

# Den Nistkastengeheimnissen auf der Spur: Möglichkeiten und Grenzen der Videoüberwachung von Bruthöhlen

Stefan Bosch, Thomas Haalboom & Peter Lurz

Bosch S, Haalboom T & Lurz P 2016: Exploring the secrets of nest boxes: opportunities and limits of video surveillance of nest cavities. *Vogelwarte* 54: 125-136.

Modern camera technology opens exciting opportunities for new and unexpected observations of animal behaviour and data collection. Despite the existence of a large number of studies that employed cameras, there is a lack of technically-oriented overviews and reports where equipment was used continuously. Here, we therefore illustrate the opportunities camera technology offers, and collate our extensive experiences with songbirds and small mammals using a specially designed camera system for observations. Small portable cameras present clear advantages such as an affordable price, adaptability to requirements, reliability and high quality images. Despite emissions of infrared-light and heat, camera-equipped nest boxes are accepted by animals for sleeping or breeding without problems. However, it is important to accept that cameras do alter the conditions inside the nest boxes. CCD-cameras are in our experience preferable to CMOS-cameras. Picture quality is comparable for both cameras but the former emit less heat.

The continuous use of cameras in nest boxes over several years also showed the problems one encounters when employing the technology. Dirt, wasp nests, spiders or gnawed cables by mice or squirrels can all interrupt data collection. Some research questions require motion-triggered images, however false-positives can be caused by light-changes inside or outside of the nest or at the entrance, precipitation, moving vegetation (e.g. branches or leaves), spiders or insects. In addition, poor picture quality can occur during overcast skies or in twilight, as cameras switch to IR-illumination in low light levels. In order to motivate people to use cameras themselves we offer advice and tips based on our experiences as well as legal and organisational information. With the increasing use of camera technology in research and citizen science, we also propose the creation of a code of conduct to avoid negative impacts on study animals and offer initial suggestions based on the current work.

✉ SB: Metterstraße 16, D-75447 Sternenfels. E-Mail: stefan-bosch@web.de

TH: Duale Hochschule Baden-Württemberg Cooperative State University Baden-Wuerttemberg, Studiengang

Mechatronik, Karlsruhe, Erzbergerstraße 121, D-76133 Karlsruhe

PL: Lurzengasse 3, D-97236 Randersacker

## Einleitung

Mit der fortschreitenden Miniaturisierung und Qualitätsverbesserung der Kameraüberwachungstechnik erweitert sich deren Einsatzspektrum ständig und eröffnet neue Möglichkeiten auch in der biologischen Feldforschung (Wratten 1994). Gegenüber den weit verbreiteten Foto- bzw. Wildfallen, die Bewegungsmelder, Kamera und Aufzeichnungsmöglichkeit in einem Gerät vereinen (z. B. Bosch 2015), erschließen kleine Überwachungskameras weitere Einsatzbereiche.

Wurden zunächst Horste großer Vogelarten wie Weißstorch (Abb. 1) oder Greifvögel mit Kameras überwacht (Kross & Nelson 2011), gelingt dies inzwischen auch bei Singvögeln und Kleinsäufern (z. B. Bosch 2012; Bosch & Lurz 2013). Die Zahl an Studien, die mit Videoüberwachung bei Vögeln arbeiten, wächst ständig (Wratten 1994; Cox et al. 2012). In dieser Arbeit berichten wir über Erfahrungen mit einem Kamerasystem,

das sich unseres Erachtens gut für den Einsatz im Bereich kleiner Singvögel und Kleinsäuger eignet. Wir wollen unsere Erfahrungen zusammenfassen, Möglichkeiten und Grenzen aufzeigen, Probleme im Sinne einer Methodenkritik diskutieren und andere Anwender ermuntern, diese faszinierende Möglichkeit der Naturbeobachtung und Forschung zu nutzen. Da die Systeme relativ problemlos zu handhaben und vom Preis erschwinglich sind, sind sie auch eine Methode für interessierte Laien.

## Ziele

Unsere Ziele beim Einsatz von Überwachungskameras sind Einblicke und Einsichten in das Leben wildlebender Tiere, die sonst überhaupt nicht, nur mit erheblichen Störungen oder enormem Zeitaufwand möglich wären. In manchen Fällen (z. B. Prototypen der Monitoringgeräte) nutzen wir die Kameras auch zur Funk-



**Abb. 1:** Fotogener Weißstorch *Ciconia ciconia* auf der Nestkamera auf einem Kirchturm, der Blick ins Nest wird auf einen Monitor im Informationszentrum übertragen (Mai 2014, Muhr am See, Bayern; alle Fotos: Stefan Bosch). – *Photogenic White Stork Ciconia ciconia perched on top of a nest camera which was mounted on the roof of a church tower. The view into the nest is shown on a monitor in the nearby information centre (May 2014, Muhr am See, Bavaria/Germany, all images: Stefan Bosch).*

tions- und Erfolgskontrolle. In den meisten Fällen fördert eine Kameraüberwachung nicht nur bei uns völlig unerwartete Details zutage (z. B. Ellison & Ribic 2012; Slay et al. 2012;), die bei reiner Beobachtung oder Kontrolle nie erkannt bzw. erfasst und zugleich nachvollziehbar dokumentiert worden wären (Bosch 2014a, b, 2015).

## Material und Methode

Für unsere Studien an Singvögeln und Kleinsäugetern sowie zum Einbau in Prototypen von Kleinsäuger-Monitoringgeräten (Bosch et al. 2015) nutzen wir Kamerasysteme der Firma Handykam (Redruth/Cornwall, Großbritannien), die aufeinander abgestimmte Komponenten wie Kameras, Kabel, Mikrofone, Aufzeichnungsgeräte etc. anbietet. Wir haben uns für die kabelgestützte Bild- und Tonübertragung entschieden, da die im 2,4 GHz-Bereich arbeitenden Funkkameras in der Übertragungsqualität nicht immer befriedigende Bildergebnisse erbrachten, eine separate Stromversorgung am Sender benötigen und viele Modelle keine Infrarot (IR)-beleuchteten Nachtaufnahmen liefern.

Bei unseren Projekten haben der Schutz und das Wohlergehen der beobachteten Art stets Vorrang vor Informationsgewinn und faszinierenden Aufnahmen. Mit der Überwa-

chung wollen wir die Tiere begleiten, sie aber weder stören noch beeinträchtigen, insbesondere nicht an ihren Brut- und Ruheplätzen. Die Tiere haben immer freie Wahl, einen präparierten Nistkasten oder ein Monitoringgerät aufzusuchen oder nicht. Alle Komponenten müssen zuverlässig fixiert und so platziert sein, dass sie die Tiere nicht verletzen oder behindern. Wir verwenden nur Tages- oder IR-Licht aber kein Kunstlicht zur Beleuchtung. In Nisthilfen werden die Kameras so montiert, dass die Integrität des Nistkastens bzw. Gehäuses erhalten bleibt. Damit werden die Quartiere nicht verändert und Nachteile bezüglich Kleinklima, Zugluft etc. vermieden (Abb. 2)

Die Stromversorgung und Datenregistrierung erfolgen abseits des Geschehens, so dass allfällige Wartungsarbeiten die Tiere nicht irritieren oder stören. Somit gehen von den installierten Geräten keine illegalen Beunruhigungen der beobachteten Tiere aus. Nach § 31 Bundesnaturschutzgesetz ist es verboten, wildlebende Tiere mutwillig zu beunruhigen oder stören.

