

Vögel und Freileitungen

von Torben Ojus

1. Historische Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in Deutschland

Vor über 100 Jahren begann der Einzug der Elektrizität in den Alltag. In den 80er Jahren des neunzehnten Jahrhunderts entstanden auf kommunaler und privater Basis die ersten Stromversorgungsanlagen mit kleinen Versorgungsnetzen, die zunächst auf einzelne Städte oder Stadtteile begrenzt waren. Stromerzeugung und -verbrauch waren ausschließlich auf einzelne Beleuchtungsanlagen und die öffentliche Straßenbeleuchtung ausgerichtet. In den großen Städten beruhte die Stromerzeugung auf dem Antrieb mit Dampfkolbenmaschinen. Aber auch die Besitzer von Getreidemühlen oder Sägewerken in ländlichen Gebieten nutzten die bereits vorhandenen Wasserradantriebe für eine bessere Ausnutzung der Antriebskraft Wasser zur Stromerzeugung und schafften sich damit einen sicheren Nebenerwerb. Mit der Entwicklung der Drehstromtechnik und der Erfindung des Transformators sowie des Drehstrommotors und dessen schneller Verbreitung in der Industrie stieg der Strombedarf stark an. Die Drehstromtechnik ermöglichte es, dass elektrische Energie mit einer höheren Spannung und einem entsprechend niedrigeren Strom über weite Entfernungen mit geringen Übertragungsverlusten wirtschaftlich transportiert und beim Verbraucher auf die Verbrauchsspannung transformiert werden konnte. Die bis dahin betriebenen Einzelerzeugungsanlagen konnten den Strombedarf für die wachsende Industrie nicht mehr liefern und die Forderung nach einer Stromversorgung ohne Unterbrechungen nicht erfüllen. Dies führte zum Zusammenschluss kleinerer Stromerzeuger zu Elektrizitätsunternehmen. Nach der Jahrhundertwende entstanden außerdem die öffentlichen Zweckverbände, in denen sich Kreise und Gemeinden unter Förderung durch die Landesregierungen zusammenschlossen, um die Stromversorgung auch in größeren Regionen sicherzustellen. Diese Zusammenschlüsse bildeten in einigen Gebieten Deutschlands die Plattform für die großen Versorgungsunternehmen, die sich dann gemeinsam mit Industriegesellschaften zu gemischtlandwirtschaftlichen Landesversorgungsunternehmen entwickelten. Damit wurden die Rahmenbedingungen für den Ausbau eines leistungsstarken Versorgungsunternehmens geschaffen. Mit der ersten 110 KV-Leitung im Jahr 1912 und der ersten 220 KV-Leitung im Jahre 1923 setzte der Bau von Hochspannungsfreileitungen verstärkt ein. Durch den Zusammenschluss einer Vielzahl von Leitungsnetzen entstanden

Verbundnetze der öffentlichen Stromversorgung. Diese gewährleisteten den Kunden eine Verbesserung der Versorgungsqualität – Frequenz- und Spannungsstabilität – sowie eine größere Versorgungszuverlässigkeit durch gegenseitige Reservebereitstellung bei Kraftwerksausfällen und Störungshilfe bei Netzfehlern. Die hohe Lastdichte in den Ballungszentren und der Trend zu großen Kraftwerksblöcken führte Mitte der 50er Jahre zum Bau der ersten 380 KV-Leitung. Heute hat das 380 KV-Netz weitgehend die Aufgaben des ehemaligen 220 KV-Netzes übernommen. Das deutsche Verbundnetz ist mit den Netzen der anderen europäischen Verbundpartner verknüpft. Ursprünglich bedeutete die Trassierung einer Hochspannungsfreileitung die Erstellung der kürzest möglichen Verbindung zwischen Erzeuger und Verbraucher. In den Anfängen der Elektrifizierung war die Akzeptanz bei der Bevölkerung sehr groß. Diese Akzeptanz wurde aber im Zuge der Industrialisierung durchaus auch auf die ersten Hochspannungsfreileitungen übertragen, denn der Bau solcher Leitungen bedeutete Fortschritt, Arbeiterleichterung und zum Teil auch Wohlstand. Zu diesem Zeitpunkt spielte Umweltbewusstsein keine bedeutende Rolle. Im Laufe der Zeit, auch bedingt durch die immer größere Anzahl von Leitungen, änderten sich die Gesetzeslage, die Einstellung der Bevölkerung und auch die der Behörden.

