

Weltweite Stromschlagverluste bei Vögeln – Ursachen und Vorschläge für globale Lösungen

Dieter G. Haas, Richard Schneider, Georg Fiedler, Winfried Böhmer, Oda Wieding, Werner Schröder, Ubbo Mammen, Wilfried Haas, Richard E. Harness, Rolf Schneider und Michael Nahm

✉ Dr. Dieter G. Haas, NABU-BAG Stromtod, Zillhauserstr. 36, D-72459 Albstadt; E-Mail: dghaas@web.de

Richard Schneider (†)

Georg Fiedler, Weißstorchbeauftragter der Vogelschutzwarte Niedersachsen, Mitteldorf 81 B,

D-38836 Rohrsheim; E-Mail: fiedler.storchenwelt@t-online.de

Winfried Böhmer, NABU-BAG Weißstorch, Kraftwerkstr. 11 B, D-03226 Vetschau; E-Mail: wboehmer@t-online.de

Oda Wieding, Landesbund für Vogelschutz in Bayern e. V. (LBV), Eisvogelweg 1, D-91161 Hilpoltstein;

E-Mail: oda.wieding@lbv.de

Werner Schröder, NABU-BFA Afrika, Schloßstr. 76, D-33824 Werther; E-Mail: werner.schroeder.calidris@t-online.de

Ubbo Mammen, Ökotop GbR, Willy-Brandt-Str. 44, D-06110 Halle (Saale);

E-Mail: ubbo.mammen@oekotop-halle.de

Prof. Dr. Wilfried Haas, Universität Erlangen, Eichholzstr. 10 a, D-91058 Erlangen; E-Mail: wilfried.haas@fau.de

Richard E. Harness, Certified Wildlife Biologist, EDM International, Inc.; Raptor Research Foundation RRF;

4001 Automation Way, Fort Collins CO 80525, Colorado, U.S.A.; E-Mail: rharness@edmlink.com

Dr. Rolf Schneider, Tal 16, D-80331 München; E-Mail: Rolff.A.Schneider@t-online.de

Dr. Michael Nahm, Arbeitsgemeinschaft Wanderfalkenschutz Baden-Württemberg, Ida-Kerkovius-Straße 9,

D-79100 Freiburg; E-Mail: michaelnahm@web.de

1. Einleitung

Die flächendeckende Versorgung mit elektrischem Strom gilt heute als ein Grundbedürfnis der Menschheit, wird weltweit angestrebt und zunehmend umgesetzt. Gleichzeitig ist der weite Stromtransport über nicht isolierte Freileitungen mit erheblichen Gefahren für die Sicherheit der Stromversorgung verbunden.

Damit zusammenhängend werden gefährdete Großvogelpopulationen oft in existenzgefährdend hohem Ausmaß durch Stromschlagverluste dezimiert. Besondere große Beeinträchtigungen bestehen im Mittelspannungsbereich von 1.000 Volt (1 kV) bis 60.000 Volt (60 kV), Haupt-Anwendungsbereich 10–30 kV. Bei diesen Mastkonstruktionen sind die Phasenabstände (die Abstände der drei Stromdrähte bei Wechselstrom) oft zu eng oder die Isolatoren so kurz, dass sie von größeren Vögeln überbrückt werden können. Großvögel (besonders Greifvögel, Eulen, Störche und andere

Schreitvögel, Rabenvögel) nutzen Freileitungsmasten weltweit als Ruhe, Späh- und Brutplätze. Masten aus gut leitendem Material (Spannbeton oder Stahl) bieten gut geerdete Sitzplätze (selbst feuchte Holzmasten reichen aus um Vögel zu gefährden). Diese werden dann zum „Elektrischen Stuhl“, wenn die Vögel vom geerdeten Sitzplatz auf dem Mast oder einem Leiterseil aus die Isolatoren überbrücken können (Stromschlag über Erdschluss, Abb. 1–3, 5). Große Vögel können überdies enge Phasenabstände überbrücken, was zum Kurzschluss führt (HAAS & SCHÜRENBERG 2008; Abb. 4, 5, 8–16b). Bei extrem engen Phasenabständen sind auch Kleintiere und Kleinvögel bis zu Sperlingsgröße betroffen (Abb. 29, 30). Stromschlagereignisse töten die Vögel meist direkt oder führen zu schwerer Traumatisierung, die unbehandelt im Freiland zu Siechtum und Tod führt (HAAS 1993). Großvogelpopulationen sind dann

auch auf Artniveau durch übermäßige Stromschlagverluste von der Ausrottung bedroht (frühzeitig beim Weißstorch durch Ringfundanalysen abgesichert (BAIRLEIN & ZINK 1977, FIEDLER & WISSNER 1980). Masten von Mittelspannungs-Freileitungen, welche Großvögeln bei jeder Landung nur geringe Überlebenschancen lassen, bezeichnen wir im Folgenden als „Killermasten“.

Solch überholte Technik („bad engineering“) ist zusätzlich verbunden mit erheblicher Verteuerung und Störanfälligkeit der Stromversorgung sowie weiteren Kollateralschäden für die Bevölkerung wie der Auslösung von Wald- und Gebäudebränden sowie Schäden an den Armaturen (DWYER et al. 2019; Abb. 5, 10, 37, 38). Zahlreiche Netzbetreiber benutzen daher heute schon aus technischen Gründen im Mittelspannungsbereich und im Niederspannungsbereich (110–400 V) ausschließlich isolierte Leitungen als sicherste Lösung – meist als Erdkabel, aber auch als Freileitungskabel.

Nur wenige Staaten haben das Stromschlagproblem seither zufriedenstellend gelöst. Im Gegenteil: Weltweit nimmt die Problematik immer noch durch politische Ignoranz und schlechte technische Lösung bei der Elektrifizierung zu und bleibt somit auch ein weitgehend ungelöstes Problem beim Schutz gefährdeter Großvögel.¹

Im vorliegenden Bericht weisen wir auf bestehende Problemlagen hin, insbesondere auf die aktuelle Situation der Elektrifizierung in Ostafrika. Wir nutzen hierfür Bildmaterial aus vielen Ländern. Damit soll die international gravierende Problematik verdeutlicht werden, welche in den meisten Staaten noch nicht adäquat gelöst wurde. Zusätzlich zeigen wir global praktizierte technische Lösungen, welche das Stromschlagproblem minimieren oder ganz ausschalten können. Wir hoffen, damit zu einer internationalen Lösung auf dem Stand der Technik beizutragen.

Wo die Problematik unzureichend bekannt ist oder in ihrer Dramatik unterschätzt wird, wie derzeit in einigen Staaten Ostafrikas, drohen weiter anwachsende Nachteile für eine sichere Stromversorgung, den Biotop- und Großvogelschutz sowie zusätzliche Flächen- und Gebäudebrände.

2. Lösungen, die Stromschlag sicher ausschließen

Der Ersatz von Freileitungen durch isolierte, unterirdisch verlegte Kabel (Erdkabel) kann Vogelverluste durch Stromschlag und durch Kollision mit Leiterseilen am besten verhindern. Auch die Stromversorgung wird so wesentlich weniger stör anfällig. Daher bauten einige deutsche Energieversorgungsunternehmen schon aus technischen Gründen ihr gesamtes Mittelspannungs-Freileitungsnetz ab und ersetzten es durch Erdkabel (BUHMANN 1989). Die Sicherheit bei Erdkabel ist hier zusätzlich wesentlich höher, da auch Schäden durch Stürme und Vereisung ausgeschlossen sind.

Auch Freileitungen mit isolierten Leitungsdrähten vermeiden Stromschlagfälle bei Mensch und Tier und tragen viel zur sicheren Stromversorgung mit geringem Flächenverbrauch bei, da die Phasenabstände bei Wechselstrom ganz entfallen oder minimiert werden können (Abb. 19, 20, 22–28). Aber Unfälle durch Kollision mit den Leitungen sind nicht ausgeschlossen.

In zahlreichen Industriestaaten verläuft der Stromtransport im Mittelspannungs- und im Niederspannungs-Bereich heute ganz überwiegend in isolierten Leitungen. Denn die Verlegung isolierter Stromkabel in die Erde wird durch technischen Fortschritt immer einfacher und kostengünstiger. In einigen asiatischen Ländern, z. B. in Thailand und China, werden Leitungen in Städten und dichter besiedelten Gebieten auf isolierten Kabeln geführt, oft oberirdisch (Abb. 24–27). Leider verzichtet man dort häufig in weiterer Entfernung der Städte auf die Isolierung, baugleiche Masten mit nicht isolierten Leitungsdrähten werden dann oft wieder zu Killermasten.

Der Einsatz von gut isolierendem glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK-Material) beim Mastenbau verhindert zuverlässig Stromschlag durch Erdschluss, aber nicht durch Kurzschluss (Abb. 4, 32, 33 und Ausführungen unter 3.3):

¹ Die Zeitschrift *The Journal of Raptor Research* hat im Mai 2020 (Vol. 54/2) eine spezielle Ausgabe über Freileitungen und Greifvögel mit 13 Beiträgen herausgebracht, von denen zwei eine aktuelle globale Beurteilung des Stromschlagproblems enthalten (DWYER 2020 und SLATER et al. 2020). Das vollständige Heft ist online abrufbar unter <https://www.bioone.org/journals/journal-of-raptor-research/volume-54/issue-2>

3. Beispiel Deutschland: katastrophale Entwicklung mit anschließender Problemlösung

3.1 Rückschritt: Konstruktions-Änderungen der Masten mit verheerenden Folgen in Deutschland

Massenhafte Stromschlagverluste bei Vögeln wurden frühzeitig erkannt und seit 150 Jahren als Gefahr für die Vogelbestände und für die Sicherheit der Stromversorgung beschrieben (GOEBEL 1869). Sie wurden zunehmend thematisiert (HENNICKE 1912, HÄHNLE 1913, FUNKE 1923) und führten schon 1924 zu besseren gesetzlichen Regelungen beim Vogelschutz an Freileitungen in Deutschland.

Ab den 1950er-Jahren wurden in Deutschland – aber auch in anderen Ländern – wieder zunehmend Vögel gefährdende Konstruktionen einge-

führt, besonders im Mittelspannungsbereich an den meist verwendeten 10-kV- und 20-kV-Leitungen (10.000 und 20.000 Volt). Freileitungen in diesem Spannungsbereich überbrücken die Hochspannungs-Freileitungen zu den Niederspannungsleitungen über Strecken von wenigen bis zu dutzenden Kilometern. In Deutschland wurden infolge der alten gesetzlichen Regelung Masten von Freileitungen im Mittelspannungsbereich überwiegend aus Holz konstruiert, mit großen, seitlich am Mast angebrachten Isolatoren. Holz isoliert wesentlich besser als Metall oder Spannbeton, vor allem in trockenem Zustand. Verluste durch Stromschlag waren bei Großvögeln dennoch nicht selten, es wurden aber bei Großvögeln nicht mehr bestandsbedrohend hohe Verlustraten beschrieben wie in den Anfangszeiten der Elektrifizierung im 19. und zu Anfang des 20. Jahrhunderts.



Abb. 1: Kapkrähe *Corvus capensis* (Länge 43 cm). Balzendes Paar auf Mast aus leitendem Material (Spannbeton) mit Stützisolatoren, vor Anbringung der nicht isolierten Stromleiter. Später ist der Aufenthalt auf solchen Masten dann schon für so kleine Vögel oft tödlich. Sie werden im Folgenden daher als „Killermasten“ bezeichnet. Äthiopien Dezember 2010. – Cape Rook *Corvus capensis* (length 43 cm). A courtship couple on a „mast“ (pylon, pole) of pre-stressed concrete, a conducting material. The uninsulated conductors are to be attached later. Small birds can easily be killed on such masts, and larger birds cannot land safely. In the following texts, such extremely dangerous structures are referred to as 'killer masts'. Ethiopia December 2010. Foto: D. G. Haas



Abb. 2: Weißbürzel-Singhabicht *Melierax poliopterus* (Länge 50 cm, Spannweite 103 cm). Altvogel, auf Killermast geerdet sitzend (Mast aus Spannbeton, Traverse aus Metall) unmittelbar neben nicht isolierten Leitungsdrähten. Kenia, Januar 2011. – Eastern Chanting Goshawk *Melierax poliopterus* (length 50 cm, wingspan 103 cm). An adult bird perching on a killer mast (mast of pre-stressed concrete, with metal traverse) directly beneath uninsulated conductors. Kenya, January 2011. Foto: D.G. Haas

Doch in den 1950er-Jahren wurde auf Lobbydruck der Energieversorgungsunternehmen der Vogelschutzparagraf in Deutschland für überflüssig erklärt und ohne parlamentarische Diskussion ersatzlos gestrichen. Neue Masten aus leitendem Material (Spannbeton oder Metall) mit Stützisolatoren besaßen wieder ein extrem hohes Stromschlagrisiko durch Erdschluss. Die Traversen boten Vögeln schlecht isolierte Rast-, Aussichts- und sogar Brutplätze in direkter Nähe zu den nicht isolierten Stromleitern, wenn diese auf Stützisolatoren über der Traverse angebracht wurden. Die gefährlichen Stromleiter befinden sich dann in unmittelbarer Nähe zu auf der Traverse landenden Vögeln.

In vergleichbarer Weise werden heute in Ostafrika solche Konstruktionen verwendet (Abb. 1–5).

Bastellösungen der EVU konnten das Problem nicht lösen (HAAS 1975, 1980). Auch die Vergrößerung der Stützisolatoren auf 60 cm brachte keine Lösung. Denn Großvögel wie Weiß- und Schwarzstorch, Uhu, große Adler und Geier konnten die Distanz leicht überbrücken und waren weiterhin einem extrem hohen Stromschlagrisiko ausgesetzt. Diese Zielarten des Vogelschutzes waren in ganz besonderem Maß gefährdet. Beim Weißstorch *Ciconia ciconia* wurde durch die Auswertung von Totfunden über die Beringung nachgewiesen, dass Freileitungsverluste ganz überwiegend zum Verschwinden der Art aus weiten Bereichen Süddeutschlands beigetragen haben (BAIRLEIN & ZINK 1979). Dabei waren ca. 80 % dieser Verluste durch Stromschlag ausgelöst, nur



Abb. 3: Graubürzel-Singhabicht *Melierax metabates* (Länge 45 cm, Spannweite 93 cm). Altvogel, Killermast-Opfer mit Strommarken an Flügeln und Fängen sowie angebrannten Steuerfedern auf der linken Seite. Tana-See, Äthiopien, 10.11.2018. – Dark Chanting-Goshawk *Melierax metabates* (length 45 cm, wingspan 93 cm). An adult bird, victim of a killer mast, with overtly visible burn marks caused by the electrical current. Lake Tana, Ethiopia, 10.11.2018. Foto: T. Pröhl



Abb. 4: Bartgeier *Gypaetus barbatus meridionalis* (Länge 108 cm, Spannweite 253 cm): Großgreifvögel wie dieser adulte Bartgeier haben bei Landungen auf solchen Killermasten keine Überlebenschancen. Auch bei Verwendung von gut isolierendem glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK-Material) am Mast bleibt noch die Stromschlaggefahr durch Kurzschluss. Zusätzliche Isolationsmaßnahmen sind erforderlich. 08.11.2008 Simien-Nationalpark, Äthiopien. – Bearded Vulture *Gypaetus barbatus meridionalis* (length 108 cm, wingspan 253 cm): Large birds like this adult Bearded Vulture have no chance to survive if they land on such a killer mast. Even if the mast is constructed with well insulating synthetic material (GFK-hybrid-pole), the electrocution risk by short circuit is still very high (narrow spacing). Additional insulating of the conductors on the mast is essential. 08.11.2008, Simien National Parc, Ethiopia.
Foto: T. Pröhl



Abb. 5: Beschädigter Killermast: Außer zu Bränden kommt es auch oft zu erheblichen Schäden an den Armaturen. Äthiopien, Dezember 2010. – Damaged insulators of a killer mast. Killer masts often cause woodfires, and their armatures are also frequently damaged by the electrocutions. Ethiopia, December 2010.
Foto: D. G. Haas

ca. 20 % durch Kollisionen mit Stromkabeln (FIEDLER & WISSNER 1980). Beim Uhu *Bubo bubo* gab es ähnliche, vergleichbar gut abgesicherte Resultate (ROCKENBAUCH 1978, HAAS & SCHÜRENBURG 2008). Auch die Verlustraten kleinerer Greifvögel wie Mäusebussard *Buteo buteo* und Rotmilan *Milvus milvus* waren sehr hoch. Es kam zu zahlreichen Publikationen, Begriffe wie „Todesmasten“, „Killermasten“ und „elektrische Stühle für Großvögel“ wurden zur Förderung der poli-

tischen und öffentlichen Diskussion benutzt (HAAS 1975, 1980). Auch in anderen europäischen Ländern wurden ähnliche Entwicklungen durch die neuen Killermasten beschrieben, unter anderem in Spanien mit seinen artenreichen Großgreifvogelpopulationen (GARZON-HEYDT 1973, BOROVICZENY 1978, FERRER et al. 1991), in Osteuropa (GRISCHTSCHENKO & GABER 1990, JAKUBIEC 1991), Frankreich (SCHIERER 1992) und Skandinavien (BEVANGER 1988, 1994).

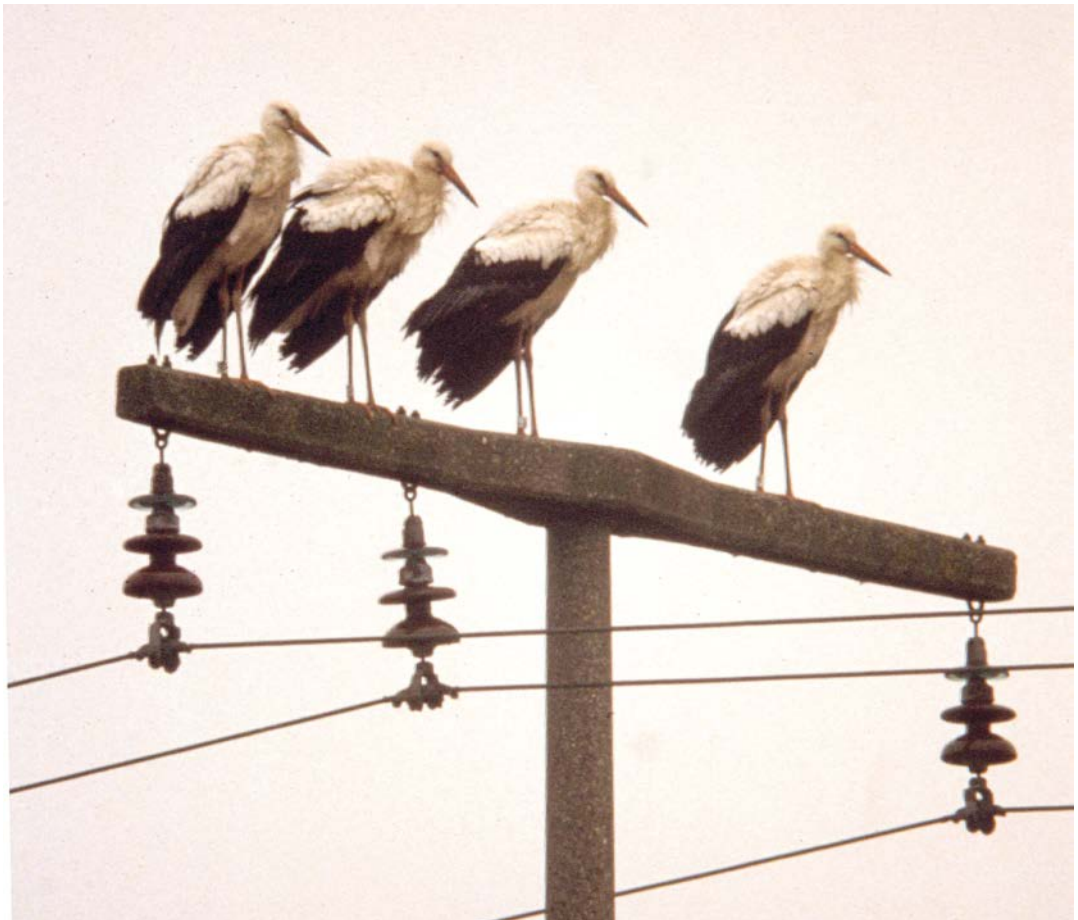


Abb. 6: Weißstorch *Ciconia ciconia* (Länge 103 cm, Spannweite 202 cm). Hier rasten vier Jungvögel auf einem relativ sicheren Mast aus Spannbeton mit Hängeisolatoren. Die Isolatoren müssen bei Neukonstruktionen in Deutschland mindestens 60 cm lang sein, um auch Stromschlag über den Kotstrahl vorzubeugen. Schlichting, Schleswig-Holstein, Deutschland, 24.08.1977. – White Stork *Ciconia ciconia* (length 105 cm, wingspan 202 cm). Four young birds perch on a relatively safe mast of a medium-voltage powerline. The mast is made of pre-stressed concrete, but the conductors are attached to hanging insulators. The insulators on new erected masts in Germany must have a length of at least 60 cm to prevent electrocution through urine streams. Schlichting, Germany, 24.08.1977.

Foto: G. Fiedler

3.2 Traditionelle Berücksichtigung des Vogelschutzes in Deutschland

Einige deutsche Energieversorgungsunternehmen haben nie solche Killermasten verwendet. Sie haben ausschließlich auch im Mittelspannungsbereich ab den 1960er-Jahren Masten mit großen Hängeisolatoren benutzt, die für Großvögel auf Grund der unter den Traversen verlaufenden Stromleitungen wesentlich ungefährlicher als die nach oben ragenden Stützisolatoren sind (Abb. 6, 17a). Andere hatten schon das ganze Mittelspannungsnetz über gut isolierte Erdkabel verlegt. Die Wahl des Leitungsnetzes war aber der „Firmenphilosophie“ der einzelnen Energieversorger überlassen (HAAS 1980). Einige Energieversorgungsunternehmen haben schon in den 1980er-Jahren wegen schwerwiegender Schäden am Netz aus technischen Gründen ihr gesamtes Freileitungsnetz im Mittelspannungs- und Niederspannungsbereich abgebaut und als Erdkabel verlegt (BUHMANN 1989).

3.3 Aktuelle gesetzliche Regelung in Deutschland

Nach Wiederaufnahme des Vogelschutzes in die technischen Vorschriften (DIN VDE 0210/12 85) wuchs das Interesse der Energieversorger an fachlicher Zusammenarbeit stark, Mitglieder der NABU-BAG Stromtod wurden häufig zu Vorträgen und Fortbildungsveranstaltungen eingeladen, es resultierten spezifische Fachbeiträge in der elektrotechnischen Fachliteratur (HAAS & MAHLER 1992).

Die naturschutzfachlichen und technischen Probleme der Killermasten führten dann zu einer neuen, sehr soliden gesetzlichen Regelung zur Lösung des Stromschlagproblems in Deutschland mit verbindlichen Vorschriften zum Masten-Neubau im Mittelspannungsbereich, die auch den Schutz der größten betroffenen Vogelarten (Stein- und Seeadler, Gänse-, Mönchs- und Bartgeier) vor Stromschlag berücksichtigt. Zusätzlich wurde die flächendeckende Entschärfung der gefährlichsten alten Mastentypen an bestehenden Freileitungen durch technisch bewährte, definierte Maßnahmen bis zum 31.12.2012 gesetzlich verordnet: über das Bundesnaturschutzgesetz § 41, Umsetzung gemäß VDE-Anwendungsregel „Vogelschutz an Mittelspannungs-Freileitungen VDE-AR-N 4210-11“ (BÖHMER 2008, 2011).

Die häufigsten Entschärfungen alter Masten erfolgen durch qualitativ hochwertige Isolationsmaßnahmen (SCHÜRENBERG 2008) und Verlängerung der Isolationsstrecken durch Umbau (Beispiele an Reihentragmasten aus Deutschland und den U.S.A. in Abb. 7a und b, 16b, 18b und c). Zur Absicherung von Schaltermasten, Maststationen und Abzweigmasten sind weitere Sicherungsmaßnahmen, die sich seither im Vogelschutz bewährt haben, vorgeschrieben. Auf weitere Details kann im Rahmen dieser Übersichtsarbeit nicht eingegangen werden. Lösungen nach dem Stand der Technik für alle Mastentypen sind in der VDE-AR-N 42010-11 beschrieben².

Interessante neue Aspekte ergeben sich beim Mastenbau durch die Verwendung von glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK-Material) für den Vogelschutz und die Lebenslänge der Masten. GFK-Material ist sehr leicht, härter als Stahl und sehr widerstandsfähig gegen äußere Einflüsse. Für den Mastenbau wird GFK-Material mit sehr hohem spezifischen Widerstand und hoher Durchschlagsfestigkeit verwendet. Der Mast isoliert dann viel besser als Masten aus anderem Material einschließlich Holz. Stromschlagverlusten durch Erdschluss wird so auch bei der Verwendung von Stützisolatoren vorgebeugt. Oft werden Hybridmasten verwendet, auch beim Ersatz einzelner Holzmasten in bestehenden Leitungen: auf ein Basiselement aus zinkverstärktem Edelstahl wird ein 3 m langes Maststück aus GFK-Material aufgesetzt (Abb. 4, 32, 33). Dabei sind Vögel optimal gegen Erdschluss, allerdings noch nicht gegen Kurzschluss geschützt. Sind die Phasenabstände zu eng, können Großvögel leicht zwei Stromleiter gleichzeitig berühren (Abb. 4). Daher müssen in Deutschland die Phasenabstände mindestens 2,40 m betragen. Sind sie kleiner, muss mit zusätzlichen Maßnahmen abgesichert werden (Isolierhauben oder spezielle Vogelsitzstangen).

Für neue Leitungen im Mittelspannungsbereich wird dringend die Erdverkabelung empfohlen. In Deutschland war schon 2014 nahezu 81 % des gesamten Stromnetzes (Länge ca. 1,8 Millionen Kilometer) mit Erdkabeln verlegt (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft bdew, Pressemitteilung 05.08.2014).

² auf Deutsch und Englisch beziehbar: VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, D-10625 Berlin

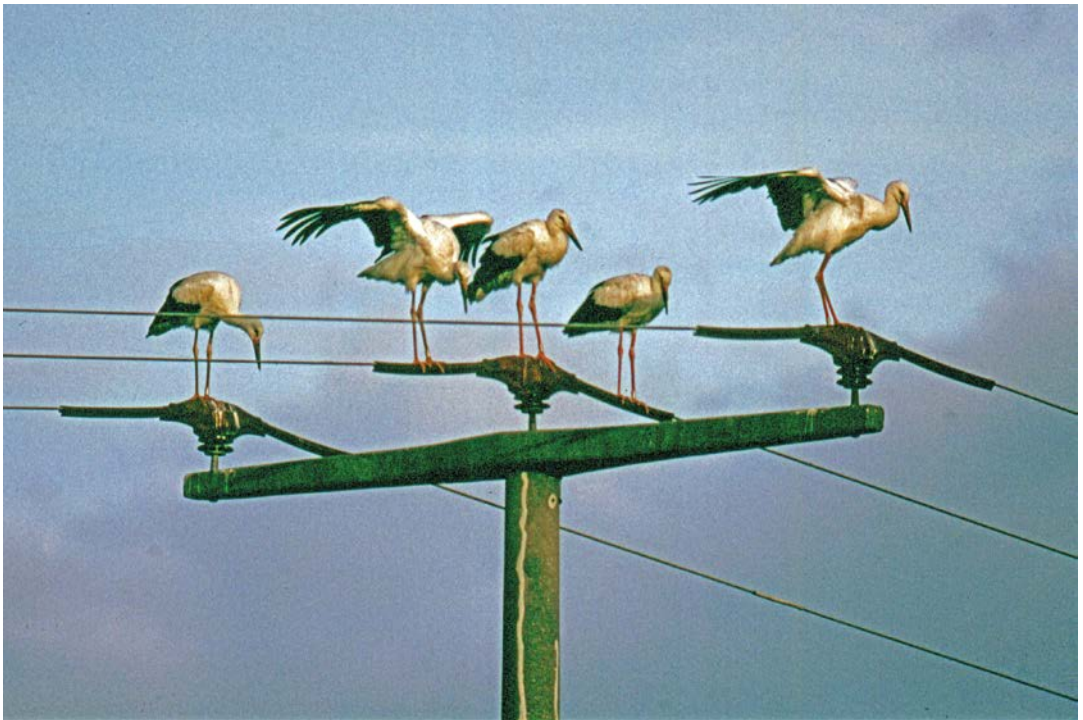


Abb. 7a (links oben): Rabenkrähe *Corvus c. corone* (Länge 48 cm, Spannweite 95 cm), auf mit isolierenden Abdeckhauben für Vögel aller Größen entschärftem Killermast. Die Hauben müssen auf mindestens 140 cm Länge gut isolieren und eine Lebenserwartung wie die anderen Bauteile des Masts aufweisen (FISCHER & SCHÜRENBERG 2008). Deutschland. – *Carriion Crow Corvus c. corone* (length 48 cm, wingspan 95 cm) on a killermast after retrofitting with insulation hoods of good quality, safe for all birds. The hoods should have a length of at least 140 cm and a durability as that of the other elements of the mast (Fischer & Schürenberg 2008). Germany. Foto: D. G. Haas

Abb. 7b (links unten): Fünf junge Weißstörche *Ciconia ciconia* (Länge 103 cm, Spannweite 202 cm) landen nach dem Ausfliegen auf einem Killermast nach der Absicherung und übernachteten hier unbeschadet. Die Isolierhauben auf den Stützisolatoren bieten einen optimalen Schutz. 26.07.1993 Karlsruhe, Deutschland. – *Five young White Storks Ciconia ciconia* (length 103 cm, wingspan 202 cm) who have just left their nest land on a retro-fitted killer mast to roost overnight. The insulation hoods for the pin-type insulators provide excellent shelter, all five birds survived without injury. 26.07.1993, Germany. Foto: W. Feld



Abb. 8: Ein Geierrabe *Corvus albicollis* (Länge 56 cm) sitzt auf einem Holzmast mit Stützisolatoren, attackiert von zwei Kapkrähen *Corvus capensis* (Länge 43 cm). Holz isoliert in trockenem Zustand viel besser als Spannbeton und Metall, die Gefahr eines Stromschlags durch Erdschluss ist hier gering. Der Phasenabstand (Abstand zwischen den drei Stromkabeln) ist aber sehr gering. Größere Vögel können sie leicht überbrücken, die Stromschlaggefährdung durch Kurzschluss ist dann sehr hoch, vgl. Abb. 4. Januar 2020, südl. Nairobi, Kenia. – *A White-naped-Raven Corvus albicollis* (length 56 cm) perched on a wooden pylon with pin-type insulators, attacked by a pair of Cape Crows *Corvus capensis* (length 43 cm). Dry wood is a much better insulator than pre-stressed concrete and metal, the danger of electrocution by earth contact (ground leakage) is minimal. For larger birds however, the danger of electrocution by short circuit is very high, the spacing is too narrow - c.f. fig. 04.01.2020, south of Nairobi, Kenya. Foto: D. G. Haas



Abb. 9 (links oben): Subadulter Schreiseeadler *Haliaeetus vocifer* (Länge 68 cm, Spannweite 190 cm) auf Holzmast einer Mittelspannungsleitung rastend. Die Phasenabstände sind sehr gering, daher kommt es an diesem Abzweigmast häufig zu Stromschlagfällen bei Großvögeln (Abb. 10, 11) durch Kurzschluss, und zu Schäden an den Isolatoren. Koka-Stausee Äthiopien, Dezember 2016. – *Subadult African Fish Eagle Haliaeetus vocifer (length 68 cm, wingspan 190 cm) perching on a wooden mast of a medium-voltage powerline. Spacing is very narrow, therefore electrocution of large birds is very frequent here, as well as damage to the insulators. Koka-Storage Lake, December 2016, Ethiopia.* Foto: T. Pröhl