**Abb. 2:** Benutztes Kamerasystem mit Kamera, Kabel etc., Streichholz zum Größenvergleich. – *Camera system with the camera and cables (Handykam.com) used in nestboxes. The compact camera is small and can easily be fitted into nestboxes. It contains a CCD-sensor, adjustable 69° lenses, mono microphone, 10 LEDs emitting infrared (IR) light and can be connected with PCs, monitors and TV by cinch plugs. Image shows a match for size comparison.*



### Kameratechnik

Die Kameras sind (ohne Befestigungsbügel) mit 40 mm × 40 mm Außenmaß und – je nach verwendetem Objektiv – mit einer Tiefe von bis zu 35 mm klein und leicht in Nistkästen, Igelkuppeln, Fledermauskästen, Eulenstuben, Futterstellen, schützenden Holzgehäusen für den Einsatz im Außenbereich oder anderen Geräten zu verbauen. Im Kameragehäuse sind der 1/3" CCD-Sensor (Charge-Coupled Device-Sensor) mit Objektiv (69° Optik), ein Mikrofon (mono), 10 Infrarot-LED-Leuchten sowie eine Fotodiode zum Umschalten zwischen Tageslicht- und IR-gestützter Aufnahme möglich.

Die Bildschärfe wird an einem manuell einstellbaren Objektiv zwischen 5 cm und unendlich fokussiert. Laut Hersteller erfasst die Kamera für das 69°-Objektiv in 25 cm Entfernung von der Objektivlinse eine Bildbreite von 23 cm. Unsere Messungen ergeben bei den drei uns zur Verfügung stehenden Kameras abweichende Werte (Abb. 3). Die Bildweite liegt bei den getesteten Kameras bei 25 cm, 41 cm und 75 cm. Das bedeutet Öffnungswinkel der Objektive von 53°, 79° und 119°. Zur Abbil-

dung einer angemessenen Bildbreite z. B. in engen Nistkästen sind bestimmte Mindestabstände erforderlich, die nicht immer zur Verfügung stehen. Zudem treten Abbildungsfehler (Bildverzerrungen) auf (Abb. 4). Eine Autofokusfunktion oder Fernsteuerungsmöglichkeit bestehen bei diesem System nicht. Alternativ kann durch einen Objektivwechsel der Weitwinkelbereich erschlossen und damit das Innere eines gängigen Nistkastens weitgehend erfasst werden. Der Zielbereich der optimalen Bildschärfe muss bei Installation der Kamera vorjustiert werden, entweder im Labor anhand vorgegebener Maße oder vor Ort mit Kontrolle über einen Bildschirm.

Die Kamera verfügt über Cinch-Stecker für Stromzufuhr, Video- und Tonsignal zum Anschluss an Fernsehmonitore, PCs oder DV-Rekorder. Die analogen Audio- und Videosignale lassen sich mit einem USB-Grabber auf einen Computer übertragen, wo eine spezielle Software die Daten digitalisiert. Der lichtempfindliche CCD-Sensorchip der Kamera (Abb. 5) besitzt 700 Zeilen, die aus Fotodioden aufgebaut sind. Die Zeilenzahl entspricht

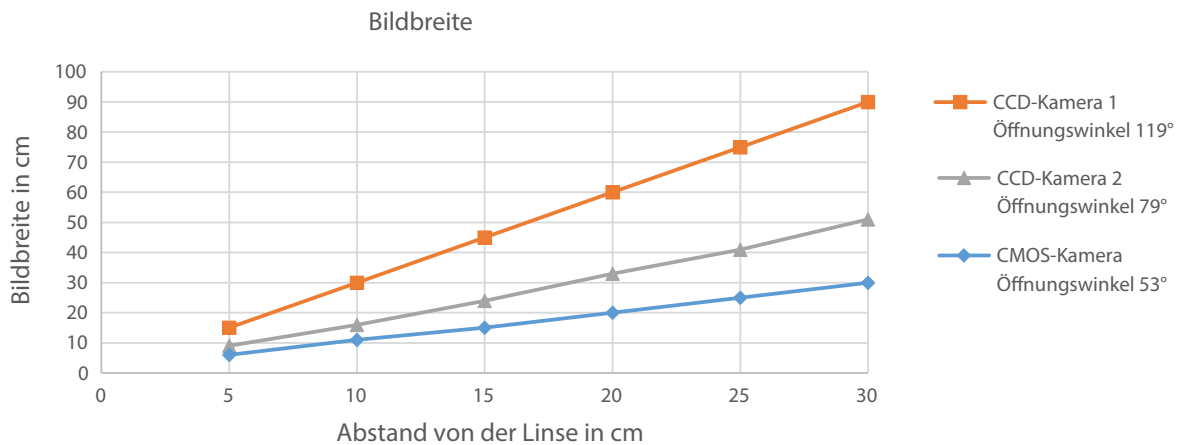
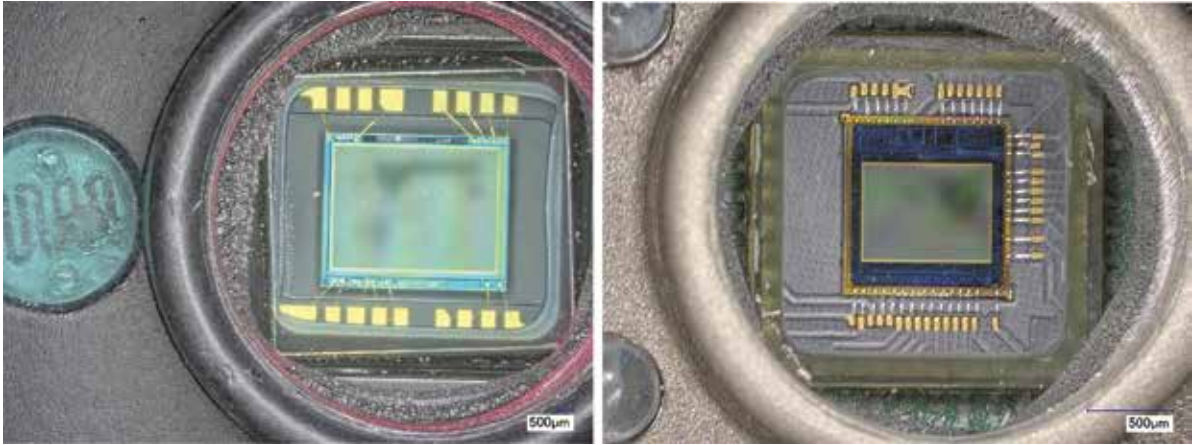


Abb. 3: Bildbreiten in Abhängigkeit von dem Abstand zur Linse bei zwei CCD-Kameras mit unterschiedlichen Öffnungswinkeln sowie einer CMOS-Kamera. – *Size of image in relation to the distance of the object to the camera for different angular apertures (opening of 119 and 79 degrees) as well as a CMOS-camera.*



Abb. 4: Vergleich der Bildweiten und Verzerrungen von CCD-Kameras (links und Mitte) sowie von einer CMOS-Kamera bei einem Objektabstand von 45 mm zur Linse. – *Comparison of image width and distortions between the two CCD-cameras (left and centre) and the CMOS-Camera (right) for an object 45 mm from the lens.*



**Abb. 5:** Blick in das Innere der Kameras mit den lichtempfindlichen Sensorchips von CCD-Kamera mit 700 Zeilen (links) und CMOS-Kamera mit 380 Zeilen (rechts) nach Entfernen der Objektivlinse. - *A look inside of the cameras showing the light-sensitive sensor chips of the CCD-camera (left) and the CMOS-camera (right) after removal of the lens.*

der Horizontalauflösung. Obwohl benachbarte Fotodioden dieselbe Lichtmenge erhalten, kann der Wert streuen. Die Streuung reduziert sich, da die Lichtsignale zeilenweise addiert und ausgewertet werden. Die Auswerteelektronik befindet sich außerhalb der lichtempfindlichen Sensorfläche. Ein CCD-Lichtsensor ist rauscharm und liefert auch bei geringen Beleuchtungsstärken gute Bilder. Die Kamera nutzt den PAL-Fernsehstandard (= Phase Alternating Line), der u. a. in Westeuropa genutzt wird. PAL benutzt 625 Zeilen. Die Bildwiederholfrequenz liegt bei 25 Hz. Zudem gibt es z. B. in den USA das NTSC-Format (National Television System Committee).