2. Grundsätzliches zu Freileitungen

Bei den Masten unterscheidet man zwei Arten: Abspannmaste und Tragmaste. Abspannmaste haben die Zugkräfte aus beiden Richtungen aufzunehmen. Aufgrund der dadurch auftretenden höheren statischen Anforderungen müssen diese Abspannmaste zwangsläufig kräftigere Konstruktionen erhalten und treten dadurch auch erheblich stärker, schwerer und breiter in Erscheinung. Tragmaste stehen in Leitungsflucht und haben, unter Berücksichtigung der Windlasten, die Leitungslasten zu tragen, um z.B. den vorgeschriebenen Mindestbodenabstand einzuhalten (6 m für 110 KV, 6,75 m für 220 KV, 7,80 m für 380 KV). Die Anforderungen an die Berechnungen für Masten sowie die Abstandsberechnungen zwischen den stromführenden Leiterseilen und den zu überquerenden Objekten sind festgelegt in den Bestimmungen DIN VDE 0210/ 12,85 „Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Netzspannungen über 1 KV“. Im Laufe der Leitungsbau-geschichte wurden aus den unterschiedlichsten Gründen auch unterschiedliche Mastformen entwickelt. Zu Beginn des zweiten Jahrzehnts dieses Jahrhunderts wurden die ersten 110 KV-Leitungen in der Tannenbaumform gebaut (Abb.1). Später kamen das „Donau Mastbild“ (Abb.1) hinzu. Statisch, von der Ausgewogenheit des Bildes sowie von den elektrischen Eigenschaften her gesehen, ist diese Mastform die günstigste Konstruktion. In ebenen Landschaften oder entlang von Waldrändern wurden später auch Einebenenmasten gebaut (Abb.1). Hier kam insbesondere die Idee vom „Verstecken“ zum Tragen. In fast allen Raumordnungs- oder Landschaftsplanungsgesetzen steht das Gebot der

Bündelung von linienartigen Infrastruktureinrichtungen, z.B. Straßen und Hochspannungsfreileitungen.

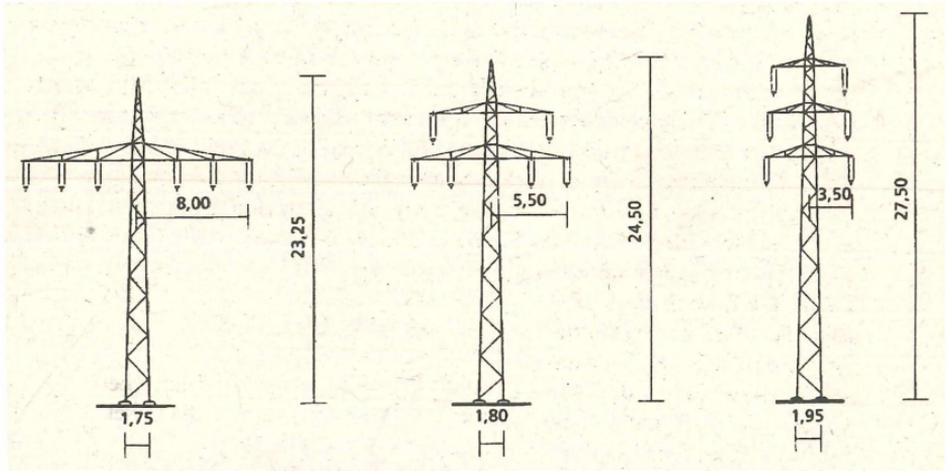


Abb.1: Typische Mastformen bei Hochspannungsleitungen: Einebenenordnung (links), Zweiebenenordnung „Donau“ (Mitte), und Tannenbaumform (rechts)

Allgemein wird gefordert, eine Leitung der Landschaft anzupassen, d.h. sie zu „verstecken“. Dies ist bei Leitungen der Spannungsebene 380 KV nur bedingt möglich. Hier ist eine möglichst geradlinige Führung oft die einzig sinnvolle Möglichkeit. Generell müssen für Hochspannungsfreileitungen sogenannte Schutzstreifen ausgewiesen werden. Dieser Schutzstreifen errechnet sich aus der größten durch Windeinfluss hervorgerufenen seitlichen Auswindung und einem, je nach Spannungsebene unterschiedlichen, Sicherheitsabstand. Aus Gründen der Zugänglichkeit der Leitung im Störfall werden Überspannungen von kompakt bebauten Siedlungsbereichen vermieden. Wenn eine Trasse durch dichtbewaldete Gebiete führt, wird zuerst die Frage geklärt, ob eine Umgehung geschlossener Waldbestände günstiger ist als eine geradlinige Führung. Bei dieser geradlinigen Führung besteht wiederum die Frage: Waldüberspannung oder Walddurchquerung? Einbußen seitens der Forstwirtschaft sind ein Entschädigungsproblem. Ob eine technisch machbare Waldüberspannung aus ökologischen und landschaftsästhetischen Gründen sinnvoll und angebracht ist, ist fraglich. Vom Landschaftsbild her ist es meist eine schlechte Lösung. Eine solche Leitung, die z.B. als 110 KV-Doppelleitung ca. 30 m hoch ist, muss bei einer Endwuchshöhe der Bäume von 35 m ca. 70 m hoch gebaut werden.

3. Die Auswirkungen auf die Vogelwelt

Mögliche Auswirkungen auf die Vogelwelt finden bei Neuplanungen von Freileitungen zunehmend Beachtung und spielen mittlerweile bei Umweltverträglichkeitsprüfungen eine entscheidende Rolle, wenn nicht *die* entscheidende Rolle (HOERSCHELMANN 1997). Ein wichtiger Grund hierfür liegt darin, dass durch eine Reihe von Untersuchungen (HEIJNIS 1980; HOERSCHELMANN 1988) in verschiedenen Gebieten nachgewiesen werden konnte, dass Freileitungen offensichtlich für erhebliche Vogelverluste verantwortlich sind. Eine Extrapolation dieser Daten auf das gesamte Freileitungsnetz etwa der alten Bundesrepublik würde zum Beispiel eine bedenkliche Größenordnung für Leitungsoffer in zweistelliger Millionhöhe pro Jahr ergeben.

Beim Weißstorch ist in Europa der Tod an Freileitungen die häufigste Todesursache, wobei neben den Altvögeln insbesondere die noch unerfahrenen Jungtiere, sowohl auf dem Zug wie auch bereits im Brutgebiet, verunglücken (FIEDLER & WISSNER 1980). BEZZEL (1982), FIEDLER & WISSNER (1980) weisen darauf hin, dass gerade die Lage der Freileitungen zwischen Brutgebieten und Nahrungsräumen große Anfluggefahren bergen. Freileitungen führen außer zu Schäden

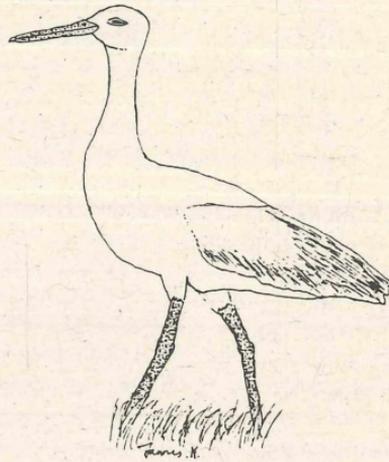


Abb. 2: Weißstorch

durch Kollision und Stromschlag zu einer Verringerung des effektiven Lebensraumes.

Wirkungen elektrischer und magnetischer Feldkomponenten, Auswirkungen von elektrischen Freileitungen auf Vögel in durchschnittlich strukturierten Kulturlandschaften, auf Zug- und Rastvögel sowie auf Brutvögel

Die Hochspannungsfreileitungen erzeugen an ihrer Oberfläche und in ihrer Umgebung starke, elektrische und magnetische Felder. Direkt auf der Oberfläche der Bündelleiter können Feldstärken bis zu 1500 KV/m und magnetische Flussdichten von bis zu 8 mT entstehen. Die Feldstärken beider Komponenten nehmen mit der Entfernung vom Bündelleitersystem stark ab.

Auf der Grundlage des heutigen Wissenstandes kann davon ausgegangen werden, dass die hier in Betracht kommende magnetische Wechselfeldkomponente keine nennenswerte Wirkung auf den Organismus der Vögel verursachen kann. Die starken elektrischen Wechselfelder direkt auf den Leitern können bei Tieren zur Vibration des Haarschaftes und des Federkleides oder durch die begleitenden Ströme zur Reizung der Sinnesrezeptoren in spitzen Körperpartien oder im Bereich der Füße führen.

Diese Effekte sind reversibel und stellen keine Bedrohung für die Tiere dar. Sie können vielmehr als eine spezifische Beeinträchtigung des Wohlbefindens der Tiere eingestuft werden.

Studien in der freien Natur sowie Untersuchungen unter Laborbedingungen bestätigen derartige Wirkungen in starken, elektrischen Wechselfeldern, die nur im Bereich der Bündelleiter der Hochspannungsfreileitungen vorkommen. Außerhalb dieses Bereiches liegen die elektrischen Feldstärken unterhalb von 10KV/m. Unter solchen Bedingungen wurden in experimentellen Untersuchungen keine Einflüsse auf Vögel beobachtet. Auf der Grundlage des heutigen Wissenstandes sind außerhalb dieses Bereiches auch keine Effekte zu erwarten (SILNY, 1997). Über die direkte Schädigung von Vögeln durch Freileitungen liegen viele und gute Dokumentationen vor. Erhebliche Verletzungen, meist Todesfälle, ereignen sich durch Kollisionen oder Stromschlag (HEIJNIS, 1980; HOERSCHELMANN, 1997). Da auch in Publikationen häufig nicht sauber zwischen beiden Ursachen getrennt wird, sollen an dieser Stelle die Unterschiede zwischen Stromschlag und Leitungsanflug aufgezeigt werden:

Stromschlag entsteht durch Überbrückung von Spannungspotentialen, entweder als Erdschluss zwischen spannungsführenden Leitern und geerdeten Bauteilen (auch über Kriechstrom) oder als Kurzschluss zwischen Leiterseilen verschiedener Spannung. Gefahr besteht fast ausschließlich an Mittelspannungsfreileitungen (1 bis 60 KV) durch die Kombination von tödlicher Spannung und relativ kleinen Isolationsstrecken, die von vielen Vögeln leicht überbrückt werden können (5 bis 30 cm). Besonders häufig ist der Erdschluss, der den Vogel entweder sofort tötet, ihn schwer verletzt oder aber nur kurzfristig Muskelkrämpfe und in der Folge Absturz mit mehr oder weniger schweren Verletzungen verursacht. Bei höheren Spannungen (110 bis 380 KV) ist der Abstand zwischen Leiterseilen und Mast bzw. zwischen den Seilen in der Regel zu groß für eine Überbrückung. Greifvögel, die über den Leiterseilen in den Traversen sitzen, können allerdings mit dem geschlossenen Kotstrahl Leiterseile treffen und dadurch einen Erdschluss einleiten. Niederspannungsleitungen (< 1 KV) haben zwar nur kleine Isolatoren und Leiterabstände, stellen jedoch wegen der geringen Spannung kaum eine Gefahr für Vögel dar.

Leitungsanflug kann prinzipiell gegen jede Art von Freileitungen erfolgen, da diese optisch völlig unnatürliche Strukturen ohne Bezug zu einem zentralen Element darstellen; die Entfernung kann durch den Vogel durch binokulares Sehen schwer abgeschätzt werden. Der Anflug kann mit einer Überbrückung von

Leiteseilen verschiedener Spannung, und somit einem Kurzschluss einhergehen. Entsprechend der konkreten Ursache des jeweiligen Unglücksfalls unterscheiden sich das Fundschema und das Schadbild am Tierkörper, sie werden in Tabelle 1. dargestellt.

Tabelle 1: Merkmale zur Differenzierung von Strom- und Anflugopfern in Anlehnung an ANONYM (1980) und HAAS (1993) aus LANGEMACH (1997)

	Stromschlag	Anflug
Vorherrschende Verletzungen	Wirbelsäulenfrakturen, meist im Rücken- und Lendenbereich, oft innere Verletzungen	Schwere Frakturen, Rupturen und Prellungen, vor allem an Kopf und Extremitäten
Haut- und Gefiederschäden	Strommarken (Stromein- und Austrittsstelle), oft sehr unauffällig und schwer zu finden (Opfer wirken häufig äußerlich unversehrt).	Mechanische Schäden an Haut und Gefieder
Allgemeinzustand	Meist tot, bei Überlebenden traumatischer Schock, später Allgemeinschäden durch ausgedehnte Nekrosen*	Meist nicht sofort tot, Schock, lokale Schäden durch schwere Verletzungen
Folgeschäden bei Überlebenden	Große, oft vollständige Nekrosen an den stromdurchflossenen Gliedmaßen, Fliegenmadenbefall.	Nekrosen im allgemeinen im Bereich der Verletzung, Infektionen
Fundort	In der Regel am Mastfuß	Breiter Bereich unter und neben der Leitung, meist abseits von Masten, Vögel entfernen sich von der Unfallstelle

*Nekrosen: Absterben von Gewebe

Problematisch ist oft die Zuordnung von Leitungsoffern an Bahnleitungen, da hier neben Stromschlag und Anflug die Kollision mit Zügen als ein drittes Risiko abzugrenzen ist (LANGEMACH, 1997). Greifvögel und Eulen unterliegen einer relativ geringen Gefährdung durch Anflug und sterben weit häufiger durch Stromschlag. Da der Bereich des binokularen Sehens bei Taggreifvögeln größer ist als etwa bei Entenvögeln oder Limikolen, können sie selbst Leitungen relativ gut orten. Offensichtlich können Eulen trotz nächtlicher Aktivität Leitungen besser wahrnehmen als andere Vögel, haben sie doch von allen Arten den größten Bereich binokularen Sehens.

Beim Weißstorch geben FIEDLER & WISSNER (1989) für Europa den Anteil der Freileitungsofper mit 70% des Gesamtverlustgeschehens an, wobei Leitungsverluste im Durchzugs- und Überwinterungsgebiet noch hinzukommen. Die Masse der Leitungsofper stirbt an der Stromwirkung, ein geringerer Teil an Drahtanflug.

Besonders gefährlich ist die Phase nach dem Ausfliegen der Jungvögel sowie die sich anschließende Zeit des Sammelns vor dem Abflug. In diesem kurzen Zeitabschnitt sind Unfälle am häufigsten, wobei meist Jungvögel verunglücken. Oft sind mehrere Tiere auf einmal betroffen oder es kommt gar zu Massenunfällen an Sammelplätzen. Problematisch dabei ist, dass sich die Tiere in jedem Jahr an anderen Stellen sammeln, so dass gezieltes Entschärfen besonders gefährlicher Bereiche kaum möglich ist (LANGGEMACH, 1997).

Bei Großtrappe und Kranich entstehen Leitungsverluste nur durch Anflug, der jedoch mit einem Kurzschluss einhergehen kann. Dabei stellt die Großtrappe eine Art dar, bei der zumindestens regional ein ursächlicher Zusammenhang dieser Verluste mit dem Rückgang erkennbar ist (LANGGEMACH, 1997).

Da die gefundenen Werte über Freileitungsoffer aus Untersuchungen (HEIJNIS, 1980; HOERSCHELMANN, 1988) teilweise eine beträchtliche Größenordnung darstellen, stellt sich die wichtige Frage, ob die ermittelten Zahlen tatsächlich als repräsentativ für einen beliebigen Freileitungskilometer in Mitteleuropa gelten können. Denn die Untersuchungen wurden meist

in Gebieten durchgeführt, die natürlicherweise ein hohes Gefährdungspotential aufweisen (etwa in Küstennähe, Binnenfeuchtgebiete oder Wasserflächen), weil sie stark von Zug- und Rastvögeln frequentiert werden. Im Rahmen einer Untersuchung (Auswirkungen von elektrischen Freileitungen auf Vögel in durchschnittlich

strukturierten Kulturlandschaften, siehe Literatur) wurde erstmals versucht, durch eine quantitative Totalerfassung der Vogelwelt im Umfeld von elektrischen Freileitungen in Kulturlandschaften die Beeinträchtigung von Vögeln durch Trassen abzuschätzen. Im Vergleich zu anderen Untersuchungen, die diese Problematik betreffen (HEIJNIS, 1976; HOERSCHELMANN, 1988) wurden hier wesentlich weniger Totfunde registriert. Während sich in den anderen Publikationen Opferzahlen von mehreren Hundert pro Jahr und Leitungskilometer ergaben, war der Wert mit 6,3 Vögeln pro Jahr und Leitungskilometer im Durchschnitt der untersuchten Trassenabschnitte wesentlich geringer.

Die Hauptursache für diese gravierenden Unterschiede dürfte in der Gebietsstruktur und deren Bedeutung als Lebensraum für Vögel liegen. So fanden die anderen Untersuchungen in avifaunistisch äußerst bedeutenden und auch für den Vogelzug herausragenden Gebieten statt, die standortbedingt ein sehr hohes

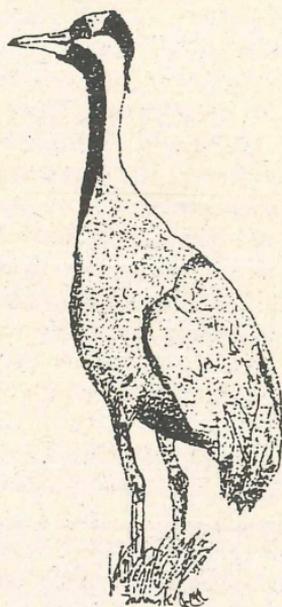


Abb. 3: Kranich

Gefährdungspotential aufwiesen. In den durchschnittlich strukturierten Flächen, die im Rahmen der Arbeit untersucht wurden, scheint das Gefährdungspotential scheinbar deutlich geringer zu sein. Da alle dort dokumentierten Todesfälle aus einem der vier Untersuchungsgebiete kommen, ergab sich auch für diesen durchschnittlich strukturierten Binnenlandstandort mit hochgerechneten 156 Leitungsoffern pro Jahr und Trassenkilometer ein Wert, der im Bereich der Werte in den anderen Untersuchungen liegt. Die Zahl ist jedoch nur eingeschränkt verwendbar. Erstens waren in einzelnen Gebieten die Untersuchungszeiträume mit je 21 Tagen nur sehr kurz für Aussagen in dieser Hinsicht. Zweitens fanden zwei der drei Untersuchungsintervalle in Zugzeiten statt, und die im Vergleich zu den anderen Untersuchungsflächen höhere Opferzahl hängt wahrscheinlich auch hier mit der avifaunistischen Bedeutung des Bereiches für den Vogelzug zusammen. Ein interessanter Aspekt der Untersuchung war der Vergleich der Nahreaktionen mit dem zugeordneten Status der jeweiligen Individuen. Zugvögel waren überdurchschnittlich betroffen; bei den besonders auffälligen, kritischen Nahreaktionen war ihr Anteil noch einmal erhöht. Im Durchschnitt zeigte zu den Zugzeiten mehr als jeder fünfte Zugvogel eine Flugreaktion auf die Stromtrasse, während in diesen Zeiträumen im Schnitt nur jeder zwölfte Standvogel betroffen war. Im Gegensatz zu vielen Brutvogelarten, die sich langfristig an Veränderungen in ihrem Lebensraum gewöhnen können, ist dies Rastvögeln meist nicht möglich, da sie in der Regel nur kurz in den Gebieten verweilen. Daraus ließe sich folgern, dass sich das Gefährdungspotential einer Freileitung erheblich steigert, wenn diese in einem Bereich vorkommt, welcher von Zugvögeln frequentiert wird. Deutliche Hinweise auf den Faktor Vogelzug fand auch HEIJNIS (1980). Er konnte zeigen, dass im Fall des Bläßhuhns in den Zugzeiten die meisten Opfer auftraten. HEIJNIS (1980) berichtete auch, dass allein die Ausrichtung einer Trasse quer zur allgemeinen Zugrichtung die Zahl der Leitungsoffer erheblich steigert. Die Befunde von LÖSEKRUG (1997) zeigen ebenfalls eine deutliche Konzentration von Unfällen bei Stromleitungen, welche die Zugwege der Vögel kreuzen. Dies sind im besonderen Meerengen, Flusstäler und Täler zwischen Berg Rücken. Leitungen in Rast- und Überwinterungsgebieten haben ebenfalls ein höheres Gefährdungspotential. An derartig bedeutsamen Zugstraßen von Vögeln kommt es zu weit überdurchschnