ressource für den Zitronenzeisig *Carduelis citrinella*. *Orn. Beob.* 118: 46-57.
- Märki H, Biber O & Pérez-Contreras J 2012: Le Venturon montagnard *Serinus citrinella* nicheur régulier dans la Sierra Nevada Andalousie Espagne. *Nos Oiseaux* 59: 39-45.
- Martin TG, Nally S, Burbidge AA, Arnall S, Garnett ST, Hayward MW, Lumsden LF, Menkhorst P, McDonald-Madden E & Possingham HP 2012: Acting fast helps avoid extinction. *Conservation Letters* 5: 274-280. doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00239.x.
- Matvejev SD 1981: Laška konopeljšćica *Serinus citrinella*. *Acrocephalus* 2: 59.
- Mau KG 1980: Beobachtungen von Zitronengirlitzen *Serinus c. citrinella* an Futterpflanzen in zwei Biotopen unterschiedlicher Höhenlage und Grünlandstruktur im Südschwarzwald. *Gefiederte Welt* 104: 171-175 187-189 213-216 234-238.
- McGowan PJK, Traylor-Holzer K & Leus K 2017: IUCN Guidelines for Determining When and How Ex Situ Management Should Be Used in Species Conservation. *Conservation Letters* 10: 361-366. <https://doi.org/10.1111/conl.12285>.
- Méndez-Cea B, García-García I, Gazol A, Camarero JJ, de Andrés EG, Colangelo M, Valeriano C, Gallego FJ & Linares JC 2023: Weak genetic differentiation but strong climate-induced selective pressure toward the rear edge of mountain pine in north-eastern Spain. *Sci Total Environ.* 858Pt 2: 159778. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.159778.
- Moltoni E 1969: Gli uccelli del Parco nazionale dello Stelvio. Tipografia Sondrio.
- Moritz D & Bachler A 2001: Die Brutvögel Ostwettersteingebirge, Nordtirols. Ein kommentierter Verbreitungsatlas. Author's edition.
- Murray MH, Becker DJ, Hall RJ & Hernandez SM 2016: Wildlife health and supplemental feeding: A review and management recommendations. *Biological Conservation* 204 B: 163-174.
- ODONAT Office des données naturalistes d'Alsace 2014: La Liste rouge des Oiseaux nicheurs menacés en Alsace. 27 S.
- Olive A & Jansen K (2017): The contribution of zoos and aquaria to Aichi Biodiversity Target 12: A case study of Canadian zoos. *Global Ecology and Conservation* 10: 103-113.
- Pasquet E & Thibault JC 1997: Genetical differences among mainland and insular forms in the Citril Finch *Serinus citrinella* *Ibis* 139 679-684.