CMOS-Sensoren (Complementary Metal Oxide Semiconductor) werden auf Basis weltweit verbreiteter Halbleiterprozesse hergestellt und sind daher günstiger zu fertigen. Dabei dienen Fototransistoren als lichtempfindliche Elemente. Die gesamte Auswerteelektronik befindet sich auf der Sensorfläche (im Gegensatz zum CCD-Chip). Da jeder Transistor einzeln ausgewertet wird, erhöht sich das Rauschen des Signals. Das kann aber durch heute zur Verfügung stehende Auswertelgorithmen kompensiert werden. Ein Maß für die Qualität ist das Signal-zu-Rausch-Verhältnis ( $S/N = \text{Signal to Noise ratio}$ ). Unsere CMOS-Kamera mit 380 lichtempfindlichen Zeilen hat laut Da-

tenblatt ein  $S/N$  von 54 dB und liefert ein besseres Signal-zu-Rausch-Verhältnis als die CCD-Kamera (). Deren Wert liegt zwischen 48 und 52 dB. Nach unseren Erfahrungen und Messergebnissen im Labor sind CCD- und CMOS-Kameras in der Bildqualität vergleichbar.

Eine Signalübertragung per Kabel erscheint angesichts von Funk, Bluetooth, WLAN und anderer Datenübertragungstechniken antiquiert, hat jedoch den Vorteil einer störungsarmen Übertragung selbst über 20 bis 50 und mehr Meter hinweg. Andere „Spionkameras“ sind baulich teilweise noch kleiner, verfügen meistens aber nicht über die vorgenannten Eigenschaften wie die Möglichkeit von IR-Nachtaufnahmen. Größere Kameras lassen sich zwar fernsteuern (Funktion PTZ = pan, tilt and zoom, d. h. schwenken, neigen und vergrößern/-kleinern), was in manchen Situationen zwar günstig wäre, aber aufgrund der nicht geräuschfreien Akustik zu Störungen der Tiere führen könnte, die wir vermeiden wollen. Versuche mit Windschutzscheibenkameras für Autos erbrachten für unsere Zwecke unbefriedigende Ergebnisse.

**Abb. 6:** Bild- und Tondaten können über stationäre Mehrkanal-DV-Rekorder mit Festplatte oder handliche, mobile Einkanal-DV-Rekorder (links) mit SD-Karten aufgezeichnet werden. Alle Geräte können mit Netzteil oder Batterie betrieben werden. - *Video and audio data can be recorded by multichannel DV-recorders using a hard disk or by mobile one-channel DV-recorders (left) with SD-cards. All recorders can be operated by power adapter or by battery.*



## Aufzeichnungsgeräte

Die von der Kamera erfassten Signale sind auf Bildschirmen und Monitoren in Echtzeit darstellbar oder können mit DV-Rekordern aufgezeichnet werden. DV-Rekorder stehen in unterschiedlichsten Ausführungen zur Verfügung (Abb. 6). Sie werden mobil mit Batterie oder stationär über das Stromnetz betrieben und können einen, zwei, vier oder mehr Kanäle aufzeichnen. Die Aufzeichnungsmodalitäten werden individuell programmiert. DV-Rekorder verfügen über eine EDV-gestützte Bewegungserkennung, bei der Bewegung in einem vorab definierbaren Bildausschnitt (gesamter Bildschirm oder nur in einem Teilbereich des erfassten Bildes) erkannt und registriert wird, also z. B. nur Bewegungen am Flugloch eines Nistkastens. Außerdem sind Aufzeichnungszeiten einstellbar von Daueraufzeichnung rund um die Uhr bis zu definierbaren Zeitfenstern z. B. nur in den Nachtstunden. Jede Aufzeichnung kann mit einem Datums- und Zeitstempel versehen werden, so dass sekundengenaue Zuordnungen möglich sind. Speichermedien sind bei Mehrkanalgeräten auswechselbare Festplatten mit 500 oder mehr GB Speichervolumen, bei mobilen Einkanalgeräten SD-Chipkarten, die im Gelände leicht getauscht und im Laptop gleich vor Ort gesichtet werden können. Aufgezeichnete Ereignisse werden im komprimierten Datenformat H264 abgelegt und können beim Überspielen auf andere Datenträger in gängigen Formaten (wie MP4, AVI) ausgegeben werden.

## Energieversorgung

Das Kamerasystem arbeitet mit 12 V Gleichstrom, DV-Rekorder je nach Gerät mit 6, 8 oder 12 V. Für Betrieb am Stromnetz stehen Netzgeräte zur Verfügung. Im Geländeeinsatz haben sich handelsübliche 12 V-Autobatterien in regengeschützten Boxen bewährt. Über Mehrfachsteckdosen für Autozigarettenanzünder können neben Kamera(s) je nach Stromaufnahme auch ein DV-Rekorder betrieben werden. Bei ausreichender Leistung speisen Batterien problemlos über 24 Stunden Kamera(s) und Aufzeichnungsgerät. Mit Solarbetrieb haben wir noch keine Erfahrungen. Dieser könnte in Baumbeständen oder bei Schlechtwetterperioden problematisch sein.

## Handling

Für eine kontinuierliche und in der Aussage repräsentative Überwachung ist der Aufwand nicht unerheblich und erfordert tägliche Kontrollen von Stromversorgung, Aufzeichnungsmedien und zumindest cursorsch der registrierten Bilddaten, um ggf. durch die Überwachung bedingte Nachteile für die Tiere oder technische Störungen sofort zu erkennen und zu beheben. Viele unserer Projekte waren deshalb in Hausnähe mit 230 V-Stromnetz angesiedelt. In abseits gelegenen Gebieten muss für die Stromversorgung eine aufwändige Versorgungslogistik mit Batterien organisiert werden.

Tab. 1: Einsatzmöglichkeiten von Kameraüberwachung. – *Possible camera applications.*

An- und Abwesenheit von Tierarten	<i>presence/absence data</i>
Aktivitäten und Aktivitätsmuster im Tages- bzw. Jahreslauf,	<i>activity and daily or seasonal activity patterns,</i>
nächtliche Aktivitäten,	<i>activity at night,</i>
spezielle Verhaltensweisen,	<i>behaviour and specific behaviour patterns,</i>
Reaktionen auf Außenreize,	<i>responses to disturbance,</i>
Abwehrverhalten gegenüber Prädatoren,	<i>behaviour with respect to predators,</i>
Einflüsse von anderen Arten auf das Brutgeschehen,	<i>impact of other species on breeding behaviour,</i>
Identifikation von Prädatoren,	<i>identification of predators,</i>
geschlechtsspezifische Aktivitätsunterschiede beim Brutgeschäft (Anwesenheit am Nest, Beteiligung an Fütterungen etc.)	<i>gender differences during breeding (e.g. presence on the nest, which parent feeds the young),</i>
störungsfreie Ermittlung exakter brutbiologischer Daten wie Datum bzw. Dauer von Nestbau, Eiablage, Schlupftermin, Nestlingszeit,	<i>ability to obtain breeding data without disturbing the species such as duration of nest construction, date eggs are laid, date chicks hatch,</i>
Verhalten an Schlafplätzen,	<i>behaviour at roosting sites,</i>
Lautäußerungen,	<i>sound communication, calls songs,</i>
Schicksal von Brutten, Nist- und Schlafplätzen,	<i>fate of broods as well as nesting sites,</i>
Bewertung des Bruterfolges,	<i>determination of reproductive success,</i>
Identifikation von verfütterter Nahrung,	<i>diet analysis of food fed to young,</i>
Informationen zur Langzeitnutzung von Nisthöhlen durch unterschiedliche Arten.	<i>data on long term use of of breeding dens by different species.</i>

Viele Nistkastenkameras werden von Laien aus Spaß betrieben. Will man bestimmten Fragen nachgehen, müssen das Ziel genau definiert und die Überwachung geplant werden (Blickwinkel der Kamera, Aufnahmemodus etc.). Beim Verbauen von Kameras sind die Artbedürfnisse sowie die natur- und tierschutzrechtlichen Bestimmungen (s. u.) zu berücksichtigen. Eventuell müssen Nistkästen mit einer überdimensionierten, zweiten Hülle konstruiert werden, in der z. B. mehrere Kameras für verschiedene Perspektiven Platz finden. Das Nutzen

vorgefertigter Systemangebote erspart Experimentieren mit unterschiedlichen Kameras. Für den Außeneinsatz haben sich leicht transportable, verschließbare Kisten für Akkus, Rekorder etc. bewährt.

### Einsatzbereiche und Möglichkeiten

Überwachungskameras sind preisgünstig und klein. Ein Kameraset bestehend aus 20 m Kabel und einem Netzteil kostet als CCD-700-Kamera ca. 100,- Euro und als



**Abb. 7:** Beispiel von Anwendungs- und Erfassungsmöglichkeiten. Eine an der Nistkastendecke montierte Kamera eröffnet den Blick in die Brutnische (a) und ermöglicht die störungsfreie Erfassung genauer brutbiologische Daten wie Eiablage, Bebrütungszeit, Anzahl der Eier und Jungvögel sowie des Brutverfolges (Blaumeise *Cyanistes caeruleus*). Seitlich angebrachte Kameras gewähren Einblicke in das Verhalten von Vögeln am und im Nest oder auch in Geschehnisse an der Nistkastendecke, wie hier der Bau eines Nestes von Wespen *Vespa* spp. in einem Holzbetonnistkasten (b). Nicht selten sind Wespen Ursache für aufgegebene Bruten. Auch frei brütende Vogelarten wie die Amsel *Turdus merula* (nach einer Brutpause anfliegendes Weibchen am Nest mit vier Eiern) können mit Kameras überwacht werden (c). Störungen der brütenden Vögel sind beim Anbringen der Kamera unbedingt zu vermeiden. Außerhalb von Nistplätzen angebrachte Kameras dienen der „Umfeldanalyse“ indem sie Verhalten und Geschehnisse am und um den Kasten erfassen, hier ein Revier anzeigendes Männchen des Gartenrotschwanzes *Phoenicurus phoenicurus* (d). – Examples of camera applications and types of data that can be collected. (a) a look onto the brood with a camera mounted on the ceiling of the box, allowing the collection of data such as number of eggs and young as well as reproductive success (Blue Tit, *Cyanistes caeruleus*); (b) cameras allow behavioural observations of the birds at the nest (e.g. female Black Bird *Turdus merula*, at nest with 4 eggs, (c) cameras mounted to the side show other activities such as the construction of a wasp's nest (*Vespa* spp.); (d) cameras mounted on the outside can be used to observe behaviour and activities in the immediate nest surroundings (e.g. territorial behaviour of a Common Redstart *Phoenicurus phoenicurus*).



**Abb. 8:** In der Dämmerung kann die Bildqualität in Nistkästen sehr flau und kontrastarm sein (a, b). Passiert ein Tier das Einflugloch, wird durch die plötzliche Dunkelheit die IR-Beleuchtung ausgelöst (c). Je nach Sonnenstand entstehen durch das Einflugloch wie bei einer Camera obscura Sonnenprojektionen an der Kastenwand, welche die Bewegungserkennung auslösen (d). - *Twilight may cause poor image quality with typically dull and flat images (a, b). Animals entering nest boxes via the entrance hole cause an automatic change from daylight settings to IR lighting in the camera (c). Furthermore, the position of the sun in relation to the entrance hole can cause effects similar to a camera obscura with projections of the sun onto the inside walls inducing motion detection in the camera (d).*

CMOS-Version mit 380 Zeilen ca. 50,- Euro. Wegen des geringen Platzbedarfs in engen Räumen, Nistkästen, Brutnischen etc. eignen sie sich zur vielfältigen Überwachung von Tieren, um zahlreiche Parameter kontinuierlich zu erfassen und zu dokumentieren (Tab. 1). Spannend ist der Einsatz mehrerer Kameras im Nestbereich, um beobachtetes Verhalten im Nest mit Ereignissen außerhalb des Brutplatzes zu vergleichen (Abb. 7). Außerhalb von Kästen und Höhlen ermöglicht ein einfaches Schutzgehäuse den Einsatz der Kameras. Allerdings sind bei deren Positionierung Schattenwürfe im beobachteten Bereich zu beachten.

### Vorteile

Vorteile der verwendeten Systeme sind die kompakte Bauweise und die gezielte Auslegung der Komponenten

für den Einsatz zur Wildtierüberwachung. Gegenüber selbst konstruierten Lösungen bietet das anwendungsorientiert entwickelte System den großen Vorteil, dass man sich auf die Fragestellung und nicht auf die Lösung technischer Probleme konzentrieren muss (vgl. auch Cox et al. 2012). In Nistkästen kann das System vor der Brutzeit installiert und die Kamera je nach gewünschter Aufnahmeperspektive justiert werden. Den Vögeln steht es dann frei, den mit Kamera ausgestatteten Kasten aufzusuchen und zu nutzen. Nach unseren Erfahrungen mit Kohl- (*Parus major*) und Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*), Star (*Sturnus vulgaris*), Gartenrotschwanz (*Phoenicurus phoenicurus*), Zaunkönig (*Troglodytes troglodytes*), Haussperling (*Passer domesticus*) sowie Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*), Gartenspitzmaus (*Crocidura suaveolens*) und Mäusen stört eine vorinstallierte Kamera die Tiere nicht

und sie wählen auch bei vorhandenen Alternativen keine anderen Brut- oder Schlafplätze. Die Kameraüberwachung ermöglicht eine nahezu störungsfreie Beobachtung ohne z. B. wie bei Kontrollen, Beringungen usw. den Kasten öffnen und Eier bzw. Jungvögel entnehmen zu müssen. Unsere Beispiele konzentrieren sich weitgehend auf den Einsatz in Kästen und Nischen. Andere Autoren haben Videoüberwachung auch erfolgreich bei Singvögeln im Gras- und Buschland (Pietz et al. 2012; Ribic et al. 2012; Slay et al. 2012) oder Hühner- und Küstenvögeln (Hüppop et al. 2008; Ellis-Felege & Caroll 2012; Smith et al. 2012) eingesetzt.

