

Dr. Dieter Haas
Dr. Markus Nipkow
Georg Fiedler
Richard Schneider
Waltraut Haas
Bernd Schürenberg

Im Auftrag des Naturschutzbundes Deutschland (NABU) e.V.

Vogelschutz an Freileitungen

**Tödliche Risiken für Vögel und was dagegen zu tun ist:
ein internationales Kompendium**

Impressum

NABU-Naturschutzbund Deutschland e.V.

53223 Bonn

Telefon: ++49-(0)228-4036-0

E-Mail: NABU@NABU.de

Internet: www.NABU.de

Inhalt

1. Einleitung	5
2. Durch Stromschlag und Kollision bedrohte Vogelarten	6
3. Schadensbilder bei Vögeln und durch Vogelunfälle ausgelöste wirtschaftliche Folgeschäden	8
4. Ausmaß möglicher Risiken	10
4.1. Stromschlag	10
4.2. Kollision mit Freileitungen	11
5. Gefährdung von Rast- und Überwinterungsgebieten für Vögel.....	13
5.1. Stromschlag	13
5.2. Kollision	14
5.3. Biotopveränderungen	14
6. Konstruktionstypen elektrischer Leitungsanlagen und Vogelgefährdung	14
6.1. Niederspannungsleitungen	14
6.2. Mittelspannungsleitungen	15
6.2.1 Leitungen der Energieversorgungsunternehmen	15
6.2.2 Elektrische Oberleitungsanlagen an Bahnstrecken	15
6.3. Hochspannungsleitungen.....	16
6.4. Andere Drahtkonstruktionen	17
7. Empfehlungen.....	18
7.1. Erfahrungen aus der Naturschutzarbeit und Konsequenzen.....	18
7.2. Technische Standards	18
7.2.1 Standards zum Schutz vor Stromschlag/	18
Maßnahmenkatalog	
7.2.2 Standards zum Schutz vor Kollision	27
7.3. Richtlinien für die Gesetzgebung	28
7.4. Forschungsdesiderate	28
8. Literatur	30
9. Verzeichnis nützlicher Internet-Adressen	43
10. Abbildungen	44
10.1. Kommentare zu den Abbildungen.....	44
10.2. Abbildungen	449

1. Einleitung

Die Versorgung mit Elektrizität gehört heute zu einem globalen Lebensstandard. Ihr Transport vom Kraftwerk zum Verbraucher läuft hauptsächlich durch oberirdische Stromleitungen, und das führt zu einer weltweit zunehmenden „Verdrahtung“ der Landschaft auch in den letzten Winkel bewohnter Kontinente. Die bislang konstruierten Freileitungen bergen tödliche Risiken für die Vogelwelt, und sie bewirken immense Veränderungen in den Biotopen von Großvögeln. Dabei können Freileitungsmasten heute schon eine Nutzungsdauer von über 50 Jahren erreichen.

Die Verdrahtung der Landschaft birgt für die Vogelwelt drei Hauptgefahren:

- **Elektrokution:** Vögel, die auf Masten und Drähten sitzen, werden durch Stromschlag getötet, indem sie einen Kurzschluss oder einen Erdschluss auslösen. So birgt das „bad engineering“ schlecht konstruierter Mittelspannungsmasten eine enorme Gefahr für viele mittelgroße und große Vogelarten, die Masten als Sitzwarte, Schlaf- und Brutplatz nutzen. Zahlreiche Großvogelarten erleiden dadurch erhebliche Verluste und werden in manchen Gebieten stark dezimiert. Manche Arten sind deshalb sogar vom Aussterben bedroht.
- **Kollision:** Fliegende Vögel prallen gegen Leitungsdrähte, die sie im Flug kaum als Hindernisse wahrnehmen können. Ein Anprall ist meist tödlich oder verursacht schwere Verletzungen und lebensbedrohliche Verstümmelungen. Vor allem betroffen sind nachts ziehende Vögel: wie Kraniche, Enten- und Schnepfenvögel, Rallen, sowie schlecht manövrierfähige Vögel der offenen Landschaft, wie etwa Trappen und Hühnervögel.
- **Gefährdung von Rast- und Brutbiotopen:** Besonders Wiesen- und Steppenvögel sind gefährdet, wenn Freileitungen durch offene Landschaften führen.

Zu dieser Problematik liegt inzwischen eine große Zahl von Berichten aus allen Kontinenten vor. Die „Bundesarbeitsgruppe Stromtod“ des Naturschutzbundes Deutschland (NABU e.V.) hat selbst seit drei Jahrzehnten auch internationale Studien durchgeführt, die relevante Literatur ausgewertet und ein umfangreiches Daten- und Bildarchiv erstellt.

Weltweit werden zwar schon unterschiedliche Lösungsansätze erprobt – allerdings mit noch mäßigem Erfolg. Der neueste Stand der Technik ist vielen Energieversorgungsunternehmen offensichtlich nicht bekannt! Dabei könnten sinnvolle Änderungen der Trassenführung und der Mastkonstruktionen entscheidende Verbesserungen für die Vogelwelt bewirken.

Schon die flächendeckende Entschärfung schlecht konstruierter Mittelspannungsmasten, so genannter Killermasten, würde viele bedrohte Großvogelarten – wie Störche, Adler und Uhu – retten und durch die übergroßen Verluste verwaiste Gebiete für sie wieder besiedelbar machen. Versuche zur Wiederansiedlung der betreffenden Arten haben erst dann Aussicht auf Erfolg, wenn die Hauptursachen für ihre Gefährdung weitgehend ausgeschaltet werden, zu denen Verluste durch Stromschlag und Leitungsanflug zählen. So gefährden speziell Killermasten viele Großvogelarten inzwischen weit stärker als der gesamte Straßenverkehr. Deswegen ist ihre weitere Verwendung heute nicht mehr zu rechtfertigen. Sie sollten schleunigst durch vogelfreundliche Konstruktionen ersetzt werden.

Immer wieder fallen Vögel nach Stromschlag brennend vom Himmel und lösen so verheerende Wald- und Flächenbrände aus. Vor allem in den USA haben Killermasten vor Gericht schon zu kostspieligen Schadenersatzforderungen an die Netzbetreiber geführt. Firmen, die noch immer den neuesten Stand der Technik ignorieren und weiterhin Killermasten verwenden, werden sicher künftig für derartige Schäden zunehmend haftbar gemacht werden!

Denn nach den derzeitigen Erkenntnissen ist es möglich, die Stromschlaggefahr für Vögel entscheidend zu verringern, ohne dass dabei wirtschaftliche Interessen der Stromversorgungsunternehmen leiden müssten. Dies lässt sich erreichen, wenn wesentliche Empfehlungen und Kriterien beim Neu- oder Umbau von Mastenkonstruktionen unbedingt beachtet werden: Die vorliegende Broschüre fasst sie zusammen. Allen Regierungen wird empfohlen, diese Kriterien in den Konstruktionsvorschriften für den Bau von Freilandleitungen verbindlich festzulegen! Die Konstruktionen von Freileitungen ähneln sich weltweit so sehr, dass diese Broschüre internationale Geltung beanspruchen kann. Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen gegen gefährliche Mittelspannungsmasten waren schon Grundlage einer umfangreichen internationalen Initiative, beschlossen von den Staaten der Bonner Convention im September 2002 (55).

2. Durch Stromschlag und Kollision bedrohte Vogelarten

Verluste durch Kollision mit Freileitungen können bei jeder flugfähigen Vogelart beobachtet werden. Stromschlag bedroht hauptsächlich Vögel, die gerne auf Leitungen rasten oder nisten. In Gebieten, in denen schlecht konstruierte Masten an Mittelspannungs-Freileitungen verwendet werden, erleiden gerade die eindruckvollsten Bewohner der freien Landschaft – Störche, Rabenvögel, Greifvögel und Eulen – oft verheerende, bestandsbedrohende Verluste (Abb.1). Tabelle 1 zeigt den unterschiedlichen Gefährdungsgrad verschiedener Vogelgruppen durch beide Verlustursachen.

Tabelle 1

Verlustrate und möglicher Gefährdungsgrad verschiedener Vogelgruppen durch Stromschlag und Leitungsanflug

Legende zu Tabelle 1

0 – keine Gefährdung nachgewiesen oder Gefährdungsgrad unbekannt

I – Verluste kommen vor, scheinen aber kein Bestand bedrohendes Ausmaß anzunehmen

II – Verluste treten stellenweise massiert auf, es gibt hohe Verluste, die aber von den meisten Arten ausgeglichen werden können

III – Verluste stellen einen erheblichen Sterblichkeitsfaktor dar, der bei einzelnen Arten lokal oder global wesentlich zur Ausrottung beitragen kann

	a) durch Stromschlag	b) durch Anflug
Seetaucher (<i>Gaviiformes</i>) und Lappentaucher (<i>Podicipediformes</i>)	0	II
Sturmvögel (<i>Procellariiformes</i>)	0	I-II
Tölpel (<i>Sulidae</i>)	0	I-II
Pelikane (<i>Pelecanidae</i>)	I	II-III
Kormorane (<i>Phalacrocoracidae</i>)	I	II
Reiher (<i>Ardeidae</i>)	I	II
Störche (<i>Ciconiidae</i>)	III	III
Neuweltgeier (<i>Cathartidae</i>)	II-III	I-II
Ibisse (<i>Threskiornithidae</i>)	I	II
Flamingos (<i>Phoenicopteriformes</i>)	0	II
Entenvögel (<i>Anseriformes</i>) Schwäne, Enten, Gänse, Säger	0	II
Greifvögel (<i>Accipitriformes</i>)	II-III	I-II
Falkenartige (<i>Falconiformes</i>)	II-III	I-II
Hühnervögel (<i>Galliformes</i>)	0	II-III
Rallen (<i>Rallidae</i>) und Kraniche (<i>Gruidae</i>)	0	II-III
Trappen (<i>Otididae</i>)	0	III
Watvögel, „Limikolen“	I	II-III
Raubmöwen (<i>Stercorariidae</i>) und Möwen (<i>Laridae</i>)	I	II
Seeschwalben (<i>Sternidae</i>)	0-I	II
Alken (<i>Alcidae</i>)	0	I
Flughühner (<i>Pteroclidiformes</i>)	0	II
Tauben (<i>Columbiformes</i>)	II	II
Papageien (<i>Psittaciformes</i>)	II	II
Turakos u. Kuckucke (<i>Cuculiformes</i>)	0	II
Eulen (<i>Strigiformes</i>)	I-II	II-III

Nachtschwalben (<i>Caprimulgidae</i>) und Segler (<i>Apodidae</i>)	0	II
Wiedehopf (<i>Upupidae</i>) und Eisvögel (<i>Alcedinidae</i>)	I	II
Bienenfresser (<i>Meropidae</i>)	0-I	II
Racken (<i>Coraciidae</i>)	I	II
Spechtvögel (<i>Piciformes</i>)	I	II
Rabenvögel (<i>Corvidae</i>)	II-III	I-II
mittelgroße und kleine Singvögel (<i>Passeriformes</i>)	I	II

3. Schadensbilder bei Vögeln und durch Vogeleunfälle ausgelöste wirtschaftliche Folgeschäden

Vögel werden durch Unfälle an Freileitungen meist schwer verletzt oder sofort getötet. *Stromschlag* schädigt überwiegend geerdete sitzende Vögel. Der Stromfluss durch den Körper setzt primäre Gewebeschäden und funktionelle Beeinträchtigungen: Die Muskeln und Nerven sind plötzlich funktionsunfähig und führen zum Absturz, der zusätzlich schwerste Verletzungen verursacht.

Bei der *Kollision* prallen die Vögel meist mit hoher Geschwindigkeit gegen ein Leiterseil. Die daraus resultierenden Verletzungen sind sehr vielfältig und ähneln den Traumata bei Kollisionen mit Fahrzeugen (109,110).

Typische Schadensbilder der Vögel bei Stromschlag und Kollision sind in Tabelle 2 und in den Abbildungen 2 bis 7 und 28 dargestellt. Seltener treten bei der Kollision zusätzlich Stromschlagschäden auf, etwa durch Kurzschluss bei der gleichzeitigen Berührung zweier Leiterseile mit engen Phasenabständen (Abb. 6).

Tabelle 2

Typische Primär- und Sekundärschäden durch Stromschlag und Kollision bei Vögeln: Berücksichtigt sind die relativ seltenen Fälle, in denen der Unfall zunächst überlebt wird.

	Stromschlag	Kollision
vorherrschende Knochenfrakturen	Wirbelbrüche mit Querschnittslähmung, Schädelbrüche, Beckenfrakturen	Knochenbrüche der Extremitäten: Flügel und Beine sowie Rabenbein, Wirbel- und Schädelbrüche; ausgerissene Gliedmaßen
Gefiederschäden	Strommarken: ausgebrannte scharfrandige Löcher im	mechanische Schäden: ausgerissene oder abgebrochene

	Gefieder; nach Brand im Lichtbogen: großflächig versengtes Gefieder	Federn; selten: versengtes Gefieder nach zusätzlichem Kurzschluss
Hautschäden	Strommarken: meist sehr kleine verbrannte Stellen an den Ein- und Austrittsstellen des Stroms, die bei überlebenden Vögeln unbehandelt zu großflächig abgestorbener Haut und nekrotischen Extremitäten führen	durch Abscherverletzung auf- und abgerissene Hautteile, teilweise freiliegendes Muskel-, Sehnen- und Knochengewebe; ohne rasche med. Behandlung: Infektionen und Nekrosen
Verletzungsfolgen an den Extremitäten	ausgedehnte Nekrosen an den vom Strom durchflossenen Gliedern: großteils oder vollständig absterbende Flügel und Beine	begrenzte Nekrosen im Bereich der offenen Wundbezirke: Knochen, Sehnen, Muskeln u. a.; bakterielle Infektionen
Allgemeinzustand der verletzten Vögel	anfangs: Schockzustand; dann irreversible Schädigung durch absterbende Gliedmaßen	Schockzustand, Behinderung durch Verletzungen oder Verletzungsfolgen

Auch die Freileitungen können bei Vogel-Unfällen beeinträchtigt werden, indem durch Kollision Leiterseile reißen oder aneinander schlagen und durch Erdschluss Isolatoren und Schalter beschädigt werden. Daraus ergeben sich Betriebsunterbrechungen mit den entsprechenden wirtschaftlichen Folgeschäden.

- Vögel, die durch Stromschlag in Brand gesetzt werden, können sogar verheerende Waldbrände auslösen: eine häufige Ursache in heißen Klimagebieten wie im Mittelmeerraum, aber auch in gemäßigten und arktischen Klimazonen in trockenen Sommern.
- Vogel-Unfälle im Leitungsnetz von Bahnanlagen führen immer wieder zu Betriebsunterbrechungen mit erheblichen Folgeschäden und Nachteilen für die Bahnreisenden.
- Auch im Hochspannungsbereich führen Kurzschlüsse zu Betriebsunterbrechungen: Sie werden ausgelöst durch den Kotstrahl von Großvögeln, die auf den Traversen über der Aufhängung der Isolatoren übernachten.
- Eine von Neststandorten auf den Masten ausgehende anhaltende Bekotung kann gelegentlich auch die Funktion der Isolatoren beeinträchtigen, ohne dass Vögel zu Schaden kommen.

Vogelverträgliche Freileitungskonstruktionen liegen also im wirtschaftlichen Interesse der Betreiberfirmen. Gleichzeitig erhöhen sie auch die menschliche Flugsicherheit: Unfälle mit tragischen Personenschäden durch

Kollisionen mit Leitungen von Drachenfliegern, Leichtflugzeugen oder Rettungshubschraubern können dadurch vielfach reduziert werden.

4. Ausmaß möglicher Risiken

4.1. Stromschlag

Masten von Freileitungen werden von Vögeln ähnlich genutzt wie abgestorbene große Bäume in der Landschaft: Sie bieten weithin freien Ausblick und werden als Rast-, Späh- und Ruheplätze, oft auch als Nistplätze bevorzugt.

Wo Killermasten als übliche Konstruktionen im Mittelspannungs-Freileitungsnetz Verwendung finden, bedrohen sie zahlreiche Großvögel. Untersuchungen an Störchen, Geiern, Adlern und Uhus haben gezeigt, dass allein die überhöhte Sterblichkeit durch Stromschlag schon zur Ausrottung von Populationen führen kann. Eine „biologische Adaption“ an solche Konstruktionen durch Mutation und Selektion wurde nirgends nachgewiesen und scheint unmöglich. Also besteht die unumgängliche Problemlösung darin, die Konstruktionen nach neueren Erkenntnissen zu ändern und immer noch verwendete Killermasten zu entschärfen.

Wo die Phasenabstände bei Mittelspannungs-Freileitungsanlagen besonders klein sind, kurze Isolatoren und entsprechende Schutzfunkenstrecken („Blitzhörner“) verwendet werden, können sogar kleine Vögel von der Größe eines Staren (*Sturnus vulgaris*) oder eines Haussperlings (*Passer domesticus*) in größerer Zahl umkommen (Abb. 4 und 22). Auch Singvögel können durch Stromschlag verbrennen und Brände auslösen (Abb. 4).

Das Ausmaß der Stromschlagverluste ist meist schwer abzuschätzen, da Großvögel weit verteilt in der Fläche sterben. Auch ist die Abräumquote der Opfer durch Beutegreifer sehr hoch. Erst Ringfundanalysen und Studien an mit Sendern versehenen Vögeln konnten das katastrophale Ausmaß der Verluste dokumentieren.

Immer wieder werden auch auffällige Anhäufungen elektrokutierter Vögel registriert:

- So wurden bei einer Kontrolle eines Killermasten an einer Müllkippe in Süddeutschland 28 tote Vögel gesammelt, darunter 4 Uhus (*Bubo bubo*) und 3 Milane (*Milvus milvus* und *Milvus migrans*).
- In einem Rastgebiet in Kasachstan wurden an einer 11 Kilometer langen Killerleitung im Oktober 2000 hunderte von Opfern registriert, darunter 200 Turmfalken (*Falco tinnunculus*), 48 Steppenadler (*Aquila nipalensis*), 2 Kaiseradler (*Aquila heliaca*), ein Seeadler (*Haliaeetus albicilla*) und ein Mönchsgeier (*Aegypius monachus*).

4.2. Kollision mit Freileitungen

Grundsätzlich können Vögel aller flugfähigen Arten zu Kollisionsopfern an allen möglichen Arten von Freileitungen werden: Das betrifft Telegraf- und Telefonleitungen ebenso wie Nieder-, Mittel- oder Hochspannungs-Freileitungen. So führen vor allem auch Freileitungen mit relativ dünnen, niedrig geführten Drähten in sensiblen Gebieten zu hohen Verlusten: in Feuchtgebieten und Steppen etwa bei Rallen, Schnepfenvögeln und Flughühnern.

Zum Glück sind manche Leitungsarten durch den technischen Fortschritt überholt. Vielerorts werden immer weniger Telegrafleitungen und auch Telefon-Freileitungen verwendet. Günstige Verhältnisse bestehen auch schon im Mittelspannungs- und Niederspannungsnetz von Energieversorgern, wenn sie einen großen Teil ihrer Leitungen als Erdkabel verlegen. Dazu zwei Beispiele:

- Fast ideale Verhältnisse herrschen schon in den Niederlanden. Dort läuft das gesamte Mittel- und Niederspannungsnetz der Energieversorgung über Erdkabel. Stromtod von Vögeln durch Kollision oder Stromschlag sind damit in diesem Spannungsbereich ausgeschlossen – allerdings mit Ausnahme der Mittelspannungs-Fahrleitungsnetze der Bahn. Diese Verhältnisse tragen sicher zu dem hervorragendem Ergebnis bei, das die Niederlande bei ihren Bemühungen um den Erhalt einer individuen- und artenreichen Vogelwelt erzielen.
- In Deutschland hat die Schleswig-AG seit 1989 ganz auf die Neuerrichtung von Mittelspannungs-Freileitungen verzichtet und ein Programm zur schrittweisen Erdverkabelung vorhandener Leitungen begonnen. So verschwindet im Bundesland Schleswig-Holstein zusehends das Mittelspannungs-Freileitungsnetz und schaltet damit Verluste durch Stromschlag und Kollision aus.

In vielen deutschen Regionen sind schon über 50 Prozent des Leitungsnetzes im Mittelspannungsbereich als Erdkabel verlegt. Auch Niederspannungs-Freileitungen werden landesweit zunehmend durch Erdkabel ersetzt.

Im Hoch- und Höchstspannungsbereich, bei häufig verwendeten Spannungen zwischen 60 kV bis 750 kV (60.000 bis 750.000 Volt) dagegen werden weltweit fast ausschließlich Freileitungen verwendet. Der Energietransport in Erdkabeln ist kostspielig und wird daher selten praktiziert. Technische Sicherheitsstandards erfordern eine hohe Leiterführung: Die Masten messen deshalb oft eine Höhe von 50 Metern. Der Vogelflug in Höhen zwischen 20 bis 50 Metern ist dabei einer enormen Kollisionsgefahr ausgesetzt!

Viele wichtige Studien zu Kollisionen von Vögeln wurden an Hoch- und Höchstspannungsleitungen durchgeführt. An beliebig ausgewählten Strecken im Binnenland wurden oft nur geringe Verlustraten durch Kollision ermittelt. In wichtigen Gebieten des Vogelzuges ließen sich aber häufig erhebliche Verluste feststellen: hauptsächlich bei nachts ziehenden Vögeln

und bei Rastvögeln, durch deren Rast- und Nahrungsbiotope Freileitungen ziehen. Dort können die Verluste von 500 Vögeln pro Kilometer Leitungstrecke jährlich sogar übersteigen. Vor allem Langstreckenzieher müssen zahlreiche Trassen auf ihren Flugwegen queren – bei erheblicher Kollisionsgefahr (125, 194 u.v.a.).

Kollisionsverluste stellen hauptsächlich für seltene Arten eine wesentliche zusätzliche Bedrohung dar. Zur Reduzierung dieser Verluste ist daher der Vogelschutz bei der Trassenwahl sowie bei der Konstruktion von Freileitungen zu berücksichtigen. Vor der Festlegung einer Freileitungstrasse müssen möglichst ganzjährige ornithologische Untersuchungen auch die lokalen Besonderheiten des nächtlichen Vogelzuges klären, um Verluste minimieren zu können.

Brutvögel, hauptsächlich Standvögel, können sich oft langfristig an Veränderungen in ihrem Lebensraum gewöhnen. Das ist vielen Zug- und Rastvögeln nicht möglich, da sie meist nur kurzfristig verweilen. Kritische Flugmanöver an Leitungen, die zu Kollisionen führen können, sind bei Zugvögeln deswegen viel häufiger zu beobachten als bei Standvögeln.

Ein hohes Gefährdungspotenzial ergibt sich

- für avifaunistisch bedeutende und für den Vogelzug wichtige Gebiete.
- für Gebiete mit hoher Vogeldichte und hohem Zugvogelanteil.
- für Feuchtwiesengebiete, Küstenbereiche, Marschgebiete, Steppen.
- für Zugvögel: Sie haben größere Schwierigkeiten beim Queren von Leitungen. Quer zur Zugrichtung verlaufende Leitungen steigern die Zahl der Opfer enorm.
- für nachts ziehende Vogelarten: Sie sind am stärksten gefährdet.

Besondere Einflüsse erhöhen die Kollisionsgefahr:

- durch Störungen ausgelöste panikartige Fluchtbewegungen, häufig in bejagten Gebieten beobachtbar.
- schlechte Erkennbarkeit von Leitungen, die mit Aluminiumoxid beschichtet sind und sich wegen ihrer grauen Färbung oft schlecht von der Umgebung abheben.
- ungünstige Wetterlagen: Nebel, Niederschläge, starker Gegenwind; der Vogelzug verläuft dann niedriger, oft in Leitungshöhe.
- Die meisten Kollisionsunfälle treten nachts oder in der frühen Morgen- und Abenddämmerung auf.

Besonders massiert sind Kollisionsunfälle an Stromleitungen zu registrieren, die bedeutende Zugwege der Vögel kreuzen: in Flusstälern, Tälern zwischen Bergrücken oder Meerengen. Ebenso lässt sich an Leitungen in Rast- und Überwinterungsgebieten eine hohe Zahl von Kollisionsopfern verzeichnen: in Feuchtgebieten oder Steppen, insbesondere, wenn sie zwischen Nahrungs- und Ruhegebieten liegen. Auch Leitungen, die in der Anflugschneise von Rastgebieten liegen – besonders Leitungen in der Nähe von Gewässern – sind sehr unfallträchtig.

Eine Hochrechnung aus den Niederlanden, in denen das gesamte Mittel- und Niederspannungsnetz verkabelt ist, vermag die von Hochspannungsleitungen ausgehende durchschnittliche Kollisionsgefahr zu verdeutlichen (172): Bei einem Hochspannungs-Freileitungsnetz von 4.200 Kilometern Länge lässt sich die Zahl auf 500.000 bis 1.000.000 Kollisionsopfer jährlich realistisch schätzen. Bis 1997 wurden Schutzmaßnahmen an 13 Prozent des Hochspannungsnetzes vorgenommen: Die Leiterseile, insbesondere das gefährliche Erdseil, wurden zur besseren Wahrnehmung markiert. Da die Markierungen an besonders verlustreichen Leitungen vorgenommen wurden, kann man durch diese Maßnahmen von einer Reduzierung der Opfer um 185.000 Vögel jährlich ausgehen.

5. Gefährdung von Rast- und Überwinterungsgebieten für Vögel

5.1. Stromschlag

Wo an Mittelspannungs-Freileitungen noch sogenannte Killermasten in großem Umfang Verwendung finden, ist nicht nur ein großes Spektrum von Großvogelarten bedroht. Kleinere Stützisolatoren dieser Masten bedrohen schon Vögel unter Taubengröße. Diese Killermasten – häufig etwa in Ungarn und Russland verwendet – stellen dann eine sehr hohe Sterblichkeitsrate für fast sämtliche Greifvogelarten dar. Nur Weihen bleiben eher verschont, weil sie selten auf Masten sitzen.

Die betroffenen Großvögel werden auch auf ihren Zugrouten ganz erheblich durch Stromschlag dezimiert. Beim Weißstorch etwa zeigten Ringfund-Analysen, dass Stromschlag auf den europäischen Zugrouten die hauptsächliche Todesursache darstellt. Er nimmt für die Populationen bereits bedrohende Ausmaße an.

Dementsprechend weisen Leitungen an Killermasten, die durch wertvolle Biotope mit bedeutenden Großvogel-Vorkommen führen, auch die höchsten Verlustraten an gefährdeten Großvögeln auf. Maßnahmen zur Entschärfung zeitigen hier den höchsten Nutzeffekt. Er schafft aber Nachhaltigkeit nur dann, wenn nicht andernorts Killermasten neu errichtet werden.

Ähnliches gilt für „Sekundärbiotope“, in denen Großvögel vorkommen. So überwintern seit einigen Jahren Weißstörche in zunehmender Zahl auf großen Müllkippen, wie etwa in Südspanien. Auch rund um solche Großvogel-Vorkommen ist eine Entschärfung der Killermasten höchst effektiv.

5.2. Kollision

Schon die zuletzt aufgeführten Punkte verdeutlichen, dass Freileitungen wichtige Rast- und Überwinterungsgebiete stark gefährden. Auch Freileitungen, die in den Einflugschneisen zu solchen Gebieten liegen und Leitungen zwischen Nahrungsgebieten und Ruhe- oder Schlafplätzen von Vögeln bringen hohe Verluste.

5.3. Biotopveränderungen

Freileitungen erhöhen die Sterblichkeit für Wiesen- und Steppenvögel durch Risiken von Kollision und erhöhter Predation. Arktische Wildgänse meiden den unmittelbaren Leitungsbereich zum Äsen (Abb. 11; 176). Damit bedeuten Freileitungen für diese Vögel einen Verlust nutzbarer, überlebensnotwendiger Weideplätze in Rast- und Überwinterungsgebieten.

Umgekehrt dienen die Masten verschiedenen Großvögeln als Ruhe-, Späh- und Brutplätze. Gegen Stromschlag gesicherte Leitungsmasten könnten daher baumlose Landschaften etwa für Greifvögel, Rabenvögel und Störche als Brutgebiet durchaus erschließen.

Freileitungen haben also durch Mitgestaltung wesentlicher Biotopstrukturen einen großen Einfluss auf die Wirbeltierfauna eines Gebiets. Auch das muss bei der Trassenführung künftig berücksichtigt werden.

6. Konstruktionstypen elektrischer Leitungsanlagen und Vogelfährdung

6.1. Niederspannungsleitungen

Niederspannungsleitungen werden in vielen Ländern überwiegend oder vollständig als Erdkabel verlegt: die ideale Lösung für den Vogelschutz. Oftmals werden sie auch als Luftkabel geführt (Abb.12): für den Vogelschutz die zweitbeste Lösung. Stromschlag-Fälle sind hier ausgeschlossen, denn die gut isolierten Kabel können ohne Isolatoren direkt an den Masten befestigt werden. Auch wird die Kollisionsgefahr reduziert: Bei den relativ gut sichtbaren schwarzen Kabeln ist die Führung der Leiter auf einer Ebene garantiert.

Auch an konventionellen Niederspannungs-Freileitungen ist die Stromschlaggefahr für Vögel gering durch eine relativ niedrige Spannung bei hohem elektrischem Widerstand des Vogels (Abb.13). Allerdings können Säugetiere aller kletternden und fliegenden Arten hier elektrokutiert werden und unter Umständen schwere Schäden auslösen. In tropischen Ländern sieht man häufig große Fledermäuse (Flughunde) elektrokutiert an Niederspan-

nungs-Freileitungen hängen, deren Drähte in Mehrebenenordnung mit engen Phasenabständen geführt werden (Abb. 14).

Außerdem ist das Kollisionsrisiko an Niederspannungsleitungen höher bei dünnen Leitungsdrähten, die sich schlecht vom Hintergrund abheben. Auch hier kann die Kollisionsgefahr stark verringert werden:

- zum einen durch eine entsprechende Trassenwahl, die dem Prinzip des Versteckens durch Bündelung etwa mit Straßen folgt;
- außerdem durch eine Einebenen-Anordnung der Leitungsdrähte, wenn nicht verkabelt werden kann (Abb. 13).

6.2. Mittelspannungsleitungen

6.2.1 Leitungen der Energieversorgungsunternehmen

Mittelspannungsleitungen werden schon jetzt von manchen Firmen und in einzelnen Ländern vollständig als Erdkabel verlegt. Ein Großteil der Mittelspannungsleitungen laufen weltweit aber noch durch Freileitungen, deren Leitungsdrähte an Isolatoren angebracht sind. Die Stromspannung in den Leitungen ist in der Regel etwa 50 bis 100fach höher als in den Niederspannungsleitungen von 1 kV bis 60 kV (1.000 Volt bis 60.000 Volt). Oft werden diese hohen Spannungen über relativ kleine Isolatoren an Masten aus leitendem Material befestigt.

Vögel können hier leicht – vom geerdeten Sitzplatz auf dem Mast – unter Spannung stehende Drähte berühren oder – auf dem Draht sitzend – geerdete Teile berühren. Durch den Vogelkörper entsteht so ein Erdschluss (Abb. 15 und 35 u. a.). Wie schon in Tabelle 1 dargestellt, bergen solche Killermasten weltweit sehr große Gefahren für zahlreiche Großvogelarten.

Andererseits könnten auch Mittelspannungs-Freileitungen weitgehend vogelsicher konstruiert werden. In einigen europäischen Ländern sind solche vogelsicheren Konstruktionen schon vorgeschrieben. Die Abbildungen 10, 15, 23, 27, 29 und 32 bis 35 zeigen weit verbreitete Killermasten; die Abbildungen 25 a und b, 26, 29 und 31 bis 33 vogelsicher konstruierte Masten.

Dicht beieinander liegende Leitungsdrähte, mit Phasenabständen kleiner als 1,40 Meter, verursachen oft einen tödlichen Kurzschluss bei Vögeln, wenn sie zwei Drähte gleichzeitig berühren (Abb. 53). Diese geringen Phasenabstände kommen oft noch an Schaltermasten vor (Abb. 20).

An Mittelspannungs-Freileitungen besteht auch eine hohe Kollisionsgefahr für Vögel. Die Einebenen-Anordnung der meisten Mittelspannungs-Freileitungen vermindert zwar die Gefahr; aber die gelegentlich noch verwendeten Ableitedrähte auf einer weiteren Ebene (Abb. 30) sind völlig entbehrlich.

6.2.2 Elektrische Oberleitungsanlagen an Bahnstrecken

Oberleitungsanlagen der Bahn haben elektrische Spannungen im Mittelspannungsbereich, in Mitteleuropa betragen sie in der Regel 10.000 bis 15.000 Volt. Es treten daher die gleichen Probleme auf wie bei den Mit-

telspannungs-Freileitungen der Energieversorger. Auch im Oberleitungsbe-
reich der Bahnen gibt es die unterschiedlichsten technischen Lösungen. Ne-
ben sehr vogelfreundlichen Lösungen (Abb. 31) existieren auch solche unter
Verwendung ausgeprägter Killermasten. Die Konstruktionen sind oft nach
dem Zufallsprinzip bunt durcheinander gewürfelt (Abb. 32 bis 34). Dass
diese Problematik seither so wenig beachtet wurde, ist erstaunlich: Immer-
hin führen durch Vögel und Säugetiere ausgelöste Stromschlag-Unfälle re-
lativ häufig zu Unterbrechungen des Zugverkehrs.

6.3. Hochspannungsleitungen

Hochspannungsleitungen verlaufen weltweit in der Regel als Freileitungen,
nur ausnahmsweise werden sie als Erdkabel verlegt. Wegen der Länge der
Isolatoren ist die Stromschlaggefahr gering (Abb. 39).

Tödliche Unfälle können dennoch auftreten: etwa bei feuchter Witte-
rung, wenn Kleinvogel-Schwärme zwischen Leiter und Traverse einen
Lichtbogen-Überschlag auslösen; oder durch den Kotstrahl von Vögeln, die
über dem Leiterseil nächtigen. Das lässt sich durch Abweiser, die über der
Aufhängung der Isolatoren angebracht sind, verhindern (Abb. 37 und 42).

Kollisionen sind jedoch die bei weitem größte Bedrohung, die von
Hochspannungs-Freileitungen auf Vögel ausgeht. Dabei zeigen sich bei ver-
schieden konstruierten Masten unterschiedliche Kollisionsrisiken. Die Kon-
struktionsformen der Masten hängen dabei weniger von technischen Not-
wendigkeiten ab, sondern von den Konstruktionsvorschriften einzelner Län-
der oder auch von besonderen Gepflogenheiten der einzelner Energiever-
sorgungsfirmen.

Die größte Kollisionsgefahr geht von Leitungen aus, deren Leiterseile in
Mehrebenen-Anordnung angebracht sind und die hoch oberhalb der Leiter-
seile einen dünnen Draht zur Ableitung von Blitzen (Nullleiter, Erdseil) ha-
ben (Abb. 37 und 44 bis 46). Daneben gibt es weniger gefährliche Leitungen,
deren Leiterseile in Einebenen-Anordnung geführt werden, und deren
Nullleiter nur wenig über dem Niveau der Leiterseile angebracht sind (Abb.
38 und 39). Solche Bauweisen werden großflächig verwendet und erfüllen
den gleichen Zweck wie die riskanteren Konstruktionen, mit einem deutlich
verringerten Kollisionsrisiko. Noch günstiger sind Leitungen, an denen die
Leiter in Einebenen-Anordnung geführt werden und ganz auf den Nullleiter
verzichtet wird (Abb. 40 und 41). Solche günstigen Konstruktionen finden
von fortschrittlichen Firmen mancherorts schon allgemeine Verwendung.

In besonderen Gefahrenzonen für den Luftverkehr, etwa in Einflug-
schneisen von Flughäfen und Landeplätzen, oder wo Leitungen Autobahnen
kreuzen, finden sich – zur Sicherheit von Düsenflugzeugen, Polizei- und
Rettungshubschraubern – oft Sonderkonstruktionen der ansonsten risikorei-
chen Hochspannungsleitungen:

- Einebenen-Anordnung: Mehrfachleitungen werden in Doppelgestänge aufgelöst;

- Tagkennzeichnung durch Flugwarnkugeln, meist am Nullleiter angebracht sowie Warnanstrich der Masten;
- Nachtkennzeichnung durch Warnlampen.

Derartige Maßnahmen verringern das Kollisionsrisiko für Vögel ebenso wie für Drachenflieger und in Not geratende Segel- oder Kleinflugzeuge, die bei ungünstigen Sichtverhältnissen und plötzlich aufkommendem Nebel in die Nähe von Leitungen geraten.

Dort, wo auf einen hoch über dem Leiter liegenden „Ableitedraht“ – den gefährlichen Nullleiter – bei Neubauten immer noch nicht verzichtet wird, oder auch zur Entschärfung alter Hochspannungsleitungen, sollte mindestens der dünne Nullleiter besonders markiert und damit deutlicher sichtbar gemacht werden. Schon damit lässt sich das Kollisionsrisiko von Vögeln um 50 bis 85 Prozent verringern. Denn die meisten Kollisionsopfer gehen auf das Konto des dünneren, über den Leitungsdrähten angebrachten Nullleiters: Die Vögel erkennen die relativ dicken Leitungsdrähte aus kürzerer Distanz als Hindernis und prallen so – beim Ausweichmanöver nach oben – gegen den dünnen „Ableite-Draht“.

Als Marker zur besseren Erkennbarkeit des Nullleiters haben sich senkrecht nach unten hängende schwarz-weiße Strukturen, meist Plastikfahnen, bewährt. Häufig angewandt werden auch Kunststoff-Spiralen, die aber wieder auf andere Art gefährlich werden können (Abb. 46). Nach einschlägigem Studien haben schwarz-weiße, sich im Wind drehende, blinkende ovale Strukturen in der Praxis einen guten Warneffekt, sie werden aber noch kaum angewandt. All diese Maßnahmen sind aber sicher nicht so wirksam wie der Verzicht auf einen weit über dem Leiterniveau angebrachten Nullleiter.

6.4. Andere Drahtkonstruktionen

Ähnliche Barrieren wie Freileitungen stellen andere Drahtkonstruktionen in der freien Landschaft dar, auch sie bergen Kollisionsrisiken für Vögel: Opfer sind etwa an Seilbahnen oder an Spanndrähten von Brücken und Sendemasten zu beobachten.

Ebenso verursachen nieder über dem Boden verlaufende Draht- und Seilkonstruktionen Kollisionsopfer unter zahlreichen Vogelarten: Stacheldrahtzäune von Viehweiden, Wildzäune um Schonungen im Wald und sogar Abspanndrähte von Schafpferchen oder Wäscheleinen (Abb. 50-52).

So kollidieren etwa jagende Greifvögel und Eulen oder Schnepfenvögel bei der Flugbalz oft mit Stacheldrähten an Viehweiden. Das Ausmaß solcher Kollisionsverluste ist jedoch viel geringer als die Stromschlags- und Kollisionsverluste an Freileitungen. Beim Weißstorch in Deutschland etwa beträgt die Zahl der Stacheldrahtopfer einen Bruchteil – unter fünf Prozent – der Opfer durch Freileitungen.

7. Empfehlungen

7.1. Erfahrungen aus der Naturschutzarbeit und Konsequenzen

Bis jetzt sind Vereinbarungen auf freiwilliger Basis von Energieversorgungsunternehmen mit Ornithologen weltweit selten zustande gekommen. Wo die Zusammenarbeit funktioniert, konnten oft punktuelle Entschärfungsmaßnahmen erreicht werden – etwa beim Abbau extrem verlustreicher Leitungen mit Killermasten. Wenn aber ansonsten weiterhin Killermast-Leitungen verwendet oder sogar neu aufgestellt werden, sind solche Bemühungen wenig effizient – Sisyphusarbeit. Die Verpflichtung der Energieversorger zu risikoarmen Konstruktionen liegt jedoch in öffentlichem Interesse, sie lässt sich ethisch begründen, und sie muss mit Nachdruck eingefordert werden!

Da die Unternehmen meist kostengünstige Bauweisen bevorzugen, begegnen Naturschützer, die den Dialog suchen, noch häufig pseudowirtschaftlichen Argumenten – mit zweifelhafter Seriosität und Validität. Geradezu prekär sind Fälle, in denen technisch längst überholte Konstruktionsvorschriften die Killermast-Bauweise immer noch staatlich verordnen – wie etwa in Ungarn! Auch im Hochspannungsbereich werden weltweit noch höchst riskante Freileitungen eingesetzt, die den Luftraum verdrahten und damit die Flugrouten mit zu vielen Drahtebenen „verbauen“.

Um dem Stand des Wissens („State of the Art“) zum Durchbruch zu verhelfen, sind also klare gesetzliche Regelungen unverzichtbar. Wie in mehreren Staaten zu sehen ist, verschwinden Killermasten erst dann, wenn neue gesetzliche Regelungen greifen. So ist jetzt in Deutschland endlich das Aufstellen neuer Killermasten generell verboten, alte Konstruktionen müssen nach einem Zeitplan vollständig – bis zum Jahr 2012 – entschärft werden. Die Entschärfung erfolgt dabei nach einem Maßnahmenkatalog, erstellt von den Energieversorgungsunternehmern zusammen mit den Naturschützern und Politikern.

7.2. Technische Standards

7.2.1 Standards zum Schutz vor Stromschlag

Technische Standards sind in den Konstruktionsvorschriften für den Bau von Freileitungen festgelegt. Diese Vorschriften sollten einen *Vogelschutz-Paragraphen* enthalten, der die generelle Berücksichtigung der Vogelwelt vorschreibt und die Neukonstruktion von Killermasten verhindert. Mit dem Vogelschutz-Paragraphen in Deutschland konnte der Verzicht auf Killermasten bei Neubauten erreicht werden. Er hat folgenden Wortlaut:

„Die Querträger, Isolationsstützen und sonstigen Bauteile der Starkstrom-Freileitungen sind so auszubilden, dass den Vögeln keine Sitzgelegenheit in gefahrbringender Nähe der unter Spannung stehenden Leiter gegeben wird.“ (VDE 0210,1985, Abschnitt 8.10 Vogelschutz)

Im neuen Bundesnaturschutzgesetz von 2002 wurde dann ein Plan zur flächendeckenden Entschärfung für die gefährlichsten Typen vorhandener Killermasten festgelegt. Die Entschärfung hat nach dem Stand der Technik und nach präzise beschriebenen Kriterien zu erfolgen (Vogelschutz an Freileitungen, VDEW-Verlag, 2. Auflage 1991).

Der neue Paragraph 53 „Vogelschutz an Energiefreileitungen fordert:

„Zum Schutz von Vogelarten sind neu zu errichtende Masten und technische Bauteile von Mittelspannungsleitungen konstruktiv so auszuführen, dass Vögel gegen Stromschlag geschützt sind. An bestehenden Masten und technischen Bauteilen von Mittelspannungsleitungen mit hoher Gefährdung von Vögeln sind innerhalb von zehn Jahren die notwendigen Maßnahmen zur Sicherung gegen Stromschlag durchzuführen.(...)“

Umfangreiche Entschärfungsmaßnahmen in der Vergangenheit konnten schon entscheidend zur Stabilisierung und Wiederausbreitung verschiedener stark bedrohter Großvögel beitragen: Weißstorch und Schwarzstorch, See- und Fischadler, Rotmilan und Uhu.

So liegen in Deutschland reichliche Langzeiterfahrungen vor, nachdem seit 40 Jahren verschiedene Maßnahmen zur Entschärfung von Killermasten erprobt und untaugliche Methoden wieder aufgegeben wurden. Diese Erfahrungen sind von internationalem Nutzen: Da sich die Grundelemente der Konstruktion von Mittelspannungsmasten weltweit gleichen, empfehlen wir die Übernahme dieses Maßnahmenkatalogs – mit den folgenden Essentials:

Maßnahmenkatalog zum Schutz der Vögel an Energiefreileitungen

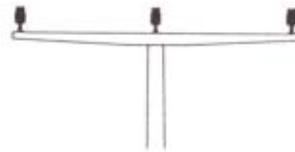
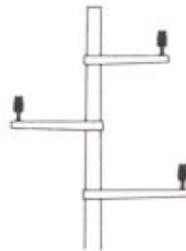
Bestimmte Mastkonstruktionen und Seilanordnungen bei Mittelspannungsleitungen können eine Gefährdung besonders für Großvögel bedeuten. Die Sicherheit der Anlagen hängt primär davon ab

- (a) wie die Isolatoren an den Masten befestigt sind und
- (b) welche Abstände zwischen den Leiterseilen (Phasenabstände) und zwischen geerdeten und unter Spannung stehenden Bauteilen bestehen.

Die weltweit verbreitetsten Konstruktionstypen, ihr Gefahrenpotenzial und Maßnahmen zur Entschärfung vogelgefährdender Konstruktionen werden nachfolgend beschrieben. Sie beziehen sich auf Masten aus Beton, Stahlrohr, Stahlgitter und Holz. Diese Handreichung stützt sich auf Empfehlungen der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (1991) sowie Untersuchungen der NABU-Bundesarbeitsgruppe Stromtod (2002).

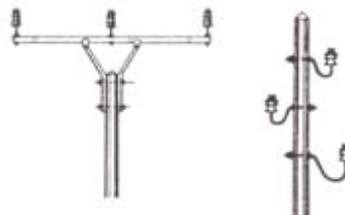
Tragmasten mit Stützisolatoren

Die weit verbreiteten Masten mit Stützisolatoren zählen zu den für Vögel gefährlichsten Konstruktions-typen. Hier werden die Leiterseile in nur geringen Abständen oberhalb der Traverse(n) geführt, bei älteren Bau-ten auch seitlich des Mastkopfes.



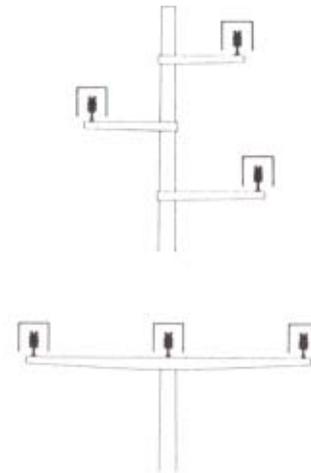
Gefährdung: hoch

Auch **Holzmasten** mit Stützisolatoren bergen bei Nässe Gefahren bzw. wenn sie geerdet sind. Bei traversenlosen Masten muß die Mastspitze den oberen Leiter deutlich überragen.



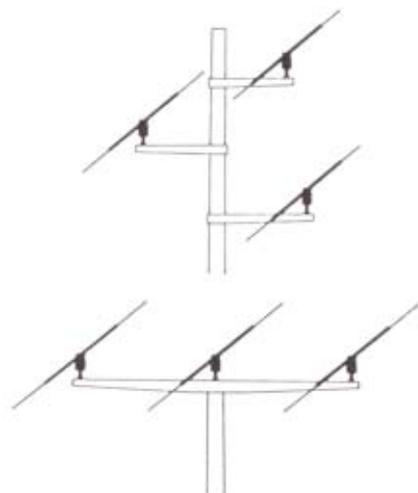
Eine wirksame **Entschärfung** wird mit 130 cm langen Abdeckhauben aus wetterbeständigem Kunststoff oder 130 cm langen Isolierschläuchen erzielt. Leiterseile müssen mindestens 140 cm voneinander entfernt sein. Wo dies nicht der Fall ist, sind sie mit Isolierschläuchen abzudecken (bei Holzmasten ggf. nur die mittleren Leiter).

Tragmasten mit stehenden Isolatoren können alternativ auch zu Abspannmasten (s.u.) umfunktioniert werden.

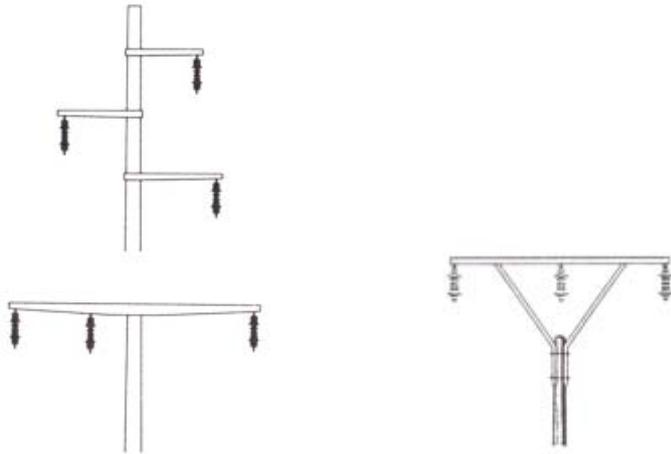


Maßnahmen für den Vogelschutz:

- (a) Abdeckhauben aus Isoliermaterial (oben)
- (b) Isolierschlauch an Leiterseilen (unten)



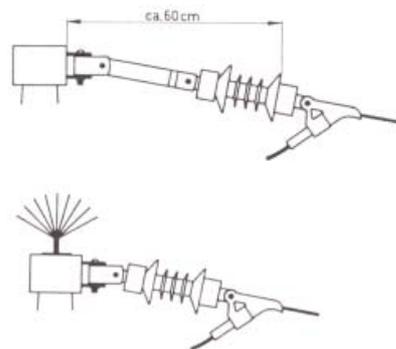
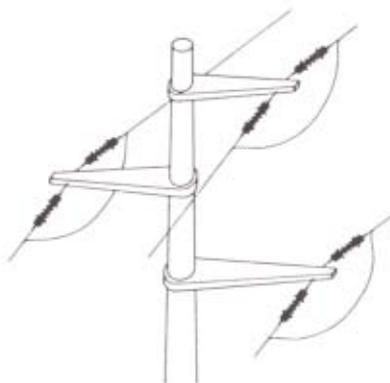
Tragmasten mit Hängeisolatoren



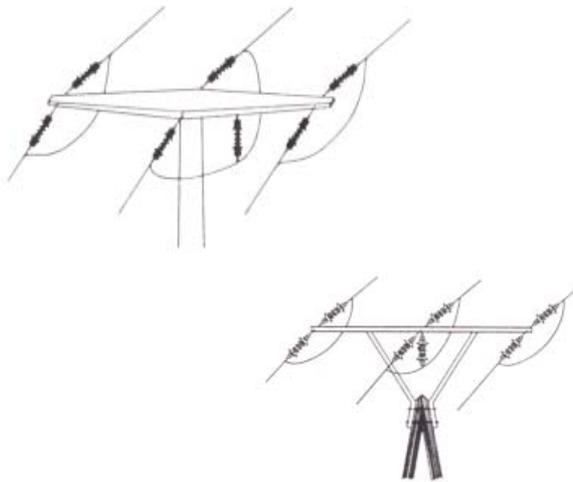
Masten mit Hängeisolatoren können als relativ sicher gelten, sofern ein Abstand von mindestens 60 cm vom möglichen Sitzplatz der Vögel (Traverse) bis zu den unter Spannung stehenden Teilen (Leiteseilen) eingehalten wird. Leiteseile benötigen auch hier einen Mindestabstand von 140 cm. Auf eventuell gefährlich nahe Armaturen zum Schutz vor Lichtbogen (Blitzhörner beidseitig der Isolatoren) sollte verzichtet werden.

Abspannmasten

Abspannmasten mit Leiteseilen unterhalb der Traverse: Gefährdung gering

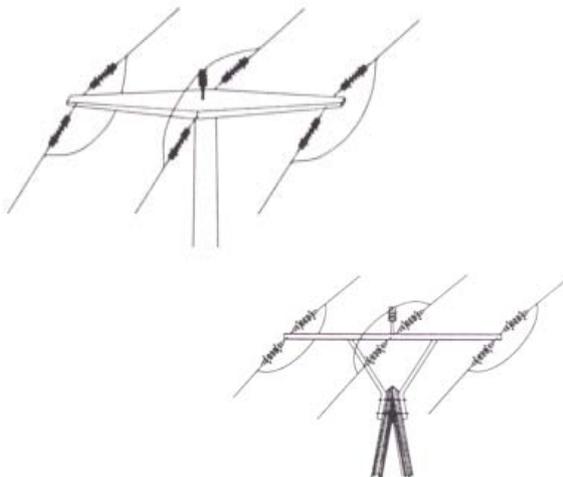


Maßnahmen für den Vogelschutz:
Kettenverlängerung (oben)
Büschelabweiser (unten), möglichst aus weichen Plastikstäben



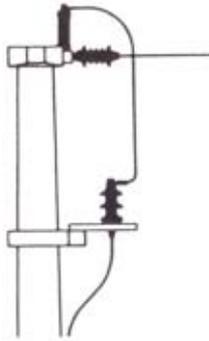
Vogelsichere Abspannmasten benötigen Isolatorenketten von mindestens 60 cm Länge. Durch eine Verlängerung der Ketten oder durch Büschelabweiser auf der Traverse können gefahrenträchtige Konstruktionen entschärft werden. Wo Leiterseile oberhalb oder zu nahe an der Traverse geführt werden, sind Isolierschläuche anzubringen. Dasselbe gilt für analog gebaute Abzweigmasten.

Abspannmasten mit Leiterseilen oberhalb der Traverse: Gefährdung hoch

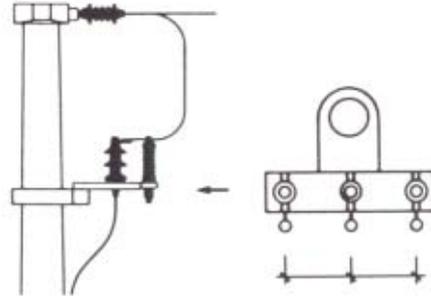


**Maßnahme für den Vogelschutz:
Abdeckhaube oder Isolierschlauch**

Endmasten und Maststationen

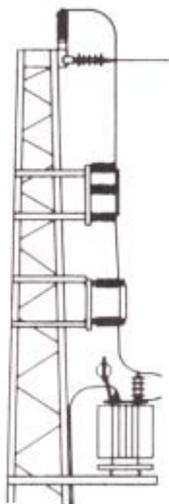


Endmast: Gefährdung hoch

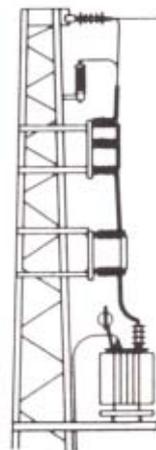


Maßnahmen für den Vogelschutz (s. Text)

Die Köpfe von Endmasten und Maststationen werden häufig von Ventilableitern überragt. Diese Gefahrenquelle für Vögel wird vermieden, wenn Ableiter unterhalb der Traverse montiert und sämtliche Verbindungen mittels Isolierschlauch gesichert werden. Bei Maststationen zählen hierzu auch die Verbindungen unmittelbar über dem Schalter sowie zwischen Schalter und Trafo. Auf Lichtbogen-Schutzarmaturen sollte auch hier verzichtet werden (Schutzmaßnahme: Abmontieren).



Maststation: Gefährdung hoch



Maßnahmen für den Vogelschutz (s. Text)

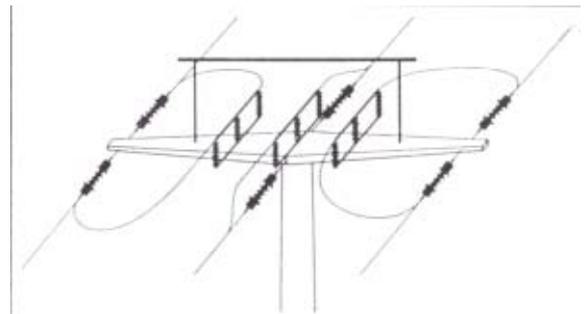
Schaltermasten

Die höchste Sicherheit erzielen Schaltermasten, deren Schalter unterhalb der Traverse hängen. Maßnahmen zur Entschärfung sind hingegen aufwendiger und gewährleisten nicht denselben hohen Sicherheitsstandard für Vögel. Da eine Abdeckung mit Kunststoffhauben meist nicht möglich ist, sind verschiedene Techniken erprobt worden.

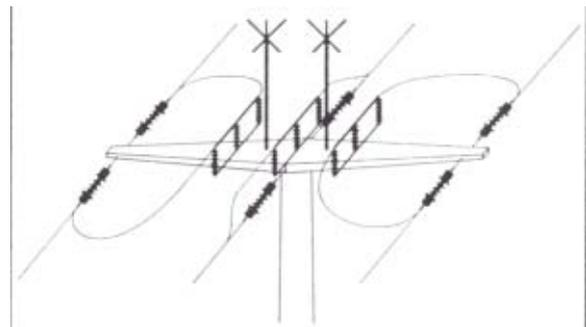


Schaltermast: Gefährdung hoch

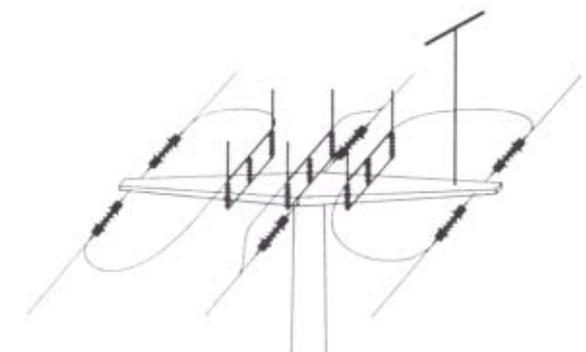
Isolierte Sitzstangen können längs der Traverse (a) oder randlich (c) montiert werden. Sie sollten möglichst groß und rauh beschaffen sein. „Andreaskreuze“ über den Schaltern (b) können ein Aufsitzen der Vögel verhindern, ebenso die Montage von Acrylglasstäben (c). Zusätzliche Sicherheit schaffen vergrößerte Polabstände und Isolierschläuche auf den Verbindungen.



**Maßnahmen für den Vogelschutz:
(a) Sitzstange**



(b) Andreaskreuz



(c) seitliche Sitzstange sowie Acrylstäbe auf dem Schalter

Auch für den Bau von Oberleitungsanlagen der Bahn sind vergleichbare Konstruktionsänderungen oder Neukonstruktionen zu fordern: Sie minimieren Vogelunfälle, zugleich tragen sie bei zur Sicherheit des Zugverkehrs. In Deutschland wird derzeit gemeinsam von Bahntechnikern, Naturschützern und Politikern ein Maßnahmenkatalog für den Vogelschutz erarbeitet, der genaue Anweisungen zur technischen Realisierung enthält. Die Abbildungen 31 bis 33 zeigen, dass auch hier ohne größeren technischen Aufwand vogelsicher konstruiert werden kann.

7.2.2 Standards zum Schutz vor Kollision

Der Sicherheit für den menschlichen Flugbetrieb ebenso wie der Minimierung von Vogelkollisionen gelten folgende Forderungen für alle Freileitungen:

- Konstruktionen sollen in vertikaler Richtung möglichst wenig Luftraum zerschneiden: Die Leiter sind möglichst in Einebenen-Anordnung zu führen. Auf darüber liegende Nullleiter muss verzichtet werden.
- Linienartige Infrastrukturen sollten möglichst gebündelt werden. So können Freileitungen entlang von Straßen und Bahnlinien verlegt werden. Die freie Landschaft muss so weit wie möglich entlastet werden, vorzugsweise durch eine Leitungsführung durch Erdkabel.
- Im Nieder- und Mittelspannungsbereich ist die Erdverkabelung vorzuziehen.
- Gebot des Versteckens: Freileitungen sollten möglichst niedrig und entlang von Häusern, Baumreihen, von hohen Straßen- und Eisenbahnbrücken oder vor einer Bergflanke verlaufen.
- Anbringen von gut sichtbaren schwarz-weißen Markierungen an den Seilen von Leitungen mit hoher Kollisionsgefahr, vor allem Markierung des Erdseils.
- Vor-Ort-Überprüfung verschiedener Trassierungsmöglichkeiten von Freileitungen: Der Vogelzug verläuft nicht gleichmäßig auf breiter Front, er konzentriert sich in kleinräumigen Strukturen, auf „Flugwegen“, die sich der Landschaft anpassen. Daher sind bei allen Leitungsvorhaben mindestens einjährige Voruntersuchungen über den kleinräumigen Vogelzug zu fordern unter Einbeziehung verschiedener Jahreszeiten sowie des Tages- und Nachtzugs. Die Perioden des Vogelzugs und der Rastzeiten müssen dabei berücksichtigt werden.
- Bei Neubauten sind immer konstruktive Lösungen zu bevorzugen, denn es gibt noch keine Marker und Abdeck-Schutzvorrichtungen, deren Haltbarkeit der durchschnittlich 50-jährigen Nutzungsdauer von Freileitungen entsprechen. Schon die Planung von Freileitungen erfordert eine umfassende Ermittlung und Abfrage ornithologischer Grunddaten. Unerlässlich sind dabei Kooperation und Dialog zwischen Energieversorgungsunternehmen und Ornithologen: Risikoarme und vogelsichere Trassenführungen lassen sich nur in enger Zusammenarbeit ermitteln – motiviert durch gemeinsames Handeln in öffentlicher Verantwortung.

7.3. Richtlinien für die Gesetzgebung

In Deutschland widersprach die Aufstellung von Killermasten schon früher den Bestimmungen des Naturschutz-, des Tierschutz- und des Jagdrechts (Rechtsgutachten Dr. Dr. K. Sojka 1975). Trotzdem haben erst neue detaillierte gesetzliche Regelungen den Umschwung gebracht und die Lösung des Killermast-Problems in Gang gesetzt. Weltweit Vorreiter in der flächen-deckenden Umsetzung von Vogelschutzmaßnahmen ist das deutsche Bundesland Baden-Württemberg (Legende zu Abb. 1), dessen Parlament schon 1991 aktiv wurde.

Auch in Ländern, in denen Ornithologen mit den Energieversorgern punktuell zusammen arbeiten und an Brennpunkten für den Artenschutz großflächig Entschärfungsmaßnahmen durchgeführt werden konnten, ist das Problem nicht gelöst, solange detaillierte gesetzliche Regelungen fehlen. Beispielsweise entdeckten wir noch bis heute in verschiedenen Bundesstaaten der U.S.A. neu aufgestellte typische Killermasten.

Angesichts des weltweit immer noch zunehmenden Killermast-Problems und seiner verheerenden Auswirkung auf die Bestände bedrohter Großvögel empfehlen wir allen Staaten dringend, einschlägige gesetzliche Regelungen zu erlassen. Die in Deutschland und in weiteren Staaten Mitteleuropas durchgeführten Maßnahmen haben sich dabei als höchst effektiv erwiesen.

Darüber hinaus empfehlen wir der Umweltorganisation der UN, Richtlinien mit weltweitem dringenden Empfehlungscharakter herauszugeben – vergleichbar den WHO-Richtlinien im Bereich der Medizin. Dabei müssen generell auch die empfohlenen Maßnahmen gegen das Kollisionsproblem berücksichtigt werden. Die Regelungen und Gesetze müssen dementsprechend auch für die elektrischen Anlagen der Bahn gelten.

7.4. Forschungsdesiderate

Ein Hauptproblem im Umgang mit den Energieversorgungsunternehmen ist oft, dass einschlägige ornithologische Forschungsergebnisse dort kaum bekannt sind und in der elektrotechnischen Fachpresse viel zu wenig Beachtung finden. Das muss in der Gesetzgebung berücksichtigt werden.

Außerdem gibt es erheblichen Forschungsbedarf bei den Planungsarbeiten zu jeder Neutrassierung. Ganzjährige ornithologische Untersuchungen, die auch den nächtlichen Vogelzug erfassen, müssen durchgeführt und bei der Trassenwahl berücksichtigt werden.

Auch die Haltbarkeit vieler Vogelschutz-Armatoren muss verbessert werden. Das Material sollte eine Jahrzehnte lange Haltbarkeit aufweisen und sehr witterungs- und UV-Licht beständig sein. Marker an Hochspannungsleitungen müssen dazu das starke elektrische Feld und hohe Wärmeeinwirkung tolerieren können.

Denn in der Praxis fällt immer wieder der vorzeitige Verschleiß von Schutzhauben und Markern auf. Solange diese Materialien noch nicht der

Haltbarkeit von Isolatoren und Leitungsdrähten entsprechen, sind bei Neukonstruktionen immer konstruktive Lösungen zu fordern.

Außerdem sollte mehr darüber geforscht und publiziert werden, wie bei Freileitungen generell ein über den Leiterseilen angebrachter Nullleiter vermieden werden kann. Ein Erfahrungsaustausch mit Firmen, die auf solche Nullleiter verzichten, ist überfällig!

8. Literatur

1. ALLAN, D. G. (1988): Raptors Nesting on Transmission Pylons. - African Wildlife 42: 325-327.
2. ALON, D. (1997): Vögel und Freileitungen - Erfahrungen aus Israel. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 303.
3. ALONSO, J. C., J. A. ALONSO & R. MUÑOZ-PULIDO (1994): Mitigation of Bird Collisions with Transmission Lines through Groundwire Marking. - Biological Conservation (Elsevier Science Ltd., England) 67: 129-134.
4. ALTEMÜLLER, M. J., & M. REICH (1997): Einfluß von Hochspannungsfreileitungen auf Brutvögel des Grünlandes. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 111-127.
5. ANONYMUS (1987): Golden Eagle and Silver Wires. - Teva va'aretz 3: 41-43 (Hebräisch).
6. ANONYMUS (1989): Künftig nur noch Kabel im Mittelspannungsnetz. - Kontakt (SCHLESWAG) 1/89; 8-9.
7. ANONYMUS (1989): Maßnahmen zum Schutz von Vögeln an Freileitungen der Energieversorgung im Bezirk Cottbus. - Naturschutzarbeit Berlin Brandenburg 25: 89-93.
8. ANONYMUS (1989): Tod auf der Leitung. - Geo 4/1989: 192-193.
9. ANONYMUS (1992): VSE will Gefährdungspunkte an älteren Freileitungen vorbeugend und flächendeckend entschärfen. - Kontakt (VSE, Vereinigte Saar-Elektrizitäts-AG) 3/92: 28.
10. ANONYMUS (1993): La faune: des espèces rares à protéger. - In: EDF (Hrsg.): EDF et l'environnement: 14-17. Série Bleue. Electricité de France, Paris.
11. ANONYMUS (1993): Bezug von Vogelschutzeinrichtungen und Nisthilfen für Freileitungsmasten. - Mitteilungsblatt 85/93 der BAG Weißstorchschutz (NABU): 5-6.
12. ANONYMUS (1993): Vogelschutz an Freileitungen bei den EVU anmahnen. - Mitteilungsblatt 85/93 der BAG Weißstorchschutz (NABU): 6-7.
13. ANONYMUS (1995): Freund Adebar soll wieder heimisch werden. - Pfalzstrom 3/95: 6.
14. ANONYMUS (1995): PW-Schaltstelle wird Vogelparadies. - Pfalzstrom 3/95: 12.
15. ANONYMUS (1995): Ostertaler Uhus jetzt sicher. - Pfalzstrom 4/95: 6.
16. ANONYMUS (s.a., ca 1997): Natur und Umwelt - Vogelschutz. Faltblatt der Pfalzwerke Energieversorgung, Ludwigshafen a. Rh.
17. ASCHENBRENNER, L. (1977): Zu "Noch eine Storchengeschichte" und "Weißstorchhorste" auf Leitungsmasten. - Falke 24: 102.
18. AVERY, M. L. (1978): Impacts of Transmission Lines on Birds in Flight. - Biological Services Program, FWS/OBS 78/48.
19. BÄSSLER, R., J. SCHIMKAT & J. ULBRICHT (2000): Artenschutzprogramm Weißstorch in Sachsen. - In: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.). Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Dresden. 116 Seiten.
20. BAIRLEIN, F., & G. ZINK (1979): Der Bestand des Weißstorchs (*Ciconia ciconia*) in Südwestdeutschland: eine Analyse der Bestandsentwicklung. - J. Orn. 120: 1-11.
21. BALDAUF, G. (1988): Verunglückte Vögel am Bahndamm. - Falke 35: 129-130.
22. BARBRAUD, J.-C., & C. BARBRAUD (1996): La Cigogne blanche en Charente-Maritime – Accidents sur les lignes H.T. et M.T. – Mise en place de dispositifs de protection. - In: MERIAUX, J.-L., J. TROUVILLIEZ (Hrsg.): Actes du Colloque International "Lignes électriques et Environnement", Institut Européen d'Ecologie, Metz: 387-388.
23. BAUER, H.-G. (2000): Feststellung der Vogelverluste durch Stromtod an Mittelspannungsleitungen (>1 kV) und Oberleitungen der Deutschen Bahn AG. Unveröff. Bericht für Bundesamt für Naturschutz.
24. BAUMGÄRTEL, K., C. JÜRDENS & J. T. SCHMIDT (1997): Vogelschutzmaßnahmen an Hochspannungsfreileitungen - Markierungstechnik. Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 221-237.

25. BENECKE, H.-G. & W. SENDER (1997): Umsiedlung der Weißstörche nach Abbau einer 50-kV-Überlandleitung. - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): Tagungsband 1997, 4. und 5. Sachsen-Anhaltischer Storchentag: 88.
26. BENEDA, S. (1996): Nidification et accidents de la Cigogne blanche sur les poteaux et autres installations électriques en République Tcheque. - In: MERIAUX, J.-L., J. TROUVILLIEZ (Hrsg.): Actes du Colloque International "Lignes électriques et Environnement", Institut Européen d'Ecologie, Metz: Symposiumsband Lignes électriques et Environnement. Metz : 189-194.
27. BERNDT, R. (1980): Großvogelverluste an Elektroleitungen. Vortrag, gehalten am 6.11.1974 auf der Tagung der Dtsch. Sekt. IRV in Leer. - Ökol. Vögel 2, Sonderh.: Anhang 1, 130.
28. BERNSHAUSEN, F., J. KREUZIGER, K. RICHARZ, H. SAWITZKY & D. UTHER (2000): Vogelschutz an Hochspannungsfreileitungen. - Naturschutz und Landschaftsplanung 32 (12): 373-379.
29. BERNSHAUSEN, F., M. STREIN & H. SAWITZKY (1997): Vogelverhalten an Hochspannungsfreileitungen - Auswirkungen von elektrischen Freileitungen auf Vögel in durchschnittlich strukturierten Kulturlandschaften. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 59-92.
30. BEVANGER, K. (1988 a): Tiltak mot spetteskader, electrocution og kollisjoner. - Vår Fuglefauna 11: 5-13 (Norwegisch).
31. BEVANGER, K. (1988 b): Fugledød ved kollisjon mot kraftledninger. - Vår Fuglefauna 11: 15-20 (Norwegisch).
32. BEVANGER, K. (1990): Topographic aspects of transmission wire collision hazards to game birds in the Central Norwegian coniferous forest. - Fauna norv. Ser. C., Cinclus 13: 11-18.
33. BEVANGER, K. (1994): Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. - Ibis 136: 412-425.
34. BEVANGER, K. (1995): Estimates and population consequences of tetraonid mortality caused by collisions with high tension power lines in Norway. - J. appl. Ecol. 32: 745-753.
35. BEZZEL, E. (1978): Drähte in der Landschaft. - Die Welt der Tiere 5, Sonderheft 1: 16-18.
36. BIJLEVELD, M. F. I. J., & P. GOELDLIN (1976): Electrocution d'un couple de Buses *Buteo buteo* à Jongny (VD). - Oiseaux 33: 280-281.
37. BLOKPOEL, H., & D. R. M. HATCH (1976): Snow Geese, disturbed by aircraft, crash into power lines. - Canadian Field Naturalist 90: 195.
38. BLUMHAGEN, M. (2002): Vogelschutz - "Schlüssselfertige Eigenheime". - SCHLESWAG magazin (Kundenzeitschrift) 1/2002: 9.
39. BNatSchGNeuregG, Gesetz zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege und der Anpassung anderer Rechtsvorschriften vom 25.3.2002 (darin § 53: Vogelschutz an Energiefreileitungen). - Bundesgesetzblatt 2002, Teil I, Nr. 22: 1193 (§ 53: 1211).
40. BÖHMER, W. (1996): Vogelschutz an Freileitungen - bewegen sich die Energieversorgungsunternehmen? - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): Jubiläumsband Weißstorch. 3. Tagungsband des Storchenhofes Loburg: 115-121, Abb. S. 109, 112.
41. BÖHMER, W. (2001): Novellierung Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) - Vogelschutz an Freileitungen. - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): 2. Jubiläumsband Weißstorch, 8. und 9. Sachsen-Anhaltischer Storchentag: 159-160.
42. BÖHMER, W. (2002): Das novellierte Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) erfolgreich verabschiedet - § 53 zum Vogelschutz an elektrotechnischen Anlagen. In: NABU BAG Weißstorchschutz, Mitteilungsblatt 94/2002: 12-13.
43. BÖHMER, W., & G. FIEDLER (2000): Vogelschutz an elektrotechnischen Anlagen - "Neue Entwicklungen". - In: NABU BAG Weißstorchschutz, Mitteilungsblatt 92/2000: 13-14.
44. BÖLZING, G. (1968): Greifvogelschutz bei der Stromversorgung. EAM-Ring 3, 4-5. - Jahrb. Deutscher Falkenorden 1968: 36.

45. BOROVIČZENY, I. v. (1978 a): Encuesta sobre Mortalidad en Aves causada por Tenidos Electricos. - Boletin-Circular 56: 15-16 (Spanisch).
46. BOROVIČZENY, I. v. (1978 b): Postes que matan. - Trofeo 10: 70 (Spanisch).
47. BOSSCHE, W. VAN DEN, M. KAATZ & K. STRUYF (2001): Begleitung belgischer Störche im Jahr 1999 - 1. Zugbegleitung auf der Westroute. - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): 2. Jubiläumsband Weißstorch: 267-280, Abb. Hochspannungsleitung S. 255.
48. BOUTIN, J.-M. (1996) : Lignes électriques et conservation d'une espece menacée de disparition dans une zone d agriculture intensive - Le cas de l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*) dans la plaine des Deux-Sevres. - In: MERIAUX, J.-L., J. TROUVILLIEZ (Hrsg.): Actes du Colloque International "Lignes électriques et Environnement", Institut Européen d'Ecologie, Metz: 295-306.
49. BRAUN, C. (1992): Electrocutation des oiseaux en Alsace. Synthèse et bilan. – *Ciconia* 16 : 50-51.
50. BRAUN, R. (1961): Tiere als Schadenstifter. - *Maschinenschaden* 34: 41-46.
51. BROWN, C. J., & J. L. LAWSON (1989): Birds and Electricity Transmission lines in South West Africa/Namibia. - *Madoqua* 16: 59-67.
52. BROWN, W. M., & R. C. DREWIEN (1995): Evaluation of two power line markers to reduce crane and waterfowl collision mortality. - *Wildl. Soc. Bull.* 23: 217-227.
53. BUB, H. (1952): Über Vogelverluste an südrussischen Telegraphenleitungen. - *Columba* 4: 22.
54. BUHMANN, W. (1989): Das "Aus" für die Mittelspannungsfreileitung. - *Kontakt (SCHLESWAG)* 1/89: 8-9.
55. CMS, Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (2002): Resolution 7.4: Electrocutation of Migratory Birds. Bonn, 2 Seiten.
56. CODA, Coordinadora de Organizaciones de Defensa Ambiental (1994): El impacto de los tendidos electricos en la avifauna. Primeras Jornadas CODA sobre impacto de tendidos electricos. 16.-17.10.1993, Madrid.
57. COPPA, G., S. LESTAN & P. PETIT (1996): Un espece particulierement sensible au risqué de percussion, la Grue cendrée - Limitation du risqué d'accidents sur des lignes en Champagne-Ardenne, en Lorraine et dans les Landes. - In: MERIAUX, J.-L., J. TROUVILLIEZ (Hrsg.): Actes du Colloque International "Lignes électriques et Environnement", Institut Européen d'Ecologie, Metz: 205-211.
58. CRIVELLI, A. J., H. JERRENTROP & T. MITCHEV (1988): Electric Power Lines: a Cause of Mortality in *Pelecanus crispus* Bruch, a World Endangered Bird Species, in Porto-Lago, Greece. - *Colonial Waterbirds* 11: 301-305.
59. DANKO, S. (1985): Uhyn vtakov na elektickom vedeni. - *Zpravy* 28: 18-22 (Tschechisch).
60. DASSLER, G., & P. KNEIS (1990): Tod eines Schwarzstorches (*Ciconia nigra*) im Kreis Zeulenroda durch Stromeinwirkung. - *Veröff. Museen Gera* 17: 99-100.
- 60a. DELL, D. A., & P. J. ZWANK (1986): Impact of a high-voltage transmission line on a nesting pair of Southern Bald Eagles in Southeast Louisiana. - *Rapt. Res.* 20: 117-119.
61. DNR & DBV (1980): Resolution vom 14.5.1976 des Deutschen Naturschutzringes e. V. und des Deutschen Bundes für Vogelschutz e. V. In: *Ökol. Vögel* 2, Sonderh.: Anhang 2, 131.
62. DÖRING, R. (1998): Schutzmaßnahmen für Vögel im Freileitungsnetz durch Energieversorgungsunternehmen in Mecklenburg-Vorpommern. - *NABU-Nachrichten Mecklenburg-Vorpommern, Sonderausg. Storchentag 1998*: 37.
63. ECOFUND (2000): Polish debt for environment swap 2000. Annual report. Warsaw.
64. EGGERS, H. (2001): Veränderungen der Neststandorte beim Weißstorch (*Ciconia ciconia*) in Südwestmecklenburg. - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): 2. Jubiläumsband Weißstorch. 8. und 9. Storchentag 1999/2000: 222-227.
65. EMO (1994), Energieversorgung Müritzz-Oderhaff Aktengesellschaft (Hrsg.): Aktiver Umweltschutz: Hilfe für den Fischadler. 2. Aufl., Neubrandenburg. 14 Seiten.
66. ENGGIST, P. (1996): Mortalité des oiseaux sur le reseau électrique suisse – l'exemple de la Cigogne blanche / Mortalität von Störchen an Strommasten und Freileitungen in der Schweiz. - In: MERIAUX, J.-L., J. TROUVILLIEZ (Hrsg.): Actes du Colloque

- International "Lignes électriques et Environnement", Institut Européen d'Ecologie, Metz: 173-176.
67. ERDMANN, G. (2001): Zu Verlusten und deren Ursachen beim Weißstorch im Raum Leipzig. - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): 2. Jubiläumsband Weißstorch. 8. und 9. Storchentag 1999/2000: 197-199.
 68. FAANES, C. A. (1987) : Bird behavior and mortality in relation to power lines in prairie habitats. - U.S. Fish Wildl. Tech. Rep. 7: 24 Seiten.
 69. FELD, W. (1992): Tod durch Strom der Störche (*sic!*) in Baden-Württemberg - Vogelschutz/Mort par électrocution dans le Bade-Württemberg - Protection des oiseaux en liberté. - In: MERIAUX, J.-L., A. SCHIERER, CH. TOMBAL & J.-CH. TOMBAL (Hrsg.): Actes du Colloque International "Les cigognes d'Europe": 305-308. Institut Européen d'Ecologie, Metz.
 70. FELD, W. (2000): Wiederansiedlung des Weißstorchs *Ciconia ciconia* (L., 1758) in Baden-Württemberg. - In: DORNER, I. (Hrsg.): Naturschutz mit dem Storch - Die Wiederbesiedlung des westlichen Europa durch den Weißstorch (*Ciconia ciconia*) mit Hilfe von Wiederansiedlungsprojekten. - Tagungsberichte Internationales Symposium 1998. POLLICHIA, Bad Dürkheim: 76-99.
 71. FELD, W., & I. DORNER (2000): Die Bad Dürkheimer Resolution. - In: DORNER, I. (Hrsg.): Naturschutz mit dem Storch - Die Wiederbesiedlung des westlichen Europa durch den Weißstorch (*Ciconia ciconia*) mit Hilfe von Wiederansiedlungsprojekten. - Tagungsberichte Internationales Symposium 1998. POLLICHIA, Bad Dürkheim: 140-141.
 72. FELLEBERG, W. (1991): Vogelsterben durch Stromschlag an einem Leitungsmast. - Charadrius 27:45.
 73. FERNANDEZ, C., & J. A. INSAUSTI (1990): Golden Eagles take up Territories Abandoned by Bonelli's Eagles in Northern Spain. - J. Raptor Res. 24 (4): 124-125. The Raptor Research Foundation, Inc.
 74. FERRER, M., & F. HIRALDO (1991): Management of the Spanish Imperial Eagle. - Wildl. Soc. Bull. 19: 436-442.
 75. FERRER, M., & F. HIRALDO (1992): Man-induced sex-biased mortality in the Spanish Imperial Eagle. - Biol. Conserv. 60: 57-60.
 76. FERRER, M., & G. F. E. JANS (Hrsg.) (1999): Birds and Power Lines: Collision, Electrocution and Breeding. - Madrid: Quercus.
 77. FERRER, M., M. DE LA RIVA & J. CASTROVIEJO (1991): Electrocution of raptors on power lines in Southern Spain. - J. Field Ornithol. 62 (2): 54-69.
 78. FIEDLER, G. (1985): So wird der Stromtod verhindert. - Naturschutz heute (DBV) 3/85: 14-15.
 79. FIEDLER, G. (1989): Auswertung vorhandener Ringfunddaten des Weißstorchs (*Ciconia ciconia*) in Schleswig-Holstein. - Unveröff. Bericht für Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein, Kiel. 70 Seiten.
 80. FIEDLER, G. (1992): Weißstorch-Unfälle in Nord- und Ostdeutschland - Erfahrungen mit Abhilfemaßnahmen / Mortalité des Cigognes blanches sur les cables aériens en Allemagne du nord et de l'est - Protection des oiseaux en liberté. - In: MERIAUX, J.-L., A. SCHIERER, CH. TOMBAL & J.-CH. TOMBAL (Hrsg.): Actes du Colloque International "Les cigognes d'Europe". Institut Européen d'Ecologie, Metz: 297-303.
 81. FIEDLER, G. (1993): Verluste an Freileitungen durch Stromschlag und Anflug. - Tagungsband Internationale Weißstorch- und Schwarzstorch-Tagung, Schriftenreihe für Umwelt- und Naturschutz im Kreis Minden-Lübbecke 2, : 45-46.
 82. FIEDLER, G. (1996): Vogelverluste an Freileitungen in Nord- und Ostdeutschland - Effektivität von Abhilfemethoden / Mortalité des oiseaux avec les lignes aériennes dans le Nord et de l'Est de l'Allemagne. - In: MERIAUX, J.-L., J. TROUVILLIEZ (Hrsg.): Actes du Colloque International "Lignes électriques et Environnement", Institut Européen d'Ecologie, Metz: 159-166.
 83. 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? - Proc. Int. Symp. White Stork, Hamburg 1996: 505-511.

84. FIEDLER, G. (2001): Möglichkeiten zur Zusammenarbeit von „BAG Stromtod und „BAG Weißstorchschutz“. – In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): 2. Jubiläumsband Weißstorch, 8. und 9. Sachsen-Anhaltischer Storchentag: 160-163.
85. FIEDLER, G. (2002): Einflüsse von Freileitungen und Strommasten auf die Vogelwelt in Deutschland. - Unveröff. Bericht für Karl Kaus Stiftung für Tier und Natur, Radolfzell. 157 Seiten.
86. FIEDLER, G., & A. WISSNER (1980): Freileitungen als tödliche Gefahr für Störche *Ciconia ciconia*. - Ökol. Vögel 2, Sonderheft: 59-109.
87. FIEDLER, G., & A. WISSNER (1986): Freileitungen als tödliche Gefahr für Weißstörche. - Beiheft Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 43, Artenschutzsymposium Weißstorch: 257-270.
88. FIEDLER, G., & A. WISSNER (1989): Weißstorch-Unfälle an Freileitungen und Abhilfemaßnahmen. - In: RHEINWALD, G., J. OGDEN & H. SCHULZ (Hrsg.): Weißstorch - White Stork. Proc. I Int. Stork Conserv. Symp. Schriftenreihe DDA 10: 423-424.
89. FISCHER-SIGWART, H. (1920): Die Starkstromleitungen als Gefahr für die Storchansiedlungen und die Störche. – Orn. Beob. 17: 188-192.
90. FOKKEMA, J. (1981): Draadslachtoffersonderzoek bij Heerenveen. - Vanellus 5: 143-145 (Niederländisch).
91. FREUND, B. (1999): Neue Dreier-Kombination sorgt für Spannung. - ESAG-Energie Spiegel 9/1999 (betr. Luftkabel).
92. FRIEDRICH, H. (1997): Erfahrungen und Beobachtungen beim Kontrollieren einer Freileitungstrasse nach Vogelschlagopfern. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 300-302.
93. FUHS, B. (1999): Sichere Rast auf dem Mast. - RWE Magazin agenda 1/1999: 16-19
94. FUNKE, A. (1923): Vogelmord durch Überlandzentralen! - Kosmos 1923: 112.
95. GIRSCH, R. (1997): Trassierungsgesichtspunkte bei der Planung von Hochspannungsfreileitungen. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 11-18.
96. GOEBEL, H. (1869): Der Telegraph als Feind der Zugvögel. - J. Orn. 17: 194.
97. GÖRLACH, A. (1977): Stützisolatoren-Problem gelöst. - Kosmos 11: 796.
98. GÖRNER, M. (1967): Hohlbetonmasten als Vogelfallen. - Falke 14: 427.
99. GOMEZ-MANZANEQUE, A., & F. J. CANTOS (1995): Mortalidad producida por los tendidos electricos sobre la Cigüena Blanca en Espana, con base en los resultados del anillamiento científico. In: O. BIBER, P. ENGGIST, C. MARTI & T. SALATHE (Hrsg.): Proc. Int. Symp. On the White Stork (Western Population), Basel 1994: 111-116.
100. GRISCHTSCHENKO, V., & N. GABER (1990): Analyse der Todesursachen des Weißstorchs in der Ukraine. – Orn. Mitt. 42: 121-123.
101. GROSSE, H., W. SYKORA & R. STEINBACH (1980): Eine 220-kV-Hochspannungstrasse im Überspannungsgebiet der Talsperre Windischleuba war Vogelfalle. Falke 27: 247-248.
102. GÜLLE, P. (1981): Vogeltod an Starkstromleitungen. - Charadrius 17: 126-127.
103. GUTSMIEDL, I., & T. TROSCHKE (1997): Untersuchungen zum Einfluß einer 110-kV-Freileitung auf eine Graureiher-Kolonie sowie auf Rastvögel. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 191-209.
104. HAACK, C. (1997a): Gefiederfarben und Flugverhalten europäischer Vogelarten als Vorbild für die Markierung von Hochspannungsfreileitungen zur Vermeidung von Vogelschlag. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 239-258.
105. HAACK, C. (1997b): Kollision von Bläßgänsen (*Anser albifrons*) mit einer Hochspannungsfreileitung bei Rees (Unterer Niederrhein), Nordrhein-Westfalen. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 295-299.
106. HAAS, D. (1975): "Elektrische Stühle" für Großvögel. Wir und die Vögel (DBV) 4/75: 17-19.
107. HAAS, D. (1975): Uhus enden auf dem "elektrischen Stuhl". - Das Tier 10/75: 45-47, 55.
108. HAAS, D. (1980): Gefährdung unserer Großvögel durch Stromschlag - eine Dokumentation. - Ökol. Vögel 2, Sonderheft: 7-57.

- 109.HAAS, D. (1988): Zur Behandlung von durch Stromschlag verletzten Vögeln. - Orn. Jh. Bad.-Württ. 4, 1988: 21-28.
- 110.HAAS, D. (1993): Clinical Signs and Treatment of Large Birds Injured by Electrocution. - In: REDIG, P. T., et al.: Raptor Biomedicine, University of Minnesota Press, Minneapolis: 180-183.
- 111.HAAS, D. (1995): Schadensursachen von über 70 tot oder verletzt aufgefundenen Wanderfalken. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 82: 283-326.
- 112.HAAS, D. (2001): Anmerkungen zur Dezimierung unserer Adler, Störche und anderer Großvögel durch Stromschlag in Mittel- und Osteuropa. - Unveröff. Manuskript.
- 113.HAAS, D., G. FIEDLER, & U. MADES (1995): Erfahrungsbericht zur Gefährdungssituation von Großvogelbeständen im Ausland durch Stroimschlag und Drahtanflug. - BAG Stromtod (NABU). Vervielfältigtes Manuskript, 21 Seiten.
- 114.HAAS, D., & G. FIEDLER (2001): Vogelschutz an elektrotechnischen Anlagen. - In: KAAZ, CH., & M. KAAZ (Hrsg.): 2. Jubiläumsband Weißstorch, 8. und 9. Sachsen-Anhaltischer Storchentag: 171-176.
- 115.HAAS, D., & H. MAHLER (1992): Freileitungen aus der Sicht des Vogelschutzes. - In: Kabel und Freileitungen in überregionalen Versorgungsnetzen. Expert-Verlag: 151-177.
- 116.HÄHNLE, H. (1913): Elektrizität und Vogelschutz. Auszug aus Vortrag, gehalten auf dem III. Deutschen Vogelschutztag in Hamburg. - Verlag Bund für Vogelschutz, Stuttgart: 1-8.
- 117.HADASCH, J. (1993): Auswirkungen von Freileitungen auf die Vogelwelt. - Falke 40: 374-380.
118. HAITZ, G. (1992): Protection des oiseaux face aux lignes aériennes du point de vue des entreprises Allemandes productrices d'énergie / Vogelschutz an Freileitungen aus der Sicht der deutschen Energieversorgungsunternehmen. - In: MERIAUX, J.-L., et al.: Les cigognes d'Europe: 309-314. Institut Européen d'Ecologie, Metz 1992.
119. HAITZ, G. (1995): Vogelschutz an Freileitungen aus der Sicht der deutschen Energieversorgungsunternehmen. - In: BIBER, O., et al. (Hrsg.): Proc. Int. Sympos. White Stork (Western Population), Basel 1994: 101-103.
120. HARASZTHY, L. (1989): Die Situation des Weißstorchs in Ungarn. - Vogelschutz in Österreich 4: 18-19.
121. HARRISON, J. G. (1963): Heavy mortality of Mute Swans from electrocution. - Am. Rep. Wildfowl Trust 14: 164-165.
- 122.HAUFF, P. (2001): Horste und Horstbäume des Seeadlers *Haliaeetus albicilla* in Mecklenburg-Vorpommern. - Ber. Vogelwarte Hiddensee 16: 159-169.
- 123.HAVELKA, P., H.-J. GÖRZE & H. STEFAN (1997): Vogelarten und Vogelschlagopfer an Freileitungen - Ergebnisse von Trassenbegehungen mit Bestandserhebung und Hundesuche. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 93-110.
124. HEIJNIS, R. (1977): Vogelotod an Hochspannungsleitungen. - Vögel Heimat 47: 113-114.
- 125.HEIJNIS, R. (1980): Vogelotod durch Drahtanflug bei Hochspannungsleitungen. - Ökol. Vögel 2, Sonderheft: 111-129.
- 126.HELLER, M. (1996): Fischadler *Pandion haliaetus* als Stromschlagopfer an den Maulbronner Seen in Nordwürttemberg. - Orn. Anz. 35: 187-198.
- 127.HEMKE, E. (1984): Über die Gefährdung des Weißstorches durch elektrische Freileitungen. - Falke 30: 21-23.
- 128.HEMKE, E. (1987): Fischadler auf Hochspannungsmasten. - Falke 34: 256-259.
- 129.HENNICKE, C. R. (1912): Vogelschutz und Überlandzentralen. - Orn. Mschr.: 143-151.
- 130.HESSISCHER VERWALTUNGSGERICHTSHOF (1991): Verkabelung einer Stromleitung. Beschluß v. 26.6.1991 - 3 UE 1643/87 -. - In: Umwelt- und Planungsrecht 11-12/1991: 458.
- 131.HILPRECHT, A. (1974): Vogeltragödien I. Eine Zusammenstellung nach Ringfundmeldungen. - Falke 21: 294-297.

132. HILTUNEN, E. (1953): On electric and Telephone wire accidents in birds. – Suomen Riista 8: 70-76, 222-223 (Finnisch mit engl. Zusammenfassung).
133. HOBBS, J. C. A., & J. A. LEDGER (1986): The Environmental Impact of Linear Developments, Powerlines and Avifauna. - Third Internat. Conf. On Environmental Quality and Ecosystem Stability. Israel, June 1986.
134. HÖLZINGER, J. (1987): Vogelverluste durch Freileitungen. - Die Vögel Baden-Württembergs, Bd. 1, Teil 1: 202-242.
135. HÖNTSCH, K., & R. EBERT (1997): Die Heidelandschaft bei Mörfelden-Walldorf (Hessen) - ein Lebensraum unter Hochspannung. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 177-190.
136. HOERSCHELMANN, H., W. BRAUNEIS & K. RICHAZ (1997): Erfassung des Vogelfluges zur Trassenwahl für eine Hochspannungsleitung. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 41-57.
137. HOERSCHELMANN, H., A. HAACK, & F. WOHLGEMUTH (1988): Verluste und Verhalten von Vögeln an einer 380-kV-Leitung. - Ökol. Vögel 10: 85-103.
138. HOOVER, K. (Hrsg.) (1978): Impacts of transmission lines on birds in flight. – Proc. Conf. Oak Ridge, Tennessee, 1978.
139. HORMANN, M. (2001): Schutzmaßnahmen für den Schwarzstorch im Ahrtal und Seitentälern. - Flieg und Flatter Ausg. 8/ Dez. 2001: 5-6.
140. HORMANN, M., & K. RICHAZ (1997): Anflugverluste von Schwarzstörchen (*Ciconia nigra*) an Mittelspannungsfreileitungen in Rheinland-Pfalz. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 285-290.
141. HÜBNER, F. (2000): Vogelverluste an Energiefreileitungen - Prioritätenkatalog für eine sukzessive Entschärfung aller Mittelspannungsmasten mit Gefährdungspotential für Großvögel im Versorgungsgebiet des Regionalbereiches West der e.dis Energie Nord AG. - Unveröff. Diplomarbeit Fachbereich Biologie Univ. Potsdam. 81 Seiten + Anl.
142. HÜBNER, F. (2001): Vogelverluste an Energiefreileitungen - Zusammenarbeit von Naturschutz und Energieversorger. - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): 2. Jubiläumsband Weißstorch, 8. und 9. Sachsen-Anhaltischer Storchentag: 164-170.
143. ILN, Institut für Landschaftsforschung und Naturschutz (1989): Maßnahmen zum Schutz von Vögeln an Freileitungen der Energieversorgung im Bezirk Cottbus. - Naturschutzarbeit in Berlin/Brandenburg 25 (3):89-93.
144. JACOBS, A. (1978): Energieversorgungsunternehmen sind tierfreundlich - nicht nur im Einzelfall. - Miteinander (INTERARGEM) 2/1978: 22-23.
145. 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. Zakład Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych Polskiej Akademii Nauk. Studia naturae - seria A, Nr 37: 107-124. Kraków.
146. JAKUBIEC, Z. (1992): Causes de mortalité chez la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Pologne aux stades des œufs, des poussins et des oiseaux volants / Die Ursachen In: MERIAUX, J.-L., A. SCHIERER, CH. TOMBAL & J.-CH. TOMBAL (Hrsg.): Actes du Colloque International "Les cigognes d'Europe". Institut Européen d'Ecologie, Metz: 273-278.
147. JAKUBIEC, Z., & P. SZYMONSKI (2000): Bociany i Bocki. – Pro Natura, Wrocław (Polnisch).
148. JANAUS, M., & A. STIPNIECE (1999): The White Stork in Latvia: 1994-1995. – In: SCHULZ, H. (Hrsg.): Weißstorch im Aufwind? - White Storks on the up? - Proc. Int. Symp. White Stork, Hamburg 1996: 253-264.
149. JELENSKI, J. (1984): Elsternest auf Leitungsmast. - Falke 30: 66.
150. JONG, J. DE (1976): Slachtoffers van de hoogspanningsleidingen tussen Veenscheiding te Rottum en Tjonger te Rotstergaast (Friesland). - Het Vogeljaar 24: 135-141 (Niederländisch).
151. KAATZ, CH. (1984): Änderungen der Horststandorte beim Weißstorch. - Falke 31: 340-345.
152. KAATZ, CH. (2001): Vogelschutz an Mittelspannungs-Freileitungen. - J. Orn. 142: 112.

153. KAAZT, CH., & H. HEHNE (1975): Weißstorchhorste auf Leitungsmasten. - Falke 22: 240-242.
154. KAISER, G. (1970): Der Mäusebussard als Ursache der einpoligen Freileitungsfehler in 110-kV-Hochspannungsnetzen. - Elektrotechnische Zeitschr. Ausg. A, Wiss. Zentralbl. 91: 313-317.
155. KAISER, G. (1970): Der Mäusebussard als Ursache der einpoligen Freileitungsüberschläge in 110-kV-Netzen. - Maschinenschaden 43: 153-156.
156. KAISER, G. (1970): Die Vorhersage von einpoligen Fehlern in 110-kV-Freileitungsnetzen. - Elektrizitätswirtschaft 69: 322-326.
157. KARIUS, B. (1994): Vogelschutz und Energieversorgung. - In: MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES SACHSEN-ANHALT (Hrsg.): Tagungsband 2. Sachsen-Anhaltinischer Storchentag: 52-53.
158. KARLSSON, J. (1977): Fågelkollisioner med master och andra byggnadsverk. - Anser 16: 203-216 (Schwedisch).
159. KATZWINKEL, S. (1994): Möglichkeiten zum Weißstorch- und Vogelschutz an elektrotechnischen Anlagen der Energieversorgung in Sachsen-Anhalt. - In: MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES SACHSEN-ANHALT (Hrsg.): Tagungsband 2. Sachsen-Anhaltinischer Storchentag: 49-51.
160. KATZWINKEL, S. (1996): Die Einbindung von Vogelschutzmaßnahmen bei der Planung, Projektierung und dem Bau von elektrotechnischen Anlagen. - In: KAAZT, CH., & M. KAAZT (Hrsg.): Jubiläumsband Weißstorch. 3. Tagungsband des Storchenhofes Loburg: 126-127, Abb. S. 111.
161. KELLNER, V. (1975): Türkentaube brütet auf Leitungsmast. - Falke 22: 243.
162. KELM, H. J. (1978): Sendemast auf Sylt als Vogelfalle. - Corax 6 (2): 56-60.
163. JELENSKI, J. (1984): Elsternest auf Leitungsmast. - Der Falke 30: 66.
164. KLIEBE, K. (1997): Auswirkungen von Freileitungen auf die Vögel der Radenhäuser Lache, Landkreis Marburg-Biedenkopf/Hessen. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 291-294.
165. KLUGE (1976): Zum Problem der Weißstorchhorste auf Leitungsmasten. - Falke 23: 139.
166. KÖHLER, W. (1999): Bestandsentwicklung des Weißstorchs in der Niederlausitz/Deutschland und Verluste an Freileitungen in Ostdeutschland. - In: SCHULZ, H. (Hrsg.): Weißstorch im Aufwind? - White Storks on the up? Proc. Int. Symp. White Stork, Hamburg 1996: 381-393.
167. KÖHLER, W. (2001): Verluste des Weißstorchs an Freileitungen - kein Ende in Sicht? In: KAAZT, CH., & M. KAAZT (Hrsg.): 2. Jubiläumsband Weißstorch, 8. und 9. Sachsen-Anhaltinischer Storchentag: 185-191.
168. KOETH, K. (1986): Netzausbau - eine Gefahr für die Vogelwelt? - Elektrizitätswirtschaft 85: 455-457.
169. KOOP, B., & N. ULLRICH (1999): Vogelschutz und Mittelspannungsleitungen. Studie zur Ermittlung des Gefährdungspotentials in Schleswig-Holstein. - Unveröff. Bericht für Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein. Kiel.
170. KOOPS, F. B. J. (1979): Een miljoen draadslachtoffers, wat kunnen we ertegen doen? - De Lepelaar 63: 20-21 (Niederländisch).
171. KOOPS, F. B. J., & J. DE JONG (1982): Vermindering van draadslachtoffers door markering van hoogspanningsleidingen in de omgeving van Heerenveen. - Het Vogeljaar 30: 308-316 (Niederländisch).
172. KOOPS, F. B. J. (1997): Markierung von Hochspannungsfreileitungen in den Niederlanden. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 276-278.
173. KRAUSE, P. (1997): Auswirkung eines linienhaften Vorhabens (Eisenbahnstrecke) auf eine Graureiherkolonie (Bayern). - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 211-220.
174. KRETZSCHMAR, H. (1969): Großtrappen fliegen gegen Hochspannungsleitung. - Falke 16: 94-95.
175. KRETZSCHMAR, H. (1970): Wiederum: Großtrappe gegen Starkstromleitung. - Falke 17: 283.

- 176.KREUTZER, K.-H. (1997): Das Verhalten von überwinternden, arktischen Wildgänsen im Bereich von Hochspannungsfreileitungen am Niederrhein (Nordrhein-Westfalen). - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 129-145.
- 177.KUHLEMANN, P. (1955): Vogelverluste durch "Verdrahtung" und mögliche Abhilfe. - Jahrb. der Heimatgemeinschaft des Kreises Eckernförde e. V.
- 178.LANDTAG VON BADEN-WÜRTTEMBERG (1992): Mitteilung der Landesregierung. Bericht der Landesregierung zu einem Beschluß des Landtags; hier: Stromtod von Vögeln durch Freileitungen. - Drucks. 10/6698. 2 Seiten.
- 179.LANGGEMACH, T., & W. BÖHMER (1997): Gefährdung und Schutz von Großvögeln an Freileitungen in Brandenburg. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, H. 3: 82-89.
- 180.LANGGEMACH, T. (1997): Stromschlag oder Leitungsanflug? - Erfahrungen mit Großvogelopfern in Brandenburg. - Vogel u. Umwelt 9, Sonderh.: 167-179.
- 181.LARSEN, R. S., & O. H. STENSTRUD (1988): Elektrisitetsdøden - den største trusselen mot hubrobestandene i Sørøst-Norge? - Vår Fuglefauna 11: 29-34 (Norwegisch).
- 182.LEDGER, J. A. (1975): Vulture Study Group. Information about electrocution on transmission towers. Johannesburg.
- 183.LEDGER, J. A. (1992): Protecting Eagles and Other Large Birds from Electrocution on Rural Powerlines. - South African Eagle Insurance Company Ltd.
- 184.LEDGER, J. A. (1994): Marking Devices to Prevent Bird Collisions with Overhead Lines. - EWIAC, Johannesburg.
- 185.LEDGER, J. A., & H. J. ANNEGARN (1981): Electrocution Hazards to the Cape Vulture (*Gyps coprotheres*) in South Africa. - Biol. Conservation 20: 15-24.
- 186.LEEGE, O. (1903): Telegraphendrähte, eine Gefahr für die Vogelwelt. - Orn. Mschr.: 111-112.
- 187.LEHMANN, G. (1961): Hochspannungsleitungen als Tierfallen. - Naturschutzarbeit 3: 56-58.
- 188.LEHMANN, G. (1968): Zur Verhinderung von Störungen an Hochspannungsleitungen durch Eichhörnchen und Vögel. - Orn. Mitt. 20: 257-258.
- 189.LEIBL, F. (1989): Schwarzstorchverluste *Ciconia nigra* an Freileitungen. Anz. Orn. Ges. Bayern 28: 72-74.
- 190.LENZ, E., & M. ZIMMERMANN (1990): Stromschlag und Kriechstrom - Zwei tödliche Gefahren für den Storch. - Strohalm (Natur- und Umwelthilfe e.V., Erlangen) 2/90, Sonderbeilage. 11 Seiten.
- 191.LENZ, E., & M. ZIMMERMANN (1991): Vogelschutzparagraph und trotzdem tot. Strohalm (Natur- und Umwelthilfe e. V., Erlangen) 1/91, Sonderbeilage. 3 Seiten.
- 192.LESHEM, Y. (1986): Raptor Conservation Problems in the Middle East. - Raptor Research Reports No. 5: 11-16. The Raptor Research Foundation Inc. Press Publishing Ltd., Provo, Utah 84602.
- 193.LÖSEKRUG, R. (1979): Vorläufige Mitteilungen über den Stromtod bei Vögeln und Möglichkeiten zu seiner Verhinderung. - Faunist. Mitt. Süd-Niedersachsen 2: 163-166.
- 194.LÖSEKRUG, R. (1997): Vogelverluste durch Stromleitungen - Erfahrungen aus Mitteleuropa und dem Mittelmeerraum. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 157-166.
- 195.LONGRIDGE, M. W. (1986): The Impacts of Transmission Lines on Bird Flight Behaviour with reference to Collision Mortality and System Reliability. - Report to Eskom Bird Research Committee, Johannesburg.
- 196.LOPEZ, A., M. F. AREVALO & T. OBERHUBER (1994): Seguimiento de tendidos electricos para valorar su impacto sobre la avifauna. - In: First technical sessions on powerlines and environment: 103-111. REE, Madrid, 1994.
- 197.LOUINEAU, J.-F. (1990): La Fée électricité fait des ravages! - L'Oiseau 18: 18-19.
- 198.MADES, U. (1995 a): Vogeltod an Freileitungen. - Eulen-Rundblick 42/43: 20-24.
- 199.MADES, U. (1995 b): Vogeltod durch Stromschlag. - Naturschutz heute (NABU) 1/95, NRW-Regionalteil: 16-17.
- 200.MAHLER, U., & F. WEICK: Der Weißstorch - Vogel des Jahres 1994. Das Weißstorch-Projekt in Baden-Württemberg. - Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Karlsruhe & Staatl. Museum für Naturkunde Karlsruhe. 48 Seiten.

201. MALINAUSKAS, V., & M. ZURBA (1999): White Stork – the national bird of Lithuania, Results of the census 1994/1995. In: SCHULZ, H. (Hrsg.): Weißstorch im Aufwind? - White Storks on the up? - Proc. Int. Symp. White Stork, Hamburg 1996: 265-275.
202. MARTI, C. (1998): Auswirkungen von Freileitungen auf Vögel - Dokumentation. – In: BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.): Schriftenreihe Umwelt Nr. 292. Bern. 90 Seiten.
203. McNEIL, R., J. R. RODRIGUEZ S. & H. OUELLET (1985): Bird mortality at a power transmission line in Northeastern Venezuela. – Biol. Conserv. 31: 153-165.
204. MERIAUX, J.-L. et al. (1992): Etude des problèmes posés par les ouvrages électriques et la recherche de solutions: exemples Français. Les cigognes d'Europe: 327-336. Institut Européen d'Ecologie, Metz 1992.
205. MME – BirdLife Hungary (1999): 25 years of BirdLife Hungary. – Broschüre, MME Budapest. 24 Seiten.
206. MÖCKEL, B., & K.-H. BERNHARDT (1978): 10-kV-Freileitungen - eine Todesfalle für Greifvögel. - Falke 25: 210.
207. MÖLLER, J. (1971): Das Storchenjahr 1971 in Stapelholm. - Heimat (Neumünster) 78: 329-331.
208. MÜLLER, F. (1990): Gefährdung von Großvögeln durch Hochspannungsfreileitungen und -masten in Osthessen. – Beitr. zur Naturkunde in Osthessen 26: 143-146.
209. NABU BAG STROMTOD (2002) (Bearb.: D. HAAS, G. FIEDLER, M. HANDSCHUH, M. SCHNEIDER-JACOBY & R. SCHNEIDER): Projektbericht: Untersuchung von Stromschlagproblemen bei Großvögeln in Mittel- und Osteuropa sowie Erarbeitung von Lösungsvorschlägen. Unveröff. Bericht für NABU, Bonn. 88 Seiten.
210. NEGRO, J. J., M. FERRER, C. SANTOS & S. REGIDOR (1989): Efficacia de dos metodos para prevenir electrocuciones de aves en tendidos electricos. –Ardeola 36 : 201-206.
211. O'NEIL, TH. A. (1988): An Analysis of Bird Electrocutions in Montana. - J. Raptor Res. 22 (1): 27-28.
212. OBERMAIR, G. M., L. JARASS & D. GRÖHN (1985): Hochspannungsleitungen: technische und wirtschaftliche Bewertung von Trassenführung und Verkabelung. - Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 190 Seiten.
213. OCHRANA FAUNY CESKÉ REPUBLIKY / Protection of the Fauna in the Czech Republic (Hrsg.) (s. a., ca 2002): Cena za svetlo / The price of lighting. The effect of outside electric lines on the populations of the birds or the Project of ecologization of outside electric lines in the countries of the Visegrad Group. 8 Seiten.
214. OESER, R. (1982): Totfund eines beringten Waldkauzes mit einem jungen Feldhasen im Fang. - Falke 29: 387.
215. OLENDORFF, R. R., A. D. MILLER & R. N. LEHMAN (1981): Suggested Practices for Raptor Protection on Power Lines. - The State of the Art in 1981. A report prepared in the public interest, published and distributed for the Edison Electric Institute by Raptor Research Foundation, c/o Department of Veterinary Biology, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota 55101. 110 Seiten.
216. OLM, S. (1985): Rätselhafter Tod einer Krähe. Wer hätte eine Erklärung? - Falke 32: 341. Dazu Leserzuschriften in Falke 34: 124-126.
217. OLSSON, V. (1981): Fågelskydd. SOF och el-ledningsdöden - en rapport om vidare studien och framsteg. - Vår Fågelvärld 40: 505-509 (Schwedisch).
218. OTAHAL, I. (1989): Ochrana ptaku pred nezadoucimi ucinky elektrickeho proudu na sloupech vysokeho napeti po 10 letech. – Buteo 4: 103-110 (Tschechisch mit engl. Zusammenfassung).
219. PAULOWEIT, E. (1978): Untersuchungen über die Verluste von Vögeln durch Drahtanflug und Stromschlag. - Unveröff. Zulassungsarbeit zur wissensch. Prüfung für das Lehramt an Gymnasien. Hannover, 1978. 151 Seiten.
220. PEHLKE, G. (1968): Fischadler auf "eisernen Bäumen". - Falke 15: 26-27.
221. PERRINS, C. M., & J. SEARS (1991): Collisions with overhead wires as a cause of mortality in Mute Swans *Cygnus olor*. - Wildfowl 42: 5-11.

222. PIESKER, O. (1967): Zum Horstbauverhalten von Weiß-Störchen. - Falke 14: 206-207.
223. PLATH, L. (1981): Ungewöhnliche Storchenunfälle? - Falke 28: 26-27.
224. PRO NATURA - PTPP (s. a.): Program ochrony bociana białego i jego siedlisk. - Wrocław (Polnisch).
225. PROKOPENKO, S. P. (1990): Zum Brüten des Sakerfalken auf Masten von Überlandleitungen in der Ukraine. - Falke 37: 125.
226. RAUE, M. (1970): Rabenkrähe nistet auf Hochspannungsmast. - Falke 17: 319.
227. REE, Red Eléctrica de España, S. A. (Hrsg.) (1993): Señalización de líneas de alta tensión para la protección de la avifauna. - REE, Madrid. 58 Seiten (Spanisch/Englisch).
228. REICHERTZ, E., & N. WINKLER (1990): Vogelschutz an Freileitungen. - Allgemeine Forst Zeitschrift AFZ 19: I - IV.
229. REINSCH, A. (1979): Weißstorchverluste durch Stromtod. - Vogelschutz (LBV) 1: 4-5.
230. REITER, R. (1994): Vogelschutz unter Hochspannung - ein Gespräch mit dem Vogelschutzbeauftragten der VSE, Dipl.-Ing. Theo Rink. - Naturschutz im Saarland: 7.
231. RENSSSEN, T. A. (1977): Vogels onder hoogspanning. - Reeks Natuur en Milieu 10: 1-48 (Niederländisch).
232. RICHARZ, K. (1999): Minimierung des Vogelschlagrisikos - neuester Stand. - Flieg und Flatter 5/Okttober 1999: 5.
233. RICHARZ, K., & M. HORMANN (1997): Wie kann das Vogelschlagrisiko an Freileitungen eingeschätzt und minimiert werden? - Entwurf eines Forderungskatalogs für den Naturschutzvollzug. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 263-271.
234. RIEGEL, M., & W. WINKEL (1971): Über Todesursachen beim Weißstorch (*Ciconia ciconia*) an Hand von Ringfunden. - Vogelwarte 26: 128-135.
235. ROBEL, D., & D. RUHLE (1996): Brut des Seeadlers (*Haliaeetus albicilla*) auf Hochspannungsmast in Südbrandenburg. - Otis 4: 169-170.
236. RÖMER, U. (1986): Vogelverluste an Hochspannungsleitungen im Kreis Soest/Westfalen. - Charadrius 22: 133-139.
237. ROIG SOLES, J. (1992): Accidents connus avec des ouvrages électriques en Espagne / Accidentes conocidos con instalaciones eléctricas en España. - In: MERIAUX, J.-L., et al.: Les cigognes d'Europe. Institut Européen d'Ecologie, Metz: 315-322.
238. ROOYEN, C. S. VAN (1996): Towards an Integrated Management System for the Management of Wildlife Interactions with Electricity Structures. - Abstracts of the 2nd Int. Conf. On Raptors: 9. Raptor Research Foundation, University of Urbino.
239. SCHENK, H. (1944-47): Leitungsdrähte und Zugvögel. - Aquila 51-54: 200.
240. SCHICKER, J. (1997): Experimentelle Untersuchung zur Verweildauer von Vogelkadavern unter Hochspannungsfreileitungen. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 147-155.
241. SCHIERER, A.: (1987): Lignes électriques et cigognes. - Centre Régional de Baguage d'oiseaux, Strasbourg. AS 05/87. Vervielfältigtes Manuskript, 8 Seiten.
242. SCHIERER, A. (1992): Accidents connus avec les ouvrages électriques en France / Bekannte Unfälle mit elektrischen Anlagen in Frankreich. - In: MERIAUX, J.-L., et al.: Les cigognes d'Europe. Institut Européen d'Ecologie, Metz: 323-326.
243. SCHMIDT, E. (1973): Ökologische Auswirkungen von elektrischen Leitungen und Masten, sowie deren Accessorien auf die Vögel. Beitr. z. Vogelkunde 19: 342-362.
244. SCHNEIDER, H. (1992): 11 tote Großvögel: Stromschlagopfer einer Mittelspannungsfreileitung als Ergebnis täglicher Kontrollfahrten während der Monate August bis September 1986. - Orn. Jh. Bad.-Württ. 5: 101-107.
245. SCHNEIDER, H. (1996): Diskussionspapier zum Stromtod von Vögeln entlang elektrifizierter Strecken der Deutschen Bahn AG. - Unveröff.
246. SCHNEIDER, H. (1998): ...auf dem Weg in den Stromtod! Beil. zur Pressemappe anlässlich Preisverleihung an BAG Stromtod durch Karl Kaus Stiftung. 9 Seiten.
247. SCHNEIDER, H., & G. THIELCKE (1998): Vogelverträgliche Freileitungen. - Karl Kaus Stiftung, Radolfzell.

248. SCHULZ, F. (2000, aktualisiert 2001): Nachgewiesene Unfälle von Weißstörchen (*Ciconia ciconia*) an elektrotechnischen Anlagen im Landkreis Prignitz in den Jahren von 1960 bis 1999. - Unveröff. Manuskript.
249. SCHWER, A. (1995): Warentest durch Uhu & Co. Ein Jahrzehnt Zusammenarbeit von RWE Energie und Naturschutzverbänden zum Erhalt der heimischen Vogelwelt. - Eulen-Rundblick 42/43: 24-27.
250. SCHWESINGER, K. (1996): Elektrotechnische Anlagen der Energieversorgung im Verhältnis zum Artenschutz. - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): Jubiläumsband Weißstorch. 3. Tagungsband des Storchenhofes Loburg: 124-125, Abb. S. 110.
251. SCOTT, R. E., L. J. ROBERTS & C. J. CADBURY (1972): Bird Deaths from Power Lines at Dungeness. - Brit. Birds 65: 273-286.
252. SIMON, B. (1977): Türkentaube auf Leitungsmast. - Falke 24: 320.
253. SILNY, J. (1997): Die Fauna in den elektromagnetischen Feldern des Alltags. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 29-40.
254. SKOV, H. (1987): Storke og eldøden. - Fugle 3: 16 (Dänisch).
255. SKOV, H. (1992): Les causes de mortalité des Cigognes blanches au Danemark / Todesursachen beim Weißstorch *Ciconia ciconia* in Dänemark 1975-1991. - In: MERIAUX, J.-L., et al.: Les cigognes d'Europe. Institut Européen d'Ecologie, Metz: 279-281.
256. SOSSINKA, R., & H. BALLASUS (1997): Verhaltensökologische Betrachtungen von Effekten der Industrielandschaft auf freilebende Vögel unter besonderer Berücksichtigung von Freileitungen. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 19-27.
257. STAHLACKER, D. W. (1978): Effects of a new Transmission Line on Wintering Prairie Raptors. - Condor 80: 444-446.
258. STEFFNY, G. (1997): System zur automatischen Erkennung durchfliegender Vögel im Videobild einer Kamera und deren Dokumentation als digitales Video auf der Festplatte eines Personal Computers. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 279-284.
259. STEGEMANN, K.-D. (1971): Kolkkrabenbrut auf einem Hochspannungsmast in der Friedländer Großen Wiese. - Falke 18: 62-63.
260. STOLT, B.-O., et al. (1986): Luftledningnar och fågeldöd / Transmission Lines and Bird Mortality. - Naturhistoriska riksmuseet, Ringmärkningscentralen, Stockholm. 69 Seiten (Schwedisch).
261. STRATE, W. (2000): Verunglückt. - Die Pirsch 26/2000: 34.
262. TESCHNER, S., C. KAHLE & T. KAHLE (2001): Einflüsse von Freileitungen und Strommasten auf die Vogelwelt in Sachsen - Versuch einer Auswertung von 36 Jahren. Ringfundmitteilung der Beringungszentrale Hiddensee Nr. 21/2001. Unveröff. Manuskript.
263. THINGSTAD, P. G. (1988 a): Hakkespetter som problem for elforsyningen. - Vår Fuglefauna 11: 21-28 (Norwegisch).
264. THINGSTAD, P. G. (1988 b): Fugler og elektriske overslag (electrocution). - Vår Fuglefauna 11: 35-37 (Norwegisch).
265. UNGARISCHES ELEKTROTECHNISCHES MUSEUM (Hrsg.) (1991): Storchschutz auf den elektrischen Netzen. - Budapest. 30 Seiten.
266. UTHER, D., & P. SCHILDGE (1997): Berücksichtigung des Vogelschutzes bei Planung und Betrieb von Hochspannungsfreileitungen. - Vogel und Umwelt 9, Sonderheft: 259-262.
267. 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 Seiten.
268. 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 Seiten.

269. VDEW, Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V. (Hrsg.) (2001): Vogelschutz an Mittelspannungsfreileitungen. - VDEW Argumente A-02/2001. Frankfurt a. M. 13 Seiten.
270. VENTER, D. (1978): Evkom help bedreigde voels beskerm. In medewerking met Evkom se Voelnavorsingskomitee. - Megawatt 48. Johannesburg (Afrikaans).
271. VERDOORN, G. H. (1996): Mortality on Cape Griffons *Gyps coprotheres* and African Whitebacked Vultures *Pseudogyps africanus* on 88 kV and 132 kV powerlines in Western Transvaal, South Africa, and mitigation measures to prevent future problems. - Abstracts of the 2nd Int. Conf. On Raptors: 7-8. Raptor Research Foundation, University of Urbino.
272. VIERTEL, K. H. (1965): Silberglaskugel als Schutzmaßnahme gegen den Verbrennungstod von Greifvögeln auf Hochspannungsmasten. - *Emberiza* 1: 41-43.
273. VSE, Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (Hrsg.) (1997): Vogelschutz an Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV. Wegleitung zur Gestaltung von Freileitungen. Druckschrift 2.9d. Zürich. 16 Seiten.
274. WARMBIER, H., & N. WARMBIER (1987): Todesursachenforschung bei den vom Aussterben bedrohten Tierarten. - *Falke* 34: 122-123.
275. WEISSGERBER, R. (1990): Zum Stromtod von Vögeln. - *Apus* 7: 262-263.
276. WERNER, M. (2000): Minimierung des Vogelschlagrisikos am Freileitungsnetz der RWE Energie - Kooperation statt Konfrontation. - *Flieg und Flatter* 6/Juli 2000: 5-6.
277. WISCHHOF, W. (1997): Die MEAG Saalkreis unterstützt Weißstorcharbeit. - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): Tagungsband 1997, 4. und 5. Sachsen-Anhaltischer Storchentag: 86-87.
278. ZÖLLICK, H. (1975): Störche auf unseren E-Masten. - *Naturschutzarbeit in Mecklenburg* 18: 52-54.
279. ZÖLLICK, H. (1982): Vogelverluste durch die Verdrahtung der Landschaft. - *Naturschutzarbeit in Mecklenburg* 25: 106.
280. ZÖLLICK, H.-H. (1996): Nisthilfen und Schutzmaßnahmen für den Weißstorch an Elektroanlagen (E-Anlagen). - In: KAATZ, CH., & M. KAATZ (Hrsg.): Jubiläumsband Weißstorch. 3. Tagungsband des Storchenhofes Loburg: 121-124.

9. Verzeichnis nützlicher Internet-Adressen

www.usda.gov/rus/electric/engineering/2000/raptor_elec.htm

www.wcmc.org.uk/cms/cop7/list_of_docs/pdf/eu/cp7RES7_12_Electrocution.pdf

www.nabu.de/m05/m05_03/00670.html

www.usdoj.gov/opa/pr/2002/April/02_eurd_240.htm

www.dcaccess.com/~gnealon/electric.htm

www.energy.ca.gov/reports/avian_bibliography.html

<http://srfs.wc.usgs.gov/raptors.htm>

www.tucsonelectric.com/energyandyou/environment/eunenviroawarenessraptor.htm

www.ecoisp.com/oction3.asp

www.hawkwatch.org/RERP_PRESS_RELEASE.htm

www.great-lakes.net/lists/glin-announce/1999-08/msg00035.html

www.edmlink.com/raptorvideo.htm

www.ucsc.edu/currents/01-02/05-27/birds.html

www.edmlink.com/science/electrocution.htm

www.pnm.com/environment/wildlife.htm

10. Abbildungen

10.1. Kommentare zu den Abbildungen

Abb. 1: Typisches Spektrum von Stromschlagopfern aus Baden-Württemberg/Deutschland, einem Gebiet, in dem Adler als Brutvögel nicht mehr vorkommen: Weißstörche (*Ciconia ciconia*), Schwarzstorch (*Ciconia nigra*), Graureiher (*Ardea cinerea*), Rotmilan (*Milvus milvus*), Wanderfalke (*Falco peregrinus*), Uhu (*Bubo bubo*), Schleiereule (*Tyto alba*), Turmfalke (*Falco tinnunculus*) – ohne die häufigsten Stromschlagopfer: Rabenvögel und Mäusebussarde. Ein inzwischen historisches Bild von 1988 in der Vogelpflegestation D. Haas, Albstadt; denn 1992 wurde von der Landesregierung Baden-Württemberg ein Gesetz verabschiedet, nach dem innerhalb von 10 Jahren die gefährlichsten Killermasten flächendeckend entschärft sein müssen. Vor allem gefährdete Großvögel haben davon unmittelbar profitiert: der Weißstorch hat sich weiter ausgebreitet, der Schwarzstorch ist als Brutvogel nach fast hundertjähriger Pause zurückgekehrt. Auch der Uhu konnte sein Areal erweitern und geeignete Biotop im ganzen Land besiedeln. Foto: D. Haas

Abb. 2: Ein Turmfalke (*Falco tinnunculus*) hat einen Stromschlag verstümmelt überlebt: mit abgestorbenen Fängen und Flügelteilen. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 3: Nach Stromschlag auf Killermast verbrannter Weißstorch (*Ciconia ciconia*). Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 4: Star (*Sturnus vulgaris*) als Brandopfer an Killermasten mit sehr kurzen Stützisolatoren. Ungarn. Foto: U. Mades

Abb. 5: Auch das kommt vor: Mit völlig versengtem Großgefieder hat dieser Turmfalke (*Falco tinnunculus*) einen Stromschlag überlebt. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 6: Kranich (*Grus grus*), der auf dem nächtlichen Durchzug gegen eine Mittelspannungsleitung mit engen Phasenabständen prallte. Der Vogel verursachte einen Kurzschluss und verbrannte. Dabei zerbarst ein Leiterseil. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 7: Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*) als Kollisionsopfer einer Mittelspannungsleitung mit typischen tödlichen Verletzungen: Schädel-Hirn-Trauma, abgescherte Kopfhaut und aufgerissene Bauchhöhle. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 8: Purpurreiher (*Ardea purpurea*) als Kollisionsopfer. Der Vogel versuchte –nach Art der Reiher – den Anprall mit dem Schnabel noch abzufangen, geriet dabei mit dem Kopf gegen die beiden Freiluftkabel und wurde erhängt. Kroatien. Foto: K. Anka

Abb. 9: Großtrappe (*Otis tarda*), Weibchen mit legereifem Ei im Abdomen, als Kollisionsopfer unter einer Hochspannungsleitung. Die relativ günstige Einebenenordnung der stromführenden Leiter wirkt dennoch tödlich: durch zwei hoch über der Leitung angebrachte nicht markierte Nullleiter. Spanien. Foto: D. Haas

Abb. 10: Nach fünf stromtoten Rabenkrähen (*Corvus corone corone*) wurde an der Unfallstelle dieser Isolatorschaden entdeckt. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 11: Arktische Wildgänse: Ringelgänse (*Branta bernicla*) und Kurz-schnabelgänse (*Anser brachyrhynchus*) im Winterquartier meiden den unmittelbaren Leitungsbereich einer Mittelspannungsleitung als Äsplatz. Überlebensnotwendige Nahrungsflächen bleiben so ungenutzt. Dänemark. Foto: G. Fiedler

Abb. 12: Sicherer Rastplatz für ein Weißstorchpaar (*Ciconia ciconia*): auf dem Luftkabel einer direkt am Mast befestigten Freileitung. Deutschland. Foto: W. Feld

Abb. 13: Rastende Haustauben (*Columba livia domestica*) auf einer Niederspannungs-Freileitung: Die Drähte sind zur Minderung der Kollisionsgefahr in der günstigen Einebenen-Anordnung angebracht. Wegen ihres hohen elektrischen Widerstandes sind Vögel an Niederspannungs-Freileitungen kaum durch Stromschlag gefährdet – bei Mittelspannungs-Freileitungen dagegen ist die Spannung etwa um das hundertfache höher. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 14: Säugetiere werden – im Gegensatz zu Vögeln – wegen ihres geringen elektrischen Widerstandes häufig auch Opfer von Niederspannungsleitungen. In tropischen Ländern sieht man oft große Fledermäuse (Flughunde), die nach der Tötung durch Stromschlag an Niederspannungs-Freileitungen mit sehr engen Phasenabständen hängen bleiben. Gambia. Foto: D. Haas

Abb. 15: Typische Killermasten sind in weiten Teilen der Welt verbreitet. So auch im Nahen Osten, wo dieser durchziehende Weißstorch (*Ciconia ciconia*) nach Stromschlag hängen blieb. Foto: G. Fiedler

Abb. 16: Ein Killermast mit sehr kleinen Stützisolatoren in China. Foto: D. Haas

Abb. 17-21: Gefährliche Mittelspannungsmasten in Deutschland mit hängen gebliebenen Stromschlagopfern

Abb. 17: Verbrannter Mäusebussard (*Buteo buteo*) auf Metallmast mit zu kurzen Abspannisolatoren, auf denen Blitzhörner montiert sind. Die zusätzlich früher zum Vogelschutz angebrachten weißen Plastikstäbe sind offensichtlich wirkungslos; sie entsprechen nicht unserem Maßnahmenkatalog (S. 18-24). Foto: D. Haas

Abb. 18: Spannbetonmast mit kurzen Abspannisolatoren und Blitzhörnern. Die Rabenkrähe (*Corvus corone corone*) konnte von ihrem Sitzplatz aus leicht das geerdete Blitzhorn erreichen. Foto: P. Havelka

Abb. 19: Mäusebussard (*Buteo buteo*) auf Spannbetonmast mit sehr kurzen Hängeisolatoren ohne Blitzhörner. Heute sind in Deutschland viel längere Isolationsstrecken vorgeschrieben: mindestens 60 Zentimeter vom Sitzplatz aus. Foto: G. Fiedler

Abb. 20: Dieser Spannbeton-Schaltermast birgt zahlreiche Stromschlag-Risiken. Opfer ist hier ein Uhu (*Bubo bubo*) mit seiner Beute, einer Rabenkrähe (*Corvus corone corone*). Foto: D. Haas

Abb. 21: Wenn Holzmasten alt und feucht sind, isolieren sie nicht mehr hinreichend. Es kann dann leicht zum Stromschlag kommen, auch wenn – wie hier – kein Ableitedraht (ground wire) am Mast angebracht ist. Das Opfer: ein Mäusebussard (*Buteo buteo*). Foto: K. F. Gauggel

Abb. 22: Dem Staren (*Sturnus vulgaris*) wurde der sehr kleine Isolator auf dem Transformator an einer Mittelspannungs-Maststation zum Verhängnis. Dänemark. Foto: G. Fiedler

Abb. 23: Maststation (Holzmast) mit Stützisolatoren (Ventilableiter) und kurzen Phasenabständen. Das Stromschlagopfer: ein Truthahngeier (*Cathartes aura*). U.S.A. Foto: D. Haas

Abb. 24: Plastik-Uhu als untaugliche Vogelschutz-Maßnahme: Die Kaliforniermöwe (*Larus californicus*) fürchtet diesen Uhu nicht. U.S.A. Foto: D. Haas

Abb. 25a: Glück für durchziehende Weißstörche (*Ciconia ciconia*), die einen sicheren Mittelspannungsmasten zum Übernachten fanden: Spannbetonmast mit über 60 Zentimeter langen Hängeisolatoren. Alle können am nächsten Morgen unbeschadet weiterziehen. Deutschland. Foto: G. Fiedler

Abb. 25b: Weißstorch, auf relativ sicherem Metall-Mittelspannungsmast mit langen Hängeisolatoren. Die starke Bekotung des mittleren Isolators und des

Masts lassen auf häufige Nutzung dieses Rastplatzes schließen. Spanien. Foto: R. Schneider

Abb. 26: Adlerbussard (*Buteo rufinus*) auf einem sicheren Mittelspannungsmast mit langen Hängeisolatoren. Diese sichere Mastform ist in Frankreich und Nordafrika weit verbreitet. Tunesien. Foto: D. Haas

Abb. 27: Leider werden inzwischen auch in Frankreich und Nordafrika zunehmend typische Killermasten verwendet. Tunesien. Foto: D. Haas

Abb. 28: Stromschlagopfer in Nordafrika: Adlerbussard (*Buteo rufinus*) mit abgestorbenem Fang. Tunesien. Foto: D. Haas

Abb. 29: Zwei Leitungen, die denselben Zweck erfüllen: neben einer sicheren Leitung die leider inzwischen häufiger anzutreffende Variante einer Killermastleitung. Polen. Foto: D. Haas

Abb. 30: Ungünstig in Mehrebenenordnung gebauter Mittelspannungsmast: Auf dem – leicht verzichtbaren! – überragenden dünnen Nullleiter sitzt eine Rabenkrähe (*Corvus corone corone*). Die Hängeisolatoren entsprechen rechts der Norm, sind aber links zu kurz. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 31: Für Großvögel relativ sicher gebaute Fahrleitung der Bahn: Die Mastspitze überragt unter Spannung stehende Teile um mehr als 60 Zentimeter und bietet so einen sicheren Landeplatz. Die Zuleitung links am Mast hat dagegen noch ein Stromschlag-Risiko. Schweden. Foto: G. Fiedler

Abb. 32: An dieser Bahn-Oberleitung wechseln sichere mit gefährlichen Masten ab. Im Vordergrund ein sicherer Mast mit weit überragender Mastspitze. Bei den beiden gefährlichen Masten im Hintergrund wird der Sicherheitsabstand von 60 Zentimetern zu den unter Spannung stehenden Teilen unterschritten. Die als Vogelschutzmaßnahme auf beiden Seiten der Isolatoren angebrachten Plastikstäbchen sind für den Großvogelschutz wirkungslos. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 33: Zwei sicher gebaute und ein gefährlicher Bahnleitungsmast (rechts), mit zu niedriger Mastspitze. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 34: Der Nistversuch auf diesem unsicheren Bahnleitungsmasten endete für ein Weißstorchpaar tödlich: Beide Vögel kamen hier durch Stromschlag um. Deutschland. Foto: W. Feld

Abb. 35: Stromtote Glanzkrähe (*Corvus splendens*) an der Einspeisleitung eines Bahnleitungsmasten mit zu kurzem, seitlich angebrachtem Isolator. Indien. Foto: D. Haas

Abb. 36: Hochspannungsmast mit vier verschiedenen Drahtebenen („Zapfentyp“). In vertikaler Richtung wird so reichlich Luftraum durchschnitten. Am dünnen Ableitedraht sind hier wenigstens Warnkugeln für den Flugverkehr angebracht. Schweiz. Foto: U. Glutz von Blotzheim

Abb. 37: Hochspannungsmast mit Zweiebenenordnung der Leiter („Tannenbaum-Typ“). Am hoch darüber angebrachten Ableitedraht hängt eine Sturmmöwe nach Kollision, deren gebrochener Flügel um den Draht geschlagen wurde. Das Landehindernis über den Isolatoren besteht hier aus einfachen geschlossenen Drahtkonstruktionen. Sie haben ein geringeres Verletzungsrisiko für landende Vögel als die weit verbreiteten Metallbesen (s. Abb. 42). Schweden. Foto: G. Fiedler

Abb. 38: Hochspannungsmast mit günstiger Einebenenordnung der Leiterseile und wenig höher angebrachtem Ableitedraht. Vier Fischadler (*Pandion haliaetus*) übernachteten neben ihrem Horst. Dieser Masttyp wurde in der ehemaligen DDR oft gebaut. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 39: Wartungsarbeiten auf einem ostdeutschen Hochspannungsmasten. Man erkennt die Länge der Isolatoren: Auch eine Überbrückung durch den Körper großer Vögel kommt nicht zustande. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 40: In Frankreich und Nordafrika oft verwendeter Masttyp einer Hochspannungsleitung – ohne Ableitedraht! Die Leiterseile sind nahezu in Einebenenordnung aufgehängt. Der Warnanstrich macht diesen Masten für den Flugverkehr tagsüber besser sichtbar. Frankreich. Foto: D. Haas

Abb. 41: Hochspannungsleitung mit exakt in Einebenenordnung aufgehängten Leiterseilen, ohne Ableitedraht: Diese Anordnung minimiert das Kollisionsrisiko. Interessant sind hier auch die technischen Armaturen, die einen Nullleiter ersetzen. Frankreich. Foto: D. Haas

Abb. 42: Metallbesen über der Isolatorenaufhängung einer Hochspannungsleitung als Landehindernis: Er soll das Bekoten des Isolators und der Leitung durch rastende Großvögel verhindern. Die Abb. 37 zeigt dafür eine bessere Alternative! Schweiz. Foto: D. Haas

Abb. 43: Kormorane können in vertrauter Umgebung sogar die dünnen Drähte von Niederspannungsleitungen als Rastplatz nutzen, wie diese Ohrenscharben (*Phalacrocorax auritus*). Auf ihren Wanderungen kommt es aber häufig zu Kollisionen mit Drähten verschiedener Freileitungen bei und über Gewässern. U.S.A. Foto: D. Haas

Abb. 44: Am dünnen Erdseil einer Hochspannungsleitung angebrachte Spiralen mit senkrecht nach unten hängenden Kunststofflappen. In Abständen von fünf Metern angebracht, können sie Kollisionsopfer um 50 bis 85 Prozent reduzieren. Für größere Vögel – wie Schwäne – sind mindestens 40

Zentimeter lange Lappen notwendig, während für kleinere – etwa Tauben – schon Lappen mit 20 Zentimetern Länge gut wirken. Deutschland. Foto: G. Fiedler

Abb. 45: Krähen überfliegen einen günstig markierten Ableitedraht. Deutschland. Foto: G. Fiedler

Abb. 46: Die Marker sollten einfach konstruiert sein und kein Zusatzrisiko bieten. Hier blieb ein Seidenreiher (*Egretta garzetta*) beim Landeversuch auf einem mit Spiralen markierten Ableitedraht hängen. Spanien. Foto: D. Haas

Abb. 47: Eine mit runden Markern versehene Mittelspannungsleitung. Schweden. Foto: G. Fiedler

Abb. 48: Detail von Abb. 47. Schweden. Foto: G. Fiedler

Abb. 49: Diese Mittelspannungsleitung wurde mit Kugeln zur besseren Sichtbarkeit bei Tag und mit Glühbirnen über der Straße zur Sichtbarkeit bei Nacht versehen. Die Schutzvorrichtungen für den Flugverkehr dienen hier allerdings vor allem dem Schutz von Schwänen. Deutschland. Foto: G. Fiedler

Abb. 50: Ein Mangrovenreiher (*Butorides striatus*) wurde zum Kollisionsopfer am Stacheldrahtzaun einer Viehweide, der über einen Bach führt. Wenigstens über dem Wasser sollte der Stacheldraht durch Balken ersetzt werden. U.S.A. Foto: D. Haas

Abb. 51: Vergessener Stacheldrahtzaun einer ehemaligen Viehweide in einem Naturschutzgebiet. Der – inzwischen überflüssig gewordenen – Drahtumzäunung fallen weiterhin Greif- und Wiesenvögel zum Opfer: Nicht mehr benötigte Drahtanlagen aller Art sollten deshalb schleunigst beseitigt werden! Deutschland. Foto: G. Fiedler

Abb. 52: Diese Amsel (*Turdus merula*) wurde bei der Kollision mit einem dünndrahtigen Wildschutzzaun im Wald regelrecht geköpft. Solchen Zäunen fallen auch häufig bedrohte Vögel wie Raufußhühner und Waldschnepfen zum Opfer. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 53: Aufbau einer Mittelspannungsleitung mit zu engen und risikoreichen Phasenabständen: Auch die Leitungskonstrukteure vor Ort sollten wirksame Vogelschutzmaßnahmen kennen lernen und zu ihrer Anwendung verpflichtet werden. Tunesien. Foto: D. Haas

Abb. 54: Nachträgliche Montage von Vogelschutzeinrichtungen auf einem hochgradig gefährlichen Schaltermast. Deutschland. Foto: G. Fiedler

Abb. 55: Die Silberglaskugel und die Abweistäbe aus Plastik auf diesem Killermasten blieben als für den Vogelschutz montierte Armaturen wirkungslos. Erst die nach der neuen Gesetzeslage angebrachten, gut isolierenden Abdeckhauben von 1,30 Meter Länge brachten Sicherheit. Deutschland. Foto: G. Fiedler

Abb. 56: Rabenkrähe (*Corvus corone corone*) auf einem mit Abdeckhauben von 1,30 Meter Länge entschärften ehemaligen Killermasten. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 57: Ehemaliger Killermast mit Leiter in Mehrebenenordnung. Wie nun in Deutschland üblich, wurden sämtliche Stützisolatoren aller Masten der viele Kilometer langen Leitung mit gut isolierenden Abdeckhauben entschärft. Deutschland. Foto: D. Haas

Abb. 58: Durchziehende Weißstörche nächtigen auf einem ehemaligen Killermasten einer Metall-Maststation. Der zuvor hoch gefährliche Stützisolator wurde mit einer Abdeckhaube entschärft. Die Abdeckhauben sind nach neuen Erkenntnissen – wie hier – nach unten geöffnet. Dadurch lassen sich bei Blitzeinschlag Materialschäden an den Isolatoren verhindern. Deutschland. Foto: G. Fiedler

Abb. 59: Dieser ehemalige Killermast aus Metall wurde sehr solide und dauerhaft durch Umbau entschärft. Der vorher auf einem Stützisolatoren über die Mastspitze geführte mittlere Leiter wurde nach unten verlegt. Jetzt verlaufen die Leiterseile in Einebenenordnung, wodurch auch die Kollisionsgefahr verringert wurde. Deutschland. Foto: G. Fiedler