Abb. 10 (links unten): Einer der Schreiseeadler, ein Altvogel, durch längeren Stromfluss weitgehend „ausgebrannt“ am gleichen Mast (zahlreiche Verbrennungen vierten Grades). Koka-Stausee, Äthiopien, Dezember 2010. – *One of the electrocuted African Fish Eagles under the same pole, an adult bird, incinerated (numerous burns level four) by the sustained flow of electrical current during the electrocution, December 2010.* Foto: D. G. Haas



Abb. 11: Die Dezimierung durch Stromschlag hält langfristig an. Obwohl Opfer laufend durch Beutegreifer (Hunde, Schakale) abgeräumt werden, liegen fünf Schreiseeadler und ein Marabu gleichzeitig tot unter dem Mast. Koka-Stausee, Äthiopien, Dezember 2016. – *Electrocution continues on a high level. Although many of the victims are frequently removed by scavengers (dogs, jackals), five African Fish Eagles and one Marabou Stork were found, killed by electrocution at the same mast. December 2016.* Foto: T. Pröhl



Abb. 12: Kappengeier *Necrosyrtes monachus* (Länge 60 cm, Spannweite 158 cm) an nicht isolierter Mittelspannungsleitung mit sehr kurzen Phasenabständen. Äthiopien Dezember 2010.
 – Hooded Vultures *Necrosyrtes monachus* (length 60 cm, wingspan 158 cm) perching on wooden masts of a medium-voltage powerline with very narrow spacing of uninsulated conductors. Ethiopia, December 2010.
 Foto: D.G. Haas

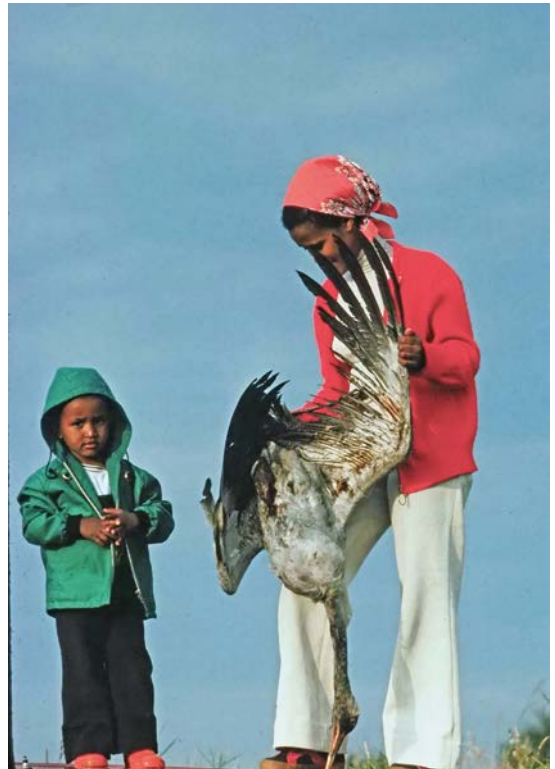




Abb. 15: Savannenadler *Aquila rapax* (Länge 65 cm, Spannweite 168 cm). Immaturer Vogel mit Schlachtabfall neben einer Mülldeponie. Stromschlag kann auch über Kot-/Urinstrahl oder mitgeführte Gegenstände ausgelöst werden. Äthiopien Dezember 2010. – Tawny Eagle *Aquila rapax* (length 65 cm, wingspan 168 cm), an immature bird with slaughterhouse waste near a landfill. Electrocution can also be caused via the urine stream or objects carried along. Ethiopia, December 2010. Foto: D. G. Haas

← **Abb. 13 (links):** Schwarzstorch *Ciconia nigra* (Länge 102 cm, Spannweite 190 cm), Jungvogel, eurasischer Wintergast, Stromschlagopfer einer Leitung mit zu kurzen Phasenabständen. Simien Gebirge, Äthiopien, 09.11.2018. – A juvenile Black Stork *Ciconia nigra* (length 102 cm, wingspan 190 cm), Eurasian winter visitor, as an electrocution victim of a medium-voltage powerline with uninsulated conductors and narrow spacing. Simien Mountains, Ethiopia, 09.11.2018. Foto: T. Pröhl

Abb. 14 (rechts): Kranich *Grus grus* (Länge 108 cm, Spannweite 202 cm). Dieser durchziehende Jungvogel flog nachts gegen eine Mittelspannungs-Freileitung mit sehr engen Phasenabständen. Er verschmorte weitgehend zwischen zwei Drähten, ein Stromleiter brach, die Stromversorgung war sofort bis zur Reparatur unterbrochen. Hammah, Deutschland, März 1977. – Common Crane *Grus grus* (length 108 cm, wingspan 202 cm). This immature migrating bird collided at night with a narrowly spaced medium-voltage powerline. It suffered extensive burns, hanging between two conductors. One conductor broke, interrupting the power supply until its repair. Hammah, Germany, March 1977. Foto: D. G. Haas



Abb. 16a (links oben): Steinadler *Aquila chrysaetos* ad. (Länge 90 cm, Spannweite 210 cm), beim Abflug von einem Holzmast mit engen Phasenabständen der nicht isolierten Stromleiter. Ein gleichzeitiger Kontakt mit zwei Drähten ist möglich, mit Auslösung eines Stromschlags durch Kurzschluss. Colorado, U.S.A. – *An adult Golden Eagle Aquila chrysaetos (length 90 cm, wingspan 210 cm) taking off from a wooden mast with narrow spaced, uninsulated conductors. Simultaneous contact with two wires is possible causing electrocution via short circuit. Colorado, U.S.A.*

Foto: R. E. Harness

Abb.16b (links unten): Königsbussard *Buteo regalis* (Länge 60 cm, Spannweite 143 cm), Altvogel der hellen Morphe auf einem Holzmast, dessen mittlere Phase durch Plastikhauben isoliert ist, als Schutz von Adlern vor Stromschlag durch Kurzschluss über Berührung von zwei nicht isolierten Stromdrähten. Kalifornien, U.S.A. – *Ferruginous Hawk Buteo regalis (length 60 cm, wingspan 143 cm), adult bird of the light morph on a wooden mast, the middle conductor of which is insulated by plastic hoods to prevent electrocution of eagles by short circuit. California, USA.*

Foto: R. E. Harness



Abb. 17a: Vier immature Schmutzgeier *Neophron percnopterus* (Länge 60 cm, Spannweite 158 cm) rasten mit sechs Schwarzmilanen *Milvus migrans* (Länge 53 cm, Spannweite 143 cm) auf einem Mast mit langen Hängeisolatoren, welche die Vögel vor Stromschlag schützen. Aufgenommen bei einer Mülldeponie mit Rinderkadavern in Gujarat, Indien, 23.01.2010. Schmutzgeier erleiden im afrikanischen Winterquartier starke Stromschlagverluste an Killermasten bei Deponien, in für einige Populationen bestandsbedrohendem Ausmaß (nachgewiesen für die bulgarische Population im sudanesischen Winterquartier über markierte Vögel). – *Four juvenile Egyptian Vultures Neophron percnopterus (length 60 cm, wingspan 158 cm), resting together with six Black Kites Milvus migrans (length 53 cm, wingspan 143 cm) on a safe mast with long, hanging insulators. They prevent electrocution. A rubbish dump with cow carcasses in Gujarat, India, 23.01.2010. Egyptian Vultures suffer heavy electrocution losses on killer masts near garbage dumps in Eastern Africa during winter, to a possibly lethal degree for some populations (confirmed by marked birds from the Bulgarian breeding population in winter quarters in Sudan).*

Foto: D. G. Haas



Abb. 17b: Waldrapp *Geronticus eremita* (Länge 75 cm, Spannweite 130 cm), Jungvogel im ersten Lebensjahr. Die letzte östliche, ziehende Population dieser vom Aussterben bedrohten Art in Syrien ist inzwischen wahrscheinlich im Freiland ausgerottet, durch illegalen Abschuss und Stromschlagverluste auf den Zugwegen in das nordostafrikanische Winterquartier. Lediglich eine im Winter gekäfigte Population in der Türkei kann sie retten. 29.03.2014 Deutschland. – Northern Bald Ibis *Geronticus eremita* (length 75 cm, wingspan 130 cm), young first-year bird. The last remaining eastern migrating population from Syria has probably already been eradicated by illegal hunting and electrocution on their migrating routes to the wintering sites in northeastern Africa. Only a small monitored group in Turkey can secure the survival of the eastern population. 29.03.2014, Germany.

Foto: D. G. Haas



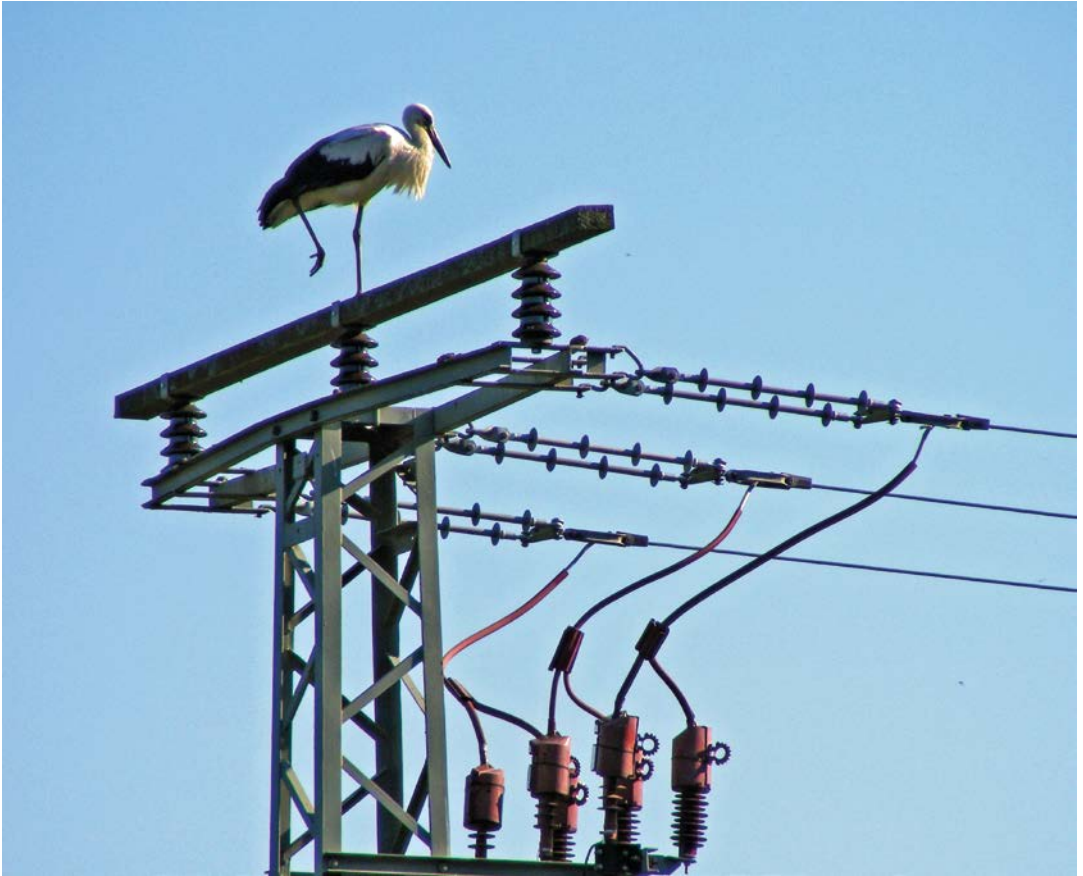


Abb. 18b: Weißstorch *Ciconia ciconia* auf Endmast aus Stahl rastend. Der ehemalige Killermast wurde entschärft: Die Isolationsstrecke wurde entsprechend der neuen deutschen Vorschrift zum Vogelschutz (VDE-AR-N 4210-11) durch Einbau von Langstabisolatoren auf 60 cm verlängert, die nach unten führenden Stromleiter isoliert und auf die Stützisolatoren ein Sitzbrett angebracht. Bahrdorf, Deutschland, 01.08.2014. – White Stork *Ciconia ciconia* perching on a steel mast, a former killer mast. It is retrofitted with longer insulators of 60 cm for bird protection in accordance with the new German catalogue (VDE-AR-N 4210-11). Wires leading downwards are insulated, and a board is attached to the pin-type insulators as a perch. Bahrdorf, Germany, 01.08.2014. Foto: G. Fiedler



Abb. 18a: Turmfalke *Falco tinnunculus* (Länge 34 cm, Spannweite 73 cm), nach Stromschlag zwischen Blitzhörnern (Schutzfunkenstrecken) hängen geblieben. Solche Strukturen verkürzen die Isolationsstrecke und erhöhen die Stromschlaggefahr gewaltig, auch für kleine Vogelarten. In Deutschland werden sie nicht mehr verwendet und als Vogelschutzmaßnahme bei alten Masten entfernt. Die Isolationsstrecke bei Abspann- und bei Hängeisolatoren muss bei neuen Masten mindestens 60 cm betragen, um auch Verlusten durch Ausscheidungen (Urinstrahl) entgegen zu wirken. Poltringen, Deutschland 29.12.2012. – Common Kestrel *Falco tinnunculus* (length 34 cm, wingspan 73 cm) remains hanging after electrocution between arching horns. These structures shorten the insulated section and increase the electrocution risk enormously, also for smaller birds. In Germany they are prohibited for new masts, and are removed from old masts for bird protection. The current German regulations dictate that the distance between suspended insulators and strain insulators in the medium-voltage range now has to be at least 60 cm to prevent electrocution by excreta (urine stream). Poltringen, Germany, 29.12.2012. Foto: D. G. Haas



Abb. 18c: Weißkopfseeadler *Haliaeetus leucocephalus* (Länge 90 cm, Spannweite 220 cm). Jungvogel auf einem vogelfreundlichen Holzmast mit langen Isolatoren. – Bald Eagle *Haliaeetus leucocapthalus* (length 90 cm, wing-span 220 cm) on an eagle-friendly wooden mast with long insulators. U.S.A. Foto: R. E. Harness



Abb. 20: Adulter Schwarzbrust-Schlangennadler *Circaetus pectoralis* (Länge 65 cm, Spannweite 170 cm), sicher auf einem Mast mit isolierter Stromleitung rastend. Namibia. – Adult Black-chested Snake-Eagle *Circaetus pectoralis* (length 65 cm, wing-span 170 cm), perching on a safe mast with insulated conductor. Namibia. Foto: D. G. Haas



Abb. 21: Schlangennadler *Circaetus gallicus* (Länge 65 cm, Spannweite 175 cm), sicher über dem Nullleiter (der nicht unter Spannung steht) einer Hochspannungsleitung rastend. Alle 6 Schlangennadlerarten Ostafrikas (davon der Schlangennadler nur seltener Wintergast) rasten gerne auf Freileitungsmasten und werden häufig durch Stromschlag getötet. – Short-toed Snake-Eagle *Circaetus gallicus* (length 65 cm, wingspan 175 cm), on a safe perch over the neutral conductor (which is not electrified) on the tower of a high-tension powerline. All six species of Snake Eagles in East Africa (the Short-toed Snake-Eagle being only a rare winter-visitor) enjoy perching on masts and towers of power-lines and are often electrocuted. Foto D. G. Haas

Abb. 19: Schopfadler *Lophaetus occipitalis* (Länge 56 cm, Spannweite 120 cm), Altvogel auf jetzt sicherem, gegen Stromausfall abgesichertem Mast einer Niederspannungsleitung: die unisolierten Drähte wurden wieder entfernt, isolierte Stromleiter in einem Kabel ohne Isolator an dem Mast befestigt. 26.12.2009, Südafrika. – Adult Long-crested Eagle *Lophaetus occipitalis* (length 56 cm, wingspan 110 cm) on a retrofitted, now safe mast on a low-voltage powerline. The previous uninsulated conductors were removed and replaced by a well-insulated free-hanging cable, fixed directly to the mast without an insulator. 26.12.2009, South Africa. Foto: D. G. Haas

4. Internationale Maßnahmen zur sicheren Energieversorgung auf Freileitungsmasten

Meilensteine zur Lösung des Problems im internationalen Bereich sind verbindliche Vereinbarungen in Abkommen wie der Bonner Konvention zur Erhaltung wandernder wildlebender Tierarten (Convention on Migratory Species, CMS) von 2002, die in die International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) eingebracht und von 80 Staaten unterzeichnet wurde (HAAS et al. 2002). Zusätzlich gelten dringende Empfehlungen zur Lösung des Problems, welche durch die Berner Konvention zur Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere 2004 von 27 Staaten einvernehmlich verabschiedet wurden (Recommendation No.110, 2004)³.

³ Dokument unter www.coe.int/Bernconvention, Zusammenfassung bei HAAS et al. (2005), NIPKOW (2008)

Viele Mitgliedsstaaten führten seither gesetzliche Regelungen zum Schutz von Vögeln an Freileitungen ein, und schrieben verbindlich technische Standards zum Freileitungsbau und zur verlässlichen Entschärfung alter „Killermasten“ vor. Als Vorlage für die Praxis wurde der Stand der Technik gemeinsam von Naturschützern, Ornithologen und Elektrotechnikern festgelegt und in anschaulich illustrierten Broschüren allgemein verständlich publiziert.

In den USA wurden schon 1975 Anleitungen zum Schutz von Großgreifvögeln vor Stromschlag erstellt und „im öffentlichen Interesse“ ab 1975 kostenlos weltweit verbreitet (ANONYMOUS 1975, OLENDORF 1981). In Europa folgten Broschüren als verbindliche Konstruktions-Vorgaben für alle Firmen in verschiedenen Staaten, immer wieder an den Stand der Technik angepasst (Beispiele aus Deutschland: VDEW 1986, VDEW 1991, VDE 2011). Von dieser Entwicklung profitierten seither in Europa besonders Weiß- und Schwarzstorch, Uhu, Großfalken, Milane sowie alle Adler- und Geierarten.



Abb. 23: Weißkehlmeerkatze *Cercopithecus albogularis*. Hier schützen gut isolierte Leitungen diese Primaten vor Stromschlag und ermöglichen ein gefahrloses Überqueren der Hauptstraße. Mombasa, Kenia, Februar 2008. – Sykes ` Monkey *Cercopithecus albogularis*. In this instance, well insulated powerlines prevent electrocution and allow these primates to cross the main road without danger. Mombasa, Kenya, 2/2008. Foto: D. G. Haas



Abb. 22: Weißstorch *Ciconia ciconia* (Länge 103 cm, Spannweite 202 cm), adultes Paar, auf Holzmast und gut isoliertem Freiluftkabel ohne Gefährdung rastend. Rastatt, Deutschland, 10.03.1994. – White Stork *Ciconia ciconia*, adult couple resting safely on a wooden mast with a well insulated conductor cable. Rastatt, Germany, 10.03.1994. Foto: W. Feld



Abb. 24: Javaneraffe *Macaca fascicularis*. Zwei Alttiere ruhen sicher auf gut isolierten Stromkabeln. 16.10.2013 Thailand. – Long-tailed Macaque *Macaca fascicularis*. Two adults rest safely on well insulated conductors of powerlines. 16.10.2013, Thailand. Foto: D. G. Haas

5. Niederspannungsbereich

Auch im Niederspannungsbereich werden häufig Tiere an nicht isolierten Freileitungen getötet. Dort sind hauptsächlich kleinere Tierarten, aber auch größere Vögel und Säugetiere bis hin zu Primaten und Bären betroffen. Deshalb zeigen wir auch typische Beispiele von Opfern aus dem Niederspannungsbereich (Abb. 29–31) sowie isolierte Freileitungen (Abb. 19, 23–27).

6. Stromschlag im Oberleitungsnetz der Bahn

Vergleichbare Gefahren bestehen im Bahnverkehr. Das elektrische Fahrleitungssystem wird im Mittelspannungsbereich betrieben (in Deutschland meist 15 kV = 15.000 V). Dort gelten zur Absicherung vergleichbare Maßstäbe und Techniken wie beim Freileitungsbau der Energieversorgungsunternehmen (HAAS & SCHÜRENBERG 2008, NAHM & RAU 2019, Abb. 36–38). Zur Vermeidung von Stromschlagfällen bei Vögeln wurde das Bundes-

naturschutzgesetz 2009 novelliert und auf den Vogelschutz an Eisenbahnen erweitert. Von der Deutschen Bahn AG wurde die Richtlinie 997.9114 „Vogelschutz an Oberleitungsanlagen“ eingeführt und inzwischen mehrfach neuen Erkenntnissen angepasst.

7. Aktuelle Lage in Ostafrika

Im Gegensatz zur insgesamt positiven Entwicklung in Europa betrachten wir die aktuelle Entwicklung in einigen afrikanischen Staaten mit allergrößter Sorge. Dort werden derzeit beim forcierten Bau neuer Leitungen im Mittelspannungsbereich international vereinbarte dringende Empfehlungen häufig noch nicht beachtet, und oft noch die gefährlichsten Typen von Killermasten neu errichtet, wie sie in Deutschland in den 1950er und 1960er-Jahren zum Einsatz kamen. Neue „Killer-Leitungen“ führen auch durch erstklassige Großvogelbiotope von Afrika (Abb. 34, 35) mit verheerenden Folgen (Abb. 1–4).



Abb. 25: Hirtenmaina *Acridotheres tristis* (Länge 26 cm) und Nest des Haussperlings *Passer domesticus* (Länge 15 cm) in einem Bündel gut isolierter Stromleitungen. 14.10.2013 Thailand. – Common Myna *Acridotheres tristis* (length 26 cm) and nest of a House Sparrow *Passer domesticus* (length 15 cm) in a bundle of well insulated conductors. 14.10.2013, Thailand.

Foto: D.G. Haas



Abb. 26: Silberklaffschnabel *Anastomus oscitans* (Länge 68 cm) an einer Leitung mit isolierten Stromkabeln. Stromschlag ist ausgeschlossen trotz enger Phasenabstände und Mast aus leitendem Material. Bangkok, Thailand, 27.10.2013. – *Asian Openbill Anastomus oscitans* (length 68 cm) on a powerline with well insulated cables. Electrocutation is precluded, despite narrow spacing and a mast constructed out of well conducting material. 27.10.2013, Bangkok, Thailand,. Foto: D. G. Haas



Abb. 27: Gut isolierte Nieder- (vorne) und Mittelspannungsleitung (hinten) im Hotelgarten – gut erreichbar, aber völlig ungefährlich für Hotelgäste wie Richard SCHNEIDER (abgebildet). 26.10.2013 Thailand. – *Well insulated conductors of a low-voltage- (foreground) and a medium-voltage powerline (background) in the garden of our hotel. They are easily reachable, but completely safe for the guests. Richard SCHNEIDER (in photo). 26.10.2013 Thailand.*

Foto: D. G. Haas

Im Gegensatz zu China und Thailand sind die Leitungen meist auch in und um Ortschaften oft nicht isoliert (Positivbeispiel Abb. 23). In Ostafrika, einer Region der weltweit artenreichsten Greifvogelvorkommen mit vielen charismatischen Arten (CLARK & DAVIES 2018) ist das besonders dramatisch. Dort konnten weltweit einmalig intakte Ökosysteme mit Erhalt der in der Evolution wichtigsten Apexarten erhalten werden, unter

Einschluss der größten Weidetiere. Diese weltweit hervorragende Spitzenstellung sichert einigen ostafrikanischen Staaten eine wesentliche Einkommensquelle über Naturtourismus, darunter auch speziell Ornithotourismus. Diese Region benötigt heute im globalen Einsatz gegen die Zerstörung ursprünglicher Ökosysteme die massive Unterstützung der Weltgemeinschaft. Gleichzeitig kann ein für Großvögel sicherer Freileitungsbau



Abb. 28: Bartmonjita *Xolmis cinereus* (Länge 22 cm) auf einer isolierten Mittelspannungs-Freileitung, in der die 3 Phasen verschieden eingefärbt sind. August 2012 Brasilien. – Grey Monjita *Xolmis cinereus* (length 22 cm) on a well insulated medium-voltage powerline, the three phases of the conductors are in different colours. August 2012, Brasilia. Foto: D. G. Haas



Abb. 30: Ufermaina *Acridotheres ginginianus* (Länge 21 cm), nach Stromschlag an einer Niederspannungsleitung mit zu engen Phasenabständen festgeschmort. Indien. – Bank Myna *Acridotheres ginginianus* (length 21 cm) hanging scorched on a low-voltage powerline after electrocution. India. Foto: D. G. Haas



Abb. 29: Palmenflughund *Eidolon helvum* (Länge 20 cm, Spannweite 70 cm) nach Stromschlag an einer Niederspannungsleitung mit engen Phasenabständen verschmort hängen geblieben. Gambia. – African straw-coloured Fruit Bat *Eidolon helvum* (length 20 cm, wingspan 70 cm) hanging scorched after electrocution on a low-voltage powerline with very short spacing. Gambia. Foto: D. G. Haas



Abb. 31: Rabenkrähe *Corvus c. corone*, die mit den Füßen zwei sehr eng beieinander liegende Stromdrähte verschiedener Phasen einer Niederspannungsleitung überbrücken konnte und weitgehend im Stromfluss verbrannte. 20.07.2012 Deutschland. – A Carrion Crow *Corvus c. corone* that bridged two phases of a low-voltage powerline with its feet and was subsequently incinerated to a great degree. 20.07.2012, Germany. Foto: D. G. Haas



Abb. 32: Mittelspannungsleitung mit Masten, die abschnittsweise aus gut isolierendem Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) konstruiert sind und somit sicher vor Erdschluss schützen ("Hybridmasten"). Um Stromschlag durch Kurzschluss bei großen Vögeln zu verhindern, müssen in Deutschland die Phasenabstände mindestens 2,40 m groß sein, sonst sind zusätzliche Schutzmaßnahmen vorgeschrieben. Auf dem hintersten Mast: ein Mäusebussard. Balingen, Deutschland, 27.05.2020. – Masts of a medium-voltage line, constructed partially with well insulating synthetic material, strengthened by glass fibres (GFK hybrid mast). In Germany, when spacing is less than 2.40 m, additional measures are stipulated to prevent electrocution of the largest birds by short circuit. On the mast at the rear a roosting Common Buzzard. Germany, 27.05.2020.

Foto: D. G. Haas

Abb. 33: Mäusebussard *Buteo buteo* (Länge 46 cm, Spannweite 123 cm) auf der Traverse eines GFK-Hybridmastens. Balingen, Deutschland, 27.05.2020. – Common Buzzard *Buteo buteo* on the crossarm of a GFK-hybrid mast. Balingen, Germany, 27.05.2020. Foto: D. G. Haas



Abb. 34 und 35: Neu errichtete Mittelspannungs-Freileitungen mit Killermasten im vogelreichen Rift-Valley östlich von Nakuru, Kenia, Januar 2020. – *Newly-constructed medium-voltage powerlines with killer masts in the bird-rich Rift-Valley east of Nakuru. January 2020, Kenya.* Fotos: D. Haas



Abb. 36: Glanzkrähe *Corvus splendens* (Länge 33 cm), Stromschlagopfer an viel zu kurzem Isolator an einer Stromzufuhrleitung einer elektrifizierten Bahnstrecke (Mittelspannung). 1997, Indien. – House Crow *Corvus splendens* (length 33 cm). A victim of electrocution on a far too short insulator on a medium-voltage powerline, that supports the catenary arch suspension system of a train line. 1997, India.

Foto: D.G. Haas

nach international bewährten Regeln eine ökonomisch wesentlich günstigere, weit weniger störungsanfällige Stromversorgung als derzeit unterstützen.

Auch in Ostafrika überwinternde große Greifvögel und große Schreitvögel aus Eurasien erleiden hohe Verluste an Killermasten. Der Wald-rapp *Geronticus eremita* (Abb. 17b) ist eine ehemals häufige und weit verbreitete, heute jedoch extrem stark gefährdete Schreitvogelart. Die östliche ziehende Population ist heute aktuell von der Ausrottung bedroht, weiterhin ausschließlich durch anthropogene, vermeidbare Faktoren: kriminelle Verfolgung im Brutgebiet und auf den Zugwegen sowie Stromschlagverluste an Killer-

masten auf dem Zug und im ostafrikanischen Winterquartier.

Eine insgesamt schon sehr positive Entwicklung stellten wir auf Reisen in einigen Staaten des südlichen Afrika fest (Abb. 19, 20), besonders wo Vorgaben zum Natur- und Großgreifvogelschutz schon zu Entschärfungsmaßnahmen an Killermasten geführt haben.

8. Forderungen zum Vogelschutz

Die Autoren fordern in Übereinstimmung mit den zugehörigen Organisationen:

- Allen Nationen wird dringend empfohlen, das Stromschlagproblem von Vögeln entsprechend



Abb. 37: Flächenbrand an einer Bahnlinie, der durch einen nach Stromschlag brennenden Mäusebussard *Buteo buteo* ausgelöst wurde. Klitschmar, Nordsachsen, Deutschland, 15.04.2004. – *Fire on a railway-line, caused by a Common Buzzard, that dropped down in flames after electrocution.* Klitschmar, Saxony, Germany

Foto: U. Mammen

internationaler Empfehlungen (Bonner Konvention und Berner Konvention) zu lösen. Das schließt sichere Mastkonstruktionen bei neuen Leitungen mit ein, die Stromschlag bei Vögeln aller Körpergrößen ausschließen, sowie sichere Entschärfungsmaßnahmen alter gefährlicher Masten nach dem Stand der Technik, beginnend in den ökologisch wertvollsten Regionen.

- Von primärer globaler Bedeutung für die Förderung der Biodiversität und den Erhalt der artenreichsten Greifvogelpopulationen der Welt ist es, die verhängnisvolle Entwicklung in einigen Ländern Afrikas zu stoppen, ganz vorwiegend in Ostafrika. Die Regierungen dieser Staaten werden ermutigt, internationale Empfehlungen zum Vogelschutz beim Freileitungsbau in der Gesetzgebung zu berücksichtigen, und den neuesten Stand der Technik auch bei Annahme der Unterstützung ausländischer Firmen zum Ausbau des Stromnetzes bei diesen einzufordern.
- In besonders reichhaltigen Ökosystemen (Großschutzgebieten) sowie an allen Orten, an denen Großvögel reichlich Nahrung finden (z. B. um Schlachthäuser und auf großen Mülldeponien), ist eine rasche Entschärfung der schon bestehenden verlustreichen Leitungen besonders wichtig. Dabei sind international bewährte sichere Entschärfungsmaßnahmen für Vögel aller Größen anzuwenden. Für alle Mastkonstruktionen im Mittelspannungsbereich, die auch in Ostafrika anwendbar sind, gibt es Vorlagen zum Neubau und zur sicheren Entschärfung nach dem Stand der Technik (VDE 2011). Beim Neubau empfehlen wir die Verkabelung aller Leitungen mit gut isolierten Leiterseilen im gesamten Mittelspannungs- und Niederspannungsbereich.