### Nachteile und Probleme

Trotz vieler Vorteile sollen auch Probleme und Nachteile der Überwachungskameras nicht verschwiegen werden. In Nistkästen bereitet manchmal das mit ca. 35 cm relativ kurz dimensionierte Anschlusskabel der Kamera Platzprobleme, wenn die Cinch-Steckerverbindung zum Verlängerungskabel im Kasten untergebracht werden muss. Das Kamerasystem liefert bei Tageslicht Farbaufnahmen. Bei Dunkelheit schaltet ein Helligkeitssensor auf IR-Beleuchtung um und liefert dann schwarz-weiße Nachtaufnahmen. In Nistkästen mit wenig Tageslichteinfall entstehen je nach Sonnenstand und Lichteinstrahlung Aufnahmen unterschiedlichster Qualität von optimaler Ausleuchtung bis zu flauen, kontrastarmen, „handkoloriert“ wirkenden Aufnahmen (Abb. 8). Optimal bezüglich der Beleuchtung ist die Platzierung der Kamera an der Kastenvorderwand mit Blick in den Kasten. Störende Lichtreflexe ergeben sich bei Positionierung gegenüber der Einflugöffnung oder gelegentlich auch im Kastendach mit Blick nach unten. Natürlich richtet sich die Kameraposition nach der Fragestellung: von oben sind Ei- bzw. Jungenzahl genau zu ermitteln,

seitliche Positionen ermöglichen die Aktivitäten von Altvögeln zu dokumentieren oder verfütterte Nahrung zu identifizieren. In der Dämmerung gibt es Phasen, in der mangels Tageslicht und noch nicht zugeschalteter IR-Beleuchtung kaum brauchbare Bilder geliefert werden (Abb. 8). Zu kurzen Hell-Dunkel-Wechseln kommt es, wenn ein Tier durch die Einflugöffnung kommt.

Beeindruckende, wenngleich unerwünschte Artefakte entstehen durch den Camera-obscura-Effekt: Das Einflugloch verhält sich wie die Blende einer Lochkamera. Je nach Sonnenstand fällt Licht durch das Einflugloch und liefert eine umgekehrte Abbildung an der Kasteninnenwand (Abb. 8d). Da diese Sonnenprojektion mit dem Sonnenlauf wandert, werden Bewegungen detektiert.

### Bewegungserkennung

Zur Bewegungserkennung können im Aufzeichnungsgerät bestimmte Bildabschnitte festgelegt werden, in denen Tierbewegungen eine Aufzeichnung auslösen. Hierzu sind verschiedene Sensitivitätsstufen wählbar. Wir nutzen die höchste Empfindlichkeitsstufe, um möglichst alle, auch langsamere Aktivitäten zu erfassen, selbst kriechende Nacktschnecken *Limax maximus*. Dennoch lösen in Einzelfällen manche Ereignisse keine Aufzeichnung aus (falsch-negative Auslösung, d. h. trotz Aktivität vor der Kamera erfolgt keine Aufnahme). Dieses Problem kann man mit einer kontinuierlichen Aufzeichnung oder eine mit den DV-Rekordern möglichen lichtschränken- bzw. schaltergesteuerten Aufzeichnung umgehen, was aber zusätzliche technische Ausrüstung erfordert.

Die Bewegungserkennung kann auch falsch-positiv auslösen, d. h. es wird aufgezeichnet, obwohl die Zielart nicht der Auslösegrund war (Abb. 9). Solche falsch-positiven Aufnahmen können durch Regen und Schnee-



**Abb. 9:** Ursachen für falsch-positive Bewegungsauslösung können Wind, Niederschläge wie Schnee oder im Bild Starkregen (a) oder Spinnen und Insekten sein, die über die Linse krabbeln (b). – *Motion detection may be triggered by wind and weather such as wind-induced movements of vegetation (leaves, twigs), spider webs, or snowfall and rain (a), but also by spiders or insects which pass ghost-like across the front lenses of the device and trigger motion detection (b).*



fall, den beschriebenen Camera-obscura-Effekt, aber durch im Wind bewegte Vegetation (Blätter, Zweige, Äste, Grashalme usw.) oder auch Spinnweben hervorgerufen werden. Durch bewegte Blätter hervorgerufenes Lichtflirren kann selbst in Kästen Bewegungsdetektion auslösen. Auch Nicht-Ziel-Arten lösen Aufnahmen aus. Die Wärme der Kamera ist hochattraktiv für Insekten und Spinnen, die sich mitunter in ihrer Nähe niederlassen oder Kokons anlegen. Nächtliche Bewegungsdetektion ist immer wieder von Spinnen oder Insekten ausgelöst, die geisterhaft über die Linse wandern (Abb. 9b). Gelegentlich besuchen auch Fliegen, Hummeln, Wespen usw. die Kästen und fliegen darin umher.

### Perspektive, Blickwinkel, Detailerkennung

Da es keine Fernsteuerung der Kamera gibt, ist die einmal eingestellte Perspektive und Brennweite fixiert. Um den Blickwinkel zu erweitern, kann man statt der 69°-Standardoptik ein Weitwinkelobjektiv einsetzen, was jedoch die Detailerkennung erschwert. Vorteilhaft ist, dass aufgrund der fehlenden Aktorik keine Störungen durch Bewegungen oder Geräusche auftreten. Nachteilig ist, wenn das interessierende Geschehen aus dem Fokus der Kamera wandert (Nestbau, Nestmulde kann sich mit Heranwachsen der Jungen verschieben) und nicht mehr ausreichend erfasst wird. Außerdem besteht bei Verwendung nur einer Kamera die Gefahr eines „toten Winkels“, der nicht eingesehen werden kann.

### Wärme- und Lichtstrahlung

Wie jedes mit Strom betriebene Gerät erwärmt sich auch die Kamera und gibt Wärme an die Umgebung ab (Abb. 10). Dadurch kann sich das Mikroklima eines Nistkastens und infolgedessen das Verhalten der beobachteten Tiere verändern.

Obwohl die meisten Vögel und Säugetiere außerhalb des IR-Bereichs sehen, ist nicht auszuschließen, dass Anteile mancher IR-LED-Lichtemissionen (Wellenlänge max. 860 nm) doch wahrgenommen werden und das Verhalten der Tiere beeinflussen (Newbold & King 2009; Ancrenaz et al. 2012). Während das menschliche Auge die IR-erleuchteten Nistkastenöffnungen nicht sieht, kann man sie mit einem Nachtsichtgerät erkennen. Auf die Licht- oder Wärmestrahlung zurück zu führenden Verhaltensänderungen wie z. B. gezielte Annäherung an die Wärmequelle in kalten Nächten oder Vermeidung IR-ausgeleuchteter Höhlen sind nicht auszuschließen.

Im Betrieb stellt sich ein Gleichgewicht zwischen aufgenommener elektrischer Energie und abgestrahlter Wärme ein. Das Thermografiebild (Abb. 11) zeigt einen Vergleich zwischen CMOS- und CCD-Kameras unter idealen Bedingungen in einem zugluftfreien Raum.

Die Wärmeentwicklung der Kameras hängt von der elektrischen Leistungsaufnahme ab (Tab. 2).

### Datenauswertung

Bei aller Faszination über die Resultate ist die registrierte Datenfülle enorm und ihre Auswertung eine Herku-

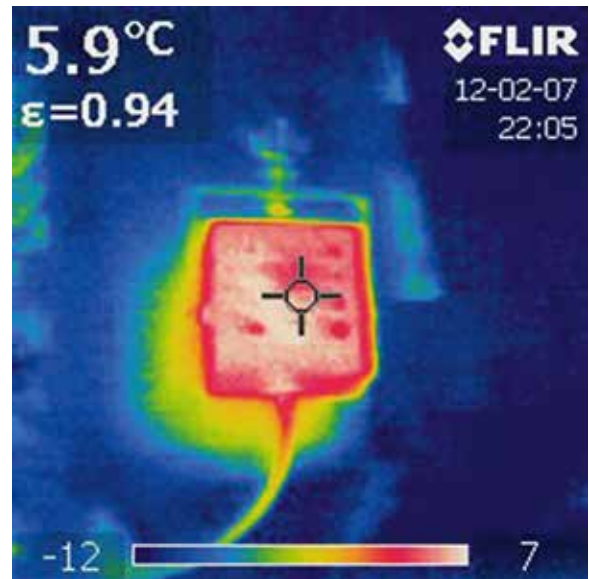
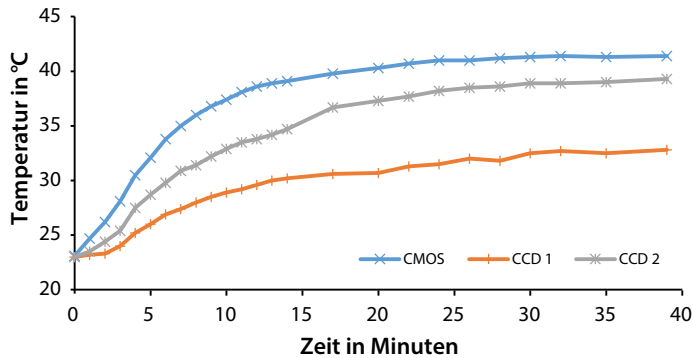


Abb. 10: Wärme- und Lichtemissionen der Kamera können das Verhalten der Tiere beeinflussen. Das Thermografiebild der Kamera im Frost zeigt eine Temperaturdifferenz von 20 °C zwischen Kamera und Umgebung. – *Heat emission of the camera device may influence microclimate and animal behaviour. The thermographic image of the camera operated during frosty conditions shows a temperature difference of 20 °C. A further problem may be infrared light emissions from the LEDs. There is evidence that at least some mammals can see parts of the infrared light spectrum and will react to it.*



Abb. 11: CMOS-Kamera (links) im Vergleich zu CCD-Kameras (Mitte und rechts) nach einer Betriebsdauer von 45 Minuten in einem 23 °C warmen Raum ohne Zugluft. Die CMOS-Kamera wird mit annähernd 42 °C am wärmsten. – *Thermographic image illustrating differences in heat emission between the CMOS-camera (left) and the two CCD-cameras (centre and right) after 45 minutes of use at a room temperature of 23°C with no ventilation.*



**Abb. 12:** Messung der Temperatur verschiedener Kameras im Betrieb mit Hilfe einer Wärmebildkamera FLIR T420 bei einem Emissionsgrad von  $\varepsilon = 0,95$ . Die Ausgangstemperatur liegt bei 23 °C (unter idealen Bedingungen in einem Raum ohne Zugluft), die Genauigkeit der Messung bei  $\pm 0,5$  °C. Nach 30 Minuten haben die Kameras annähernd die Gleichgewichtstemperaturen erreicht. Als Temperaturerhöhungen stellen sich bei den CCD Kameras 9,7 °C und 15,9 °C ein. Die Temperatur der CMOS-Kamera erhöht sich mit 18,3 °C am stärksten. – *Measurement of camera temperature while in use with a heat-sensitive camera (FLIR T420, Emissivity  $\varepsilon = 0.95$ ). Maximum temperatures were reached after approx. 30 minutes. The highest temperature increase, from 23 °C room temperature, was observed for the CMOS-camera with 18.2 °C, the two CCD-cameras increased their temperatures by 9.7 and 15.9 °C, respectively.*

lesaufgabe, da sie (noch) nicht automatisiert erfolgen kann. Zunächst gilt es die Bilddaten zu sichten und Artefakte auszusondern. Dann müssen immer noch hunderte oder sogar tausende Stunden Material gesichtet und bei Verhaltensbeobachtungen z. T. minutengenau ausgewertet werden. Aus diesem Grund haben wir in unseren Projekten oft nur ausgewählte Tage, nicht jedoch ganze Beobachtungsperioden analysiert (z. B. Bosch 2013). Die von den Kameras gelieferte Bildqua-

lität ist auf Bildschirmen und Monitoren meistens sehr gut und wird von den technischen Eigenschaften der Kamera und des Aufzeichnungsgerätes bestimmt (Cox et al. 2012). Videoclips erfüllen die Voraussetzungen für Fernsehqualität (eig. Erf.). Bei der Projektion mit Beamer erreichen sie jedoch ihre Grenzen. Mit Bearbeitungsprogrammen (z. B. VLC-Mediaplayer) können aus Videos Standbilder generiert werden (wie in Abb. 7 bis 9). Von der Auflösung reicht die Qualität für Abbildungsgrößen in gängigen Fotoformaten.

### Biologische Probleme

Bei der Arbeit mit Elektronik und Wildtieren können durch letztere spezielle Probleme auftreten. Mit Verschmutzungen der Kameras z. B. im Rahmen des Brutgeschäftes durch Federschüppchen, Kot etc. sind ebenso zu erwarten wie die Überbauung der Kamera durch Wespen. Obwohl die Geräte wechselnden Temperaturen, Feuchtigkeit und Staub ausgesetzt sind, gab es mit den Kameras keine nennenswerten Probleme. Mitunter müssen Kabel auch ein Stück unarmiert bzw. ungeschützt verlaufen und sind dann vor dem Zugriff von Nagetieren nicht sicher. Wir hatten Schäden an Thermosonden durch Buntspechte und Kabelschäden durch nagende Mäuse und Eichhörnchen zu beklagen, bei letzterem mit einem durch Kurzschluss bedingten Totalschaden der Gesamtanlage. Einflüsse von Überwachungskameras auf die „Zielart“ im Sinne von Abschreckung oder Anlockung sind ebenso wenig auszuschließen wie auch auf das Verhalten von Nesträubern. Es ist vorstellbar, dass Kameras das Risiko eines Nestraubes sowohl erhöhen, als auch vermindern (z. B. Herranz et al. 2002). Hier besteht Bedarf an weiteren Studien, die die Situation für verschiedene Arten und unter unterschiedlichen technischen Rahmenbedingungen prüfen.

**Tab. 2:** Strom- und Spannungswerte von CCD- und CMOS-Kameras im Betrieb. Die Leistungsaufnahme liegt bei der CMOS-Kamera doppelt so hoch wie bei den CCD-Kameras. Das äußert sich auch bei der Verlustleistung und damit bei der Erwärmung der Kameras. Die Genauigkeit der Messung liegt bei  $\pm 0,1$  Watt. – *Ampere and voltage data for the CCD and CMOS cameras while in use. The power (P) was approx. twice as high for the CMOS-camera (see also mA values). Measurement accuracy was  $\pm 0,1$  Watt. The larger loss of heat for the CMOS-camera is a reflection of the higher value for P (see also Abb. 12).*

Kamera	Lichtverhältnisse	elektr. Strom I in mA	elektr. Spannung U in V	Leistung P in W
CMOS	bei Tageslicht	248	15,8	3,9
	abgedunkelt (IR)	268	15,8	4,2
CCD 1	bei Tageslicht	63	18,6	1,2
	abgedunkelt (IR)	114	17,7	2,0
CCD 2	bei Tageslicht	114	17,7	2,0
	abgedunkelt (IR)	119	17,7	2,1

## Rechtliche Fragen

Auch wenn Wildtiere unsere Zielobjekte sind, sind beim Einsatz von Überwachungstechnik die Persönlichkeits- und Besitzrechte anderer Personen zwingend zu beachten. Die Kameras dürfen nicht nebenbei das Verhalten von Menschen auf Nachbargrundstücken oder öffentlichen Bereichen erfassen. Ohne Einwilligung dürfen keine Bild- und Tonaufnahmen von unbeteiligten Personen hergestellt werden. Dies ist bei der Auswahl der Perspektive zu beachten. Außerdem empfiehlt es sich, überwachte Bereiche entsprechend zu kennzeichnen (Kamerasymbol), damit Menschen, die nicht erfasst werden wollen, dem aus dem Weg gehen können.

Wie moderne Monitoringtechniken an Brut- oder Schlafplätzen aus naturschutzrechtlicher Sicht zu bewerten sind, bedarf der detaillierten juristischen Bewertung. Nach unserer Auffassung stellt ein mitameratechnik präparierter Nistkasten, den ein Vogel freiwillig aufsuchen oder meiden kann, keine Störung mit negativen Folgen dar. Solange über die Kamera z. B. genau beurteilt werden kann, dass sich tagsüber kein Vogel in einem als Schlafplatz genutzten Kasten aufhält, spricht unseres Erachtens auch nichts dagegen, außerhalb der üblichen Schlafplatznutzungszeiten z. B. die Kameraposition oder -scharfe zu korrigieren. Ebenso kann man es in Nistkästen handhaben, sofern durch Beobachtung die Dauer von Brut- bzw. Fütterpausen bekannt sind und sichergestellt ist, dass sich kein Altvogel im Kasten aufhält. Dieses Vorgehen erfordert allerdings umfangreiche Kenntnisse über und Erfahrungen mit der beobachteten Art und Routine mit der Technik.

## Ausblick

Videoüberwachung hat die ökologische Forschung revolutioniert (Details bei Wratten 1994; Ribic et al. 2012). Wir sind optimistisch, dass der technische Fortschritt noch viele neue Möglichkeiten eröffnen wird, kleine Überwachungskameras einzusetzen. IR-gestützte Farbaufnahmen bei Nacht sind technisch möglich, derzeit aber noch eine Kostenfrage. Restlicht verstärkende Kameras könnten IR-unterstützte Systeme zumindest tagsüber und in der Dämmerung ersetzen. Die automatisierte Datenauswertung vermag z. B. Großwild wie Elefanten (Zeppelzauer 2013) oder einzelne Vogelarten (Li et al. 2014) auf Videoclips zu erkennen. Mit Hilfe spezieller Programme können Pinguine (Burghardt et al. 2004a) oder Löwen (Burghardt et al. 2004b) individuell erkannt oder die Brutphänologie der Veilchenschwalbe *Tachycineta thalassina* und des Blaukehlhütensängers *Sialia mexicana* in zahlreichen Nistkästen eines Gebietes analysiert werden (Ko et al. 2010).

Mit Weiterentwicklung dieser Werkzeuge, vor allem der automatisierten Auswertung, ließen sich bei einer großen Anzahl kameraüberwachter Nistkästen einer Art landes- oder gar kontinentweite brutphänologische Daten gewinnen und mit anderen Parametern vergleichen.

Eine zuverlässige Art- und Individuenerkennung bei Kleinsäugetern und Vögeln würde die Forschung revolutionieren, da sich individuelle Markierungsverfahren in vielen Fällen erübrigen würden. Da die technischen Voraussetzungen zumindest zur Erfassung der Daten erschwinglich sind, können viele interessierte Laien an der Datenerhebung teilnehmen und mit immer besseren Datennetzen Unmengen von Daten in Echtzeit zur Auswertung weltweit transferieren.

Jede neue Technologie birgt Chancen und Risiken. Um die Natur durch neue Methoden nicht zu gefährden, haben sich Wissenschaftler z. B. bei der Nutzung von mit Kameras ausgestatteten, ferngesteuerten Drohnen Regeln für den verantwortungsvollen Einsatz auferlegt (Vas et al. 2015). Wir regen ein vergleichbares Vorgehen für Überwachungskameras an. Ein selbst auferlegter Kodex kann klare Einsatzkriterien aufzeigen und ungerechtfertigten Schaden von der Natur abwenden, neue technische Lösungen anstoßen und ermöglicht auch, eklatante Verstöße zu ahnden. Einige unserer eigenen Prinzipien im sensiblen Umgang mitameratechnologie und Mechatronik im zoologischen Bereich haben wir in diesem Beitrag anknüpfen lassen.

## Zusammenfassung

Moderne Kameraüberwachungstechnik eröffnet auch im feldbiologischen Bereich ungeahnte Möglichkeiten, um unerwartete Beobachtungen zu machen und Informationen über Tierarten zu gewinnen, ohne diese zu stören. Inzwischen sind zahlreiche Studien, die Überwachungskameras einsetzen, erschienen, aber selten finden sich technisch-orientierte Zusammenfassungen und Erfahrungen bei Dauereinsatz. In diesem Beitrag stellen wir daher die technischen Möglichkeiten und Details derameratechnik dar, fassen unsere Erfahrungen mit einem für Naturbeobachtungen konzipierten Kamerasystem zusammen und geben Beispiele für deren Einsatz bei kleinen Singvogelarten und Kleinsäugetern.

Kleine handliche Kameras bieten Vorteile wie erschwinglicher Preis, die Anpassung an Bedürfnisse der Naturbeobachtung, Zuverlässigkeit und Aufnahmequalität. Trotz Emissionen von Infrarotlicht und Wärme werden mit Kameras bestückte Nisthilfen problemlos von Tieren angenommen und als Brut- oder Schlafplatz genutzt. Kameras verändern allerdings die Bedingungen im Nistkasten und CCD-Kameras sind wegen ihrer geringeren Wärmeentwicklung den CMOS-Kameras – bei ähnlicher Bildqualität – vorzuziehen.

Im mehrjährigen Dauerbetrieb in Nistkästen zeigten sich auch Nachteile und Probleme der Kameraüberwachung. Schmutz, Wespennester, Spinnenansiedlung oder Nageschäden an Kabeln durch Mäuse und Eichhörnchen können alle die Überwachung unterbrechen. Für bestimmte Fragestellungen ist eine zuverlässige durch Bewegungen getriggerte Bildaufzeichnung unerlässlich. Eine falsch-positive Bewegungsauslösung kann durch Lichteffekte inner- und außerhalb des Nistkastens bzw. am Flugloch, Niederschläge, Vegetation (Blätter, Äste), Spinnen oder Insekten ausgelöst werden. Da die Kameras bei unzureichender Beleuchtung auf IR-Beleuchtung umschalten, kann es in Nistkästen bei

bedecktem Himmel und in der Dämmerung vorübergehend zu schlechter Bildqualität kommen.

Um auch Laien zur Arbeit mit Überwachungskameras zu motivieren, geben wir für einen geplanten Einsatz Anregungen und unsere Erfahrungen im Umgang mit Kameras ebenso wie rechtliche und organisatorische Hinweise weiter. Um negative Einflüsse der Kameraüberwachung auf wildlebende Tiere zu vermeiden, regen wir auch im Hinblick auf die in der Forschung und im „citizen-science“-Bereich zunehmend verbreiteten Kameras und Wildfallen einen Verhaltenscodex an, für den diese Arbeit erste Aspekte einbringt.

## Literatur

- Ancrenaz M, Hearn AJ, Ross J, Sollmann R & Wilting A 2012: Handbook for wildlife monitoring using camera-traps. BBEC II Secretariat, Natural Resources Office Chief Minister's Department, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. [http://www.bbec.sabah.gov.my/japanese/downloads/2012/april/camera\\_trap\\_manual\\_for\\_printing\\_final.pdf](http://www.bbec.sabah.gov.my/japanese/downloads/2012/april/camera_trap_manual_for_printing_final.pdf) (letzter Zugriff 19.03.2016).
- Bolton M, Butcher N, Sharpe F, Stevens D & Fisher G 2007: Remote monitoring of nests using digital camera technology. *J. Field Ornithol.* 78: 213-220.
- Bosch S 2012: Nistkasten-Geheimnisse: Mit der Nistkasten-kamera ermittelte brutbiologische Details an einem Brutplatz des Gartenrotschwanzes *Phoenicurus phoenicurus*. *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 28: 93-105.
- Bosch S 2013: Wenn die Zaunkönige schlafen gehen: Verhalten eines Zaunkönigs *Troglodytes troglodytes* am Schlafplatz im Winter. *Vogelwarte* 51: 31-38.
- Bosch S 2013: Übernahme eines Brutplatzes: Stare *Sturnus vulgaris* beginnen mit dem Nestbau vor dem Ausfliegen der Jungvögel ihrer Vorgänger. *Ornithol. Mitt.* 65: 223-230.
- Bosch S & Lurz PW 2013: The process of drey construction in Red Squirrels – nestbox observations based on a hidden camera. *Hystrix* 24: 199-202.
- Bosch S 2014a: Brutversuch einer Stockente *Anas platyrhynchos* in einem Komposthaufen im Garten. *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 30: 151-154.
- Bosch S 2014b: Angepickte Eier und andere Überraschungen am Nest der Amsel *Turdus merula*. *Ornithol. Mitt.* 66: 314-324.
- Bosch S 2015: Nachweise von Säugetieren mit einfachen Kamerafallen im Citizen-Science-Bereich. *Mitt. aus unserer Säugetierwelt* 19: 2-8.
- Bosch S, Spiessl M, Müller M, Lurz P & Haalboom T 2015: Mechatronics meets biology: experiences and first results with a multipurpose small mammal monitoring unit used in red squirrel habitats. *Hystrix* doi:10.4404/hystrix-26.2-11475.
- Burghardt T, Thomas B, Barham PJ & Calcic J 2004a: Automated visual recognition of individual African Penguins. *Fifth International Penguin Conference Ushuaia* 7: 1-10.
- Burghardt T, Calcic J & Thomas BT 2004b: Tracking animals in wildlife videos using face detection. *European Workshop on the Integration of Knowledge, Semantics and Digital Media Technology*, October 2004. <http://www.eng.auburn.edu/~tropical/internal/sparc/TourBot/TourBot%20References/Haar/2000186.pdf> (letzter Zugriff 18.03.2016).
- Cox WA, Pruett MS, Benson TJ, Chiavacci SJ, Thompson FR 2012: Development of camera technology for monitoring nests. In: Ribic CA, Thompson FR & Pietz PJ (Hrsg.): *Video Surveillance of Nesting Birds*. *Studies in Avian Biology* 43, University of California Press: 185-198.
- Ellis-Felege SN & Caroll JP 2012: Gamebirds and nest cameras: present and future. In: Ribic CA, Thompson FR & Pietz PJ (Hrsg.): *Video Surveillance of Nesting Birds*. *Studies in Avian Biology* 43, University of California Press: 35-44.
- Ellison KS & Ribic CA 2012: Nest defense: grassland bird responses to snakes. In: Ribic CA, Thompson FR & Pietz PJ (Hrsg.): *Video Surveillance of Nesting Birds*. *Studies in Avian Biology* 43, University of California Press: 149-160.
- Herranz J, Yanes M & Suarez F 2002: Does photo-monitoring affect nest predation? *J. Field Ornithol.* 73: 97-101.
- Hüppop O, Hill R & Jachmann F 2008: Fischereibedingte Aktivitätsmuster von Großmöwen auf See. *Jber. Institut Vogelforschung* 8: 19-20.
- Ko T, Ahmadian S, Hicks J, Rahimi M, Estrin D & Soatto S 2010: Heartbeat of a nest: Using imagers as biological sensors. *ACM Transaction on Sensor Networks* 6: 1-30.
- Kross SM & Nelson XJ 2011: A portable low-cost remote videography system for monitoring wildlife. *Methods in Ecology and Evolution* 2: 191-196.
- Li W & Song D 2014: Automatic Bird Species Filtering Using a Multimodel Approach. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* 12(2): 553-564.
- Newbold HG & King CM 2009: Can a predator see „invisible“ light? Infrared vision in Ferrets (*Mustela furo*). *Wildl. Res.* 36: 309-318.
- Pietz PJ, Granfors DA & Ribic CA 2012: Knowledge gained from video-monitoring grassland passerine nests. In: Ribic CA, Thompson FR & Pietz PJ (Hrsg.): *Video Surveillance of Nesting Birds*. *Studies in Avian Biology* 43, University of California Press: 3-22.
- Ribic CA, Guzy MJ, Anderson TJ, Sample DW & Nack JL 2012: Bird productivity and nest predation in agricultural grasslands. In: Ribic CA, Thompson FR & Pietz PJ (Hrsg.): *Video Surveillance of Nesting Birds*. *Studies in Avian Biology* 43, University of California Press: 119-134.
- Ribic CA, Thompson FR & Pietz PJ (2012): *Video Surveillance of Nesting Birds*. *Studies in Avian Biology* 43, University of California Press.
- Schaefer T 2004: Video monitoring of shrub-nests reveals nest predators. *Bird Study* 51: 170-177.
- Slay CM, Ellison KS, Ribic CA, Smith KG & Schmitz CM 2012: Nocturnal activity of nesting scrubland and grassland passerines. In: Ribic CA, Thompson FR & Pietz PJ (Hrsg.): *Video Surveillance of Nesting Birds*. *Studies in Avian Biology* 43, University of California Press: 105-115.
- Smith PA, Dauncey SA, Gilchrist HG & Forbes MR 2012: The influence of weather on shorebird incubation. In: Ribic CA, Thompson FR, Pietz PJ (Hrsg.): *Video Surveillance of Nesting Birds*. *Studies in Avian Biology* 43, University of California Press: 105-115.
- Stevens, DK, Anderson GQA, Grice PV, Norris K & Butcher N 2008: Predators of Spotted Flycatcher *Muscicapa striata* nests in southern England as determined by digital nest-cameras. *Bird Study* 55: 179-187.
- Vas E, Lescroel A, Duriez O, Boguzewski G & Grémillet D 2015: Approaching birds with drones: first experiences and ethical guidelines. *Biol. Lett.* 11: 20140754. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2014.0754>.
- Wratten SD 1994: *Video techniques in animal ecology and behaviour*. Chapman and Hall, London.
- Zeppelzauer M 2013: Automated detection of elephants in wildlife videos. *EURASIP Journal on Image and Video Processing* 2013: 46.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: [54\\_2016](#)

Autor(en)/Author(s): Bosch Stefan, Haalboom Thomas

Artikel/Article: [Den Nistkastengeheimnissen auf der Spur: Möglichkeiten und Grenzen der Videoüberwachung von Bruthöhlen 125-136](#)