- Paul JP 2011: Venturon montagnard *Serinus citrinella*. Liste rouge des vertébrés terrestres de Franche-Comté. LPO Franche-Comté. URL: <http://files.biolovision.net/franche-comte.lpo.fr/userfiles/publications/MonographiesLR/VenturonmontagnardListerougeFC.pdf>.
- Pérez-Contreras J, Garzon Gutierrez J, Garcia I & Tamayo A 2005: Situación del verderón serrano *Serinus citrinella* Pallas 1764 en Sierra Nevada España. *Zool. baetica* 16: 171-176.
- Pfeffer JJ 2017: Venturon montagnard *Carduelis citrinella*. In: Muller Y, Dronneau C & Bronner JM (Hrsg) Atlas des oiseaux d'Alsace: nidification et hivernage: 719-721. LPO Alsace.
- Praz JC & Oggier PA 1973: Sur l'hivernage du Venturon montagnard en Valais. *Nos Oiseaux* 32: 109-112.
- Probst R 2012: Warum brütet der Zitronenzeisig *Carduelis citrinella* in Kärnten genau am Dobratsch? *Carinthia II* 202 122: 493-504.
- Reif J, Gamero A, Flousek J & Hůnová I. 2023: Ambient ozone - New threat to birds in mountain ecosystems? *Sci Total Environ.* 2023 Mar 10; 876: 162711. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.162711.
- Ryslavý T, Bauer HG, Gerlach B, Hüppop O, Stahmer J, Südbek P & Sudfeldt C 2020: The Red List of breeding birds of Germany 6th edition 30 September 2020. *Berichte zum Vogelschutz* 57: 13-112.
- Sabel K 1965: Beobachtungen an Zitronengirlitzen *Serinus citrinella* und anderen Finken im Schwarzwald. *Gefiederte Welt* 89: 32-34 und 49-51.
- Sabel K 1967: Beobachtungen an Zitronengirlitzen *Serinus citrinella* Birkenhänflingen *Acanthis flammea* und anderen Finken im Oberengadin. Unveröff. Manuskript. Koblenz.
- Sanchez-Salguero R, Camarero JJ, Gutiérrez E, Gazol A, Sangüesa-Barreda G, Moiseev P & Linares JC 2018: Climate Warming Alters Age-Dependent Growth Sensitivity to Temperature in Eurasian Alpine Treelines. *Forests* 911: 688. <https://doi.org/10.3390/f9110688>.
- Sangster G 2000: Genetic distance as a test of species boundaries in the Citril Finch *Serinus citrinella*: a critique and taxonomic reinterpretation. *Ibis*: 142 487-490.
- Sangster G, Knox AG, Helbig AJ & Parkin DT 2002: Taxonomic recommendations for European birds. *Ibis* 1441: 153-159.
- Schäffer A 2021: Schmetterlingsflug und Samencocktails: Zitronenzeisig. *Der Falke* 5/2021: 21-25.
- Senar JC, Borràs A, Conroy M, Cabrera J & Cabot J 2022: Predicting Citril Finch response to climate change: an analysis of survival and recruitment rates in relation to meteorological covariates. Vortrag, 13th European Ornithologists' Union Congress 2022 online conference, 15. März 2022.
- SEO/BirdLife, López-Jiménez N (Hrsg) 2021 : Libro Rojo de las aves de España. SEO/BirdLife. Madrid.
- Spina F & Volponi S 2008: Atlante Della Migrazione Degli Uccelli in Italia. 2. Passeriformi. Roma: Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ISPRA.
- Sutherland WJ 2022: Transforming Conservation: A Practical Guide to Evidence and Decision Making. Cambridge UK: Open Book Publishers. <https://doi.org/10.11647/OBP.0321>.
- Sutherland WJ, Newton I & Green RE 2004: Bird Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques. Oxford University Press.
- UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS 2016: La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris France. 32 S.
- Viana DS & Chase JM 2022: Increasing climatic decoupling of bird abundances and distributions. *Nat. Ecol. Evol.* 6: 1299-1306. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01814-y>.
- Voous KH 1962: Die Vogelwelt Europas und ihre Verbreitung. Übersetzt und bearbeitet von M. Abs. Parey Hamburg & Berlin.
- WAZA (World Association of Zoos and Aquariums) 2013: Towards Integrated Species Conservation. *WAZA magazine* Vol 14/2013.
- Wichmann F 2019: Zitronenzeisig. In: SBBW - Arbeitsgruppe „Seltene Brutvögel in Baden-Württemberg“ (Hrsg) *Seltene Brutvögel in Baden-Württemberg* 2017: 77-112. *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 35.
- Wu Q, Chen L, Zhang Q, Jin X, Tang L, Zhang X, Liu Y, Li J, Pei J, Zhu Q, Jin S, Zhao Q, Shen J, Zhao Z, Jin Y, He H, Gu X & Yang M 2022: Sarcoptic mange is an emerging threat to biodiversity in the Qinling Mountains in China. *Transboundary and Emerging Diseases* 00 1-13. <https://doi.org/10.1111/tbed.14741>.
- Xu WB, Blowes SA, Brambilla V, Chow CFY, Fontrodona-Eslava A, Martins IS, McGlenn D, Moyes F, Sagouis A, Shimadzu H, van Klink R, Magurran AE, Gotelli NJ, McGill BJ, Dornelas M & Chase JM 2023: Regional occupancy increases for widespread species but decreases for narrowly distributed species in metacommunity time series. *Nat Commun.* 2023 Mar 16; 14(1): 1463. doi: 10.1038/s41467-023-37127-2.
- Zink G & Bairlein F 1995: Der Zug europäischer Singvögel. Ein Atlas der Wiederfunde beringter Vögel. Band III: Fringillidae Passeridae Sturnidae. Aula-Verlag Wiesbaden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde](#)

Jahr/Year: 2023

Band/Volume: [61_2023](#)

Autor(en)/Author(s): Handschuh Markus, Bickel Malte, Apel Rene, Günther Dennis, Harry Ingmar, Martin Ralph, Reese Lukas, Reinschmidt Matthias, Rinder Monika, Rücker Patrick, Schnaible Konrad, Stadler Andre, Wichmann Frank, Wuhrer Jürgen, Förschler Marc Imanuel

Artikel/Article: [Verbindung von in-situ und ex-situ Maßnahmen zum Schutz des Zitronenzeisigs *Carduelis citrinella*, einem endemischen Bergvogel im globalen Sinkflug 27-45](#)