Abb. 38: Detailansicht aus Abb. 37: Der verbrannte Mäusebussards *Buteo buteo* in der von ihm entzündeten Brandfläche. – *Detail of Fig 37: The burnt Common Buzzard in the scorched area.* Foto: U. Mammen

- Zur Abschätzung des Gefährdungsgrads durch Stromschlag für gefährdete Großvögel eignet sich nach internationalen Erfahrungen die Besenderung von nestjungen Vögeln mit modernen Sendern und jahrelanger täglicher Überwachung über aktuell übersendete Daten. Bei Verlusten sollte unverzüglich vor Ort recherchiert werden. In besonders artenreichen Biotopen mit Großvogelfauna, in denen genügend gut ausgebildete und erfahrene Ornithologen tätig sind, z. B. im Rift Valley, wäre ein Forschungsprogramm mit der Besenderung von jungen Uhus und jungen Geiern Erfolg versprechend.
- Beim Bau neuer Freileitungen sind Stromschlagverluste, aber auch Verluste durch Kollisionen und negative Auswirkungen auf die Habitatstruktur möglichst zu vermeiden. Einschlägig erfahrene Ornithologen sollten schon in die Trassenplanung verbindlich mit einbezogen werden. Kollisionsverluste sollten an verlustreichen Abschnitten bestehender Freileitungen durch Anbringung von Markern zur besseren Sichtbarkeit vermindert werden. Das ist heute auch kostensparend an Leitungen unter Spannung möglich, beispielsweise mit Hilfe von Drohnen (Abb. 39).
- Angesichts der immer noch nicht global gelösten Killermast-Problematik wird angeregt, dass führende internationale Experten eine Broschüre erstellen mit Anleitungen zum Mastenbau und zur Entschärfung von Killermasten nach dem Stand der Technik, als technische Vorlage für eine globale Lösung (nach dem Muster ANONYMUS 1975, HAAS et al. 2002, 2005, VDE 2011). Diese Broschüre sollte in mindestens 5 Sprachen (Englisch, Französisch, Spanisch, Russisch, Chinesisch) publiziert und global verbreitet werden.



Abb. 39: Um Kollisionsverlusten an Freileitungen entgegenzuwirken, können zur besseren Sichtbarkeit für Vögel erprobte Markierungen angebracht werden. Diese können wie hier gezeigt kostensparend mit Hilfe von Drohnen auch an die unter Spannung stehenden Leitungen angebracht werden. März 2018 Deutschland.
 – To avoid bird losses through collisions with conductors of powerlines, the visibility of the conductors can be enhanced by fitting markers. These markers can also be attached using aerial drones while the powerlines remain live. March 2018, Germany.

Foto: D. G. Haas

Zusammenfassung

Hohe Verluste an Vögeln durch Stromschlag sind seit Beginn der Elektrifizierung bekannt, und sie werden seit mehr als 150 Jahren als technisches Problem beschrieben. Stromschlag von Vögeln ist häufig mit Schäden an den Armaturen der Masten, Stromausfall und mit der Auslösung von gefährlichen Bränden verbunden. Die Lösung dieser Problematik ist nicht durch eine biologische Anpassung der Vögel möglich, sondern muss durch Änderung der verwendeten Leitungstechnik erfolgen. Tatsächlich kann sie heute technisch vollständig gelöst werden, was von zahlreichen Energieversorgungsunternehmen weltweit schon praktiziert wird. Am wirksamsten hat sich die Verlegung des Stromnetzes im Mittel- und Niederspannungsbereich in Erdkabeln erwiesen, die Vogelverluste durch Stromschlag und Kollision mit den Leiterseilen verhindert.

Dennoch sterben bis heute massenhaft Vögel an schlecht konstruierten Mittelspannungs-Freileitungen mit „Killermasten“. Zudem werden in einigen Regionen, besonders in Afrika und Asien, bei der Erstversorgung mit elektrischem Strom zahlreiche neue Killermasten für Mittelspannungs-Freileitungen errichtet. Diese Praxis beeinträchtigt einige der heute wertvollsten Ökosysteme der

Erde nachhaltig. Die Lösung dieser Probleme ist bereits in internationalen Übereinkommen anvisiert worden. Dringende Empfehlungen mit Vorschlägen zur Leitungskonstruktion und zur Entschärfung alter „Killermasten“ wurden im Jahr 2002 über die Bonner Konvention zur Erhaltung wandernder wildlebender Tierarten in die *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) eingebracht, und 2004 in die Berner Konvention zur Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere.

In diesem Bericht werden gefährliche und sichere Mast- und Leitungskonstruktionen aus vielen Ländern gezeigt. Anhand von Fotos werden einige Entschärfungsmethoden nach dem Stand der Technik vorgestellt, die in verbindlichen Maßnahmenkatalogen zum Vogelschutz vorgeschrieben sind, hauptsächlich in Bezug auf die in Deutschland gültige Version der Schutzvorschriften (VDE-Anwendungsregel: VDE-AR-N 4210-11).

Auch das elektrische Fahrleitungsnetz im Bahnverkehr wird im Mittelspannungsbereich betrieben. Hier muss gleichfalls auf ausreichende Isolationsmaßnahmen mit sicherem Abstand von unter Spannung stehenden Potentials stehenden sowie unter Spannung stehenden zu geerdeten Teilen geachtet werden.

Insbesondere aufgrund der vielen neu errichteten Leitungstrassen mit Killermasten in Afrika empfehlen die Autoren dringend, das Problem im Rahmen der IUCN erneut zu thematisieren und einen aktualisierten Maßnahmenkatalog zum Vogelschutz an Freileitungen mit globaler Gültigkeit zu erstellen, und zwar unter Einbeziehung von Experten, die auf diesem Gebiet auf internationaler Ebene am meisten geforscht und publiziert haben.

Summary

Worldwide bird mortality due to electrocution - causes and proposals for global solutions

High losses of birds due to electrocution on powerlines have been known since the start of electrification. They have been identified as an engineering problem for more than 150 years.

Electrocution (as a cause of mortality or severe injury by electric current) can occur when birds simultaneously contact two uninsulated live elements of differing electric potential (phase-to-phase electrocution) or simultaneously make contact with an uninsulated live element and an earthed element (SLATER et al. 2020).

Electrocution of birds is often associated with damage to the armatures of the powerlines, power failure and the ignition of dangerous fires. The solution to this set of problems is not possible through biological adaptation by birds but has to be achieved by modifying the technology in use. A comprehensive technical solution is already available and is in operation with many energy supply companies worldwide.

The most effective solution is the use of underground cables for power grids in medium and low-voltage ranges, which prevents bird losses due to electrocution and collision with conductor cables.

There is, however, a massive bird mortality rate on poorly constructed 'killer masts' on medium-voltage powerlines. Additionally, in some regions of Africa and Asia in particular, numerous new 'killer masts' for medium-voltage powerlines are constructed to supply primary energy electricity. This practice has a lasting negative impact on some of the world's most valuable existing ecosystems. The solution to these problems has already been targeted in international agreements. Urgent recommendations with proposals for powerline construction and retrofitting of old 'killer masts' were introduced into the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) in 2002 via the Bonn Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, and into the Bern Convention on the Conservation of European Wildlife in 2004.

This report presents examples of dangerous as well as safe masts and power line constructions from several countries. Representative retrofitting methods of the current technological state of the art, which are stipulated in catalogues of mandatory measures for bird protection, are presented pictorially with

captions. These refer principally to the currently valid version of the German protection regulations (VDE Application Rule: VDE-AR-N 4210-11; for an English edition see: VDE-AR-N 4210-08: Protection of birds on medium-voltage overhead lines).

The electrical conductor network in rail traffic also operates in the medium-voltage range. In this case as well, adequate insulation measures must be taken, including ensuring a safe distance between both live and earthed elements.

Because of the many newly erected power lines with 'killer masts' in Africa in particular, the authors urgently recommend that the problem be readdressed within the framework of the IUCN and that an updated catalogue of measures for the protection of birds on powerlines, with global validity, be drawn up, involving experts who have conducted the most research and have published in this field at international level.

Literatur

- ANONYMOUS (1975): Suggested Practices for Raptor Protection on Powerlines. A report prepared in the public interest. - 167 WIBD Brigham Young University, Provo, Utah 84601 USA.
- BAIRLEIN, F.; ZINK, G. (1979): Der Bestand des Weißstorchs (*Ciconia ciconia*) in Südwestdeutschland: eine Analyse der Bestandsentwicklung. - Journal für Ornithologie 120: 1-11.
- BEVANGER, K. (1988): Tiltak mot spetteskader, electrocution og kollisjoner. - Vår Fuglefauna 11: 5-13.
- BEVANGER, K. (1994): Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. - Ibis 136: 412-425.
- BÖHMER, W. (2008): Das neue Bundesnaturschutzgesetz: Hinweise zur Umsetzung des Vogelschutzes an Mittelspannungs-Freileitungen. - In: HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 35-38.
- BÖHMER, W. (2012): Voll auf Draht. Vogelschutz an Freileitungen kommt voran. Naturmagazin 1/2012: 14-15.
- BÖHMER, W.; HAAS, D. (2015): Stromtod von Vögeln – Lösungsansätze auf nationalem und internationalem Niveau. - Ornithologische Mitteilungen 67: 287-290.
- BOROVICZENY, I. V. (1978a): Encuesta sobre Mortalidad en Aves causada por Tenidos Electricos. - Boletín Circular 56: 15-16.
- BOROVICZENY, I. V. (1978b): Postes que matan. - Trofeo 10: 70.
- BRAUN, R. (1961): Tiere als Schadenstifter. - Maschinenschaden 34: 41-46.
- BUB, H. (1952): Über Vogelverluste an südrussischen Telegraphenleitungen. - Columba 4: 22.
- BUHMANN, W. (1989): Das „Aus“ für die Mittelspannungsfreileitung. - Kontakt (SCHLESWAG) 1/89: 8-9.
- BREUER, W. (2008): Stromtod bei Uhus – Anforderungen der Europäischen Vogelschutzrichtlinie. - In: HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 55-62.
- CLARK, W. S.; DAVIES, R. (2018): African Raptors. - Helm identification Guides, London.
- DIXON, A.; BATBAYAR, N.; BOLD, B.; DAVAASUREN, B.; ERDENECHIMEG, T.; GALTBAIT, G.; TSOLMONJAV, P.; ICHINKHORLOO, S.; GUNGA, A.; PUREVOCHIR, G.; RAHMAN, L. (2020): Variation in Electrocution Rate and Demographic Composition of Saker Falcons Electrocuted at Power Lines in Mongolia. - Journal of Raptor Research 54 (2): 136-146.
- DWYER, J. F.; HARNESS, R. E.; GALLENTINE, T.; STEWART, A. H. (2019) Documenting and preventing wildlife-caused fires in power line rights of way. Environmental Concerns in Rights-of-Way Management. 12th International Symposium. Utility Arborist Association 12: 23-31.
- DWYER, J. F. (2020): Raptor Interactions with Electrical Systems: Progress and Knowledge Gaps. - Journal of Raptor Research, 54 (2): 89-92.
- FERRER, M.; DE LA RIVA, M.; CASTROVIEJO, J. (1991): Electrocution of raptors on power lines in Southern Spain. - Journal of Field Ornithology 62 (2): 54-69.
- FIEDLER, G.; WISSNER, A. (1980): Freileitungen als tödliche Gefahr für Störche *Ciconia ciconia*. - Ökologie der Vögel 2, Sonderheft: 59-109.
- FIEDLER, G.; WISSNER, A. (1986): Freileitungen als tödliche Gefahr für Weißstörche. - Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 43, Artenschutzsymposium Weißstorch: 257-270.

- FIEDLER, G. (1999): Zur Gefährdung des Weißstorchs (*Ciconia ciconia*) durch Freileitungen in europäischen Staaten. - In: SCHULZ, H. (Hrsg.): Weißstorch im Aufwind? - White Storks on the up? - Proceedings of the International Symposium on the White Stork Hamburg 1996: 505-511.
- FISCHER, J.; SCHÜRENBERG, B. (2008): Technische Daten von Abdeckhauben. - In: HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 164-167.
- FUNKE, A. (1923a): Vogelmord durch Überlandzentralen! - Kosmos 1923: 112-114.
- FUNKE, A. (1923b): Die Starkstromleitungen und der Vogelschutz. - Kosmos 1923: 300-303.
- GARZON-HEYDT, G. (1973): Contribucion al Estudio del Status, Alimentation y Proteccion de las Falconiformes in Espana Central. - Ardeola 19: 279-330.
- GOEBEL, H. (1869): Der Telegraph als Feind der Zugvögel. - Journal für Ornithologie 17: 194-208.
- GRISCHTSCHENKO, V.; GABER, N. (1990): Analyse der Todesursachen des Weißstorchs in der Ukraine. - Ornithologische Mitteilungen 42: 121-123.
- HAAS, D. (1975): Elektrische Stühle für Großvögel. - Wir und die Vögel 7, Juli/August 1975: 17-19.
- HAAS, D. (1980): Gefährdung unserer Großvögel durch Stromschlag. - Ökologie der Vögel 2, Sonderheft 1980: 7-57.
- HAAS, D.; MAHLER, U. (1992): Freileitungen aus der Sicht des Vogelschutzes. In: Kabel und Freileitungen in überregionalen Versorgungsnetzen, Expert Verlag: 151-176.
- HAAS, D. (1993): Clinical Signs and Treatment of Large Birds Injured by Electrocution. - In: REDIG, P. T. et al: Raptor Biomedicine: 180-183.
- HAAS, D.; NIPKOW, M.; FIEDLER, G.; HANDSCHUH, M.; SCHNEIDER-JACOBY, M.; SCHNEIDER, R. (2002): Caution: Electrocution! Suggested Practices for Bird Protection on Powerlines. - NABU-Bundesverband, 21 S.
- HAAS, D.; NIPKOW, M.; FIEDLER, G.; SCHNEIDER, R.; HAAS, W.; SCHÜRENBERG, B. (2005): Protecting Birds from Powerlines. - Nature and environment No. 140, Council of Europe Publishing.
- HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.) (2008): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 303 S.
- HAAS, D. (2008): Verkabelung: Energietransport der Zukunft im Niederspannungs- und Mittelspannungsbereich. - HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 101-104.
- HÄHNLE, H. (1913): Elektrizität und Vogelschutz. Auszug aus Vortrag, gehalten auf dem III. Deutschen Vogelschutztag in Hamburg. - Verlag Bund für Vogelschutz, Stuttgart: 1-8.
- Harness, R. E.; Juvvadi, P. R. (2015): Preventing Bird Electrocutions. IEEE Industry Applications Magazine, Rajasthan, Indien, May/June 2015, Vol. 21, No. 3: 22-26.
- HENNICKE, C. R. (1912): Vogelschutz und Überlandzentralen. - Ornithologische Monatsschrift: 151.
- HÖLZINGER, J. (1987): Vogelverluste durch Freileitungen. - Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 1, Teil 1: 202-242.
- JAKUBIEC, Z. (1991): Causes of breeding losses and adult mortality in White Stork *Ciconia ciconia* (L.) in Poland. - In: Population of the White Stork *Ciconia ciconia* (L.) in Poland. Part II. Zaklad Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych Polskiej Akademii Nauk. Studia naturae - seria A, Nr 37: 107-124.
- LEEGE, O. (1903): Telegraphendrähte eine Gefahr für die Vogelwelt. - Ornithologische Monatsschrift 28: 111-112.
- KAISER, G. (1970): Der Mäusebussard als Ursache der einpoligen Freileitungsfehler in 110-kV-Hochspannungsnetzen. - Elektrotechnische Zeitschrift Ausgabe A, Wissenschaftliches Zentralblatt 91: 313-317.
- KÖHLER, W. (2008): Anbringung von Vogelschutzhauben auf Freileitungen unter Spannung. - In: HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 168-169.
- LANGGEMACH, T.; SÖMMER, P.; WITTSTATT, U.; KRONE, O.; ALBRECHT, K. (2008): Postmortale Befunde bei Freileitungsoffern: Ergebnisse aus dem Monitoring Verlustursachen von Großvögeln in Brandenburg. - In: HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 172-182.
- NAHM, M.; RAU, F. (2019): Stromtod von Vögeln – ein Dauerbrenner. - Arbeitsgemeinschaft Wanderfalkenschutz im NABU, Jahresbericht 2019: 16-18.
- NIPKOW, M. (2008): Vogelschutz an Energiefreileitungen – Fortschritte in der Gesetzgebung und internationale Vereinbarungen im Rahmen der Bonner und der Berner Konvention. - HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 47-54.
- OLENDORF, R. (Hrsg.) (1981): Suggested Practices for Raptor Protection on Power Lines. The State of the Art in 1981. - Electric Institute by Raptor Research Foundation. 110 Seiten.

- RADEMACHER, M. (2008): Die Rechtslage beim Vogelschutz an Energiefreileitungen. - HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 39-46.
- ROCKENBAUCH, D. (1975): Der Greifvogelbestand in der Bundesrepublik Deutschland, speziell in Baden-Württemberg, und Mindestanforderungen für einen besseren Schutz. - Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg 7: 39-41.
- ROCKENBAUCH, D. (1978): Untergang und Wiederkehr des Uhus *Bubo bubo* in Baden-Württemberg. - Anzeiger der ornithologischen Gesellschaft Bayern 17: 297-328.
- SARASOLA, J. H.; GALMES, M.; WATTS, B. (2020): Electrocutation on Power Lines is an Important Threat for the Endangered Chaco Eagle (*Buteogallus coronatus*) in Argentina. - Journal of Raptor Research 54 (2): 166-171.
- SCHIERER, A. (1992): Accidents connus avec les ouvrages électriques en France /Bekannte Unfälle mit elektrischen Anlagen in Frankreich. - In: MERIAUX, J.-L., SCHIERER, A.; TOMBAL, C.; TOMBAL, J.-C.: Actes du Colloque International „Les cigognes d'Europe“, Institut Européen d'Ecologie, Metz: 323-326.
- SCHÜRENBERG, B. (2008): Abdeckhauben auf Stützisolatoren in Deutschland – eine Erfolgsgeschichte. - HAAS, D.; SCHÜRENBERG, B. (HRSG.): Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. - Ökologie der Vögel 26: 71-74.
- SLATER, S.; DWYER, J.; MURGATROYD, M. (2020): Conservation Letter: Raptors and Overhead Electrical Systems. - The Journal of Raptor Research 54 (2): 198-203.
- STAHLLECKER, D. W. (1978): Effects of a new Transmission Line on Wintering Prairie Raptors. - Condor 80: 444-446.
- VDEW [Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e. V.] (Hrsg.) (1986): Vogelschutz an Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV. Erläuterungen zu Abschnitt 8.10 „Vogelschutz“ der Bestimmung DIN VDE 0210/12.85. 1. Auflage. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH (VWEV), Frankfurt a. M., 16 S.
- VDEW [Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e. V.] (Hrsg.) (1991): Vogelschutz an Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV. Erläuterungen zu Abschnitt 8.10 „Vogelschutz“ der Bestimmung DIN VDE 0210/12.85. 2. Auflage. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH (VWEV), Frankfurt a. M., 16 S.
- VDE (Hrsg.) (2011): VDE-Anwendungsregel VDE-ARN 4210-11:2011-08. Vogelschutz an Mittelspannungs-Freileitungen (auch englische Ausgabe erhältlich: Protecting of birds on medium-voltage overhead lines). 39 S.
- VSE [Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke] (Hrsg.) (1997): Vogelschutz an Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 KV. Wegleitung zur Gestaltung von Freileitungen. Druckschrift 2.9 d. Zürich. 16 S.

ORNITHOLOGISCHE MITTEILUNGEN



Bestellschein

ORNITHOLOGISCHE MITTEILUNGEN, die Monatszeitschrift für Vogelbeobachtung, Feldornithologie und Avifaunistik, beinhaltet Beiträge aus allen Bereichen der Ornithologie. Es werden vor allem Originalarbeiten, aber auch Übersetzungen aus dem Russischen zu verschiedenen Themen der Vogelkunde, einschließlich der Geschichte der Ornithologie, veröffentlicht. Außerdem enthalten die Hefte kritische Diskussionsbeiträge, Kurzmitteilungen, Nachrichten, Tagungsberichte, Buchbesprechungen u.v.m. Der Abonnementpreis beträgt zur Zeit pro Jahrgang 50,00* € (zzgl. Versandkosten). Einzelhefte kosten 5,00 €, Doppelhefte 10,00 € (zzgl. Versandkosten).

☐ Ich bestelle die Zeitschrift **ORNITHOLOGISCHE MITTEILUNGEN** regelmäßig zum Jahresabopreis von 50,00* € erhalten (zzgl. Versandkosten). Bitte liefern Sie mir die Zeitschrift ab dem laufenden Jahrgang. Abbestellungen bis spätestens zum 1. November, ansonsten erfolgt eine Verlängerung des Abonnement um ein Jahr. * Stand: Oktober 2019

☐ Bitte informieren Sie mich über die Inhalte zurückliegender Hefte.

Absender

Name

Vorname

Straße

PLZ Ort

E-Mail

Datum, Unterschrift

Widerrufsrecht: Mir ist bekannt, dass ich die Abonnement-Bestellung innerhalb einer Woche schriftlich widerrufen kann. Die rechtzeitige Absendung ist ausreichend (Poststempel). Dies bestätige ich mit meiner

2. Unterschrift

Bitte senden Sie die Bestellung an:

Ornithologische Mitteilungen

Ubbo Mammen

Buchenweg 14

D - 06132 Halle/Saale

E-Mail: ubbo.mammen@ornithologische-mitteilungen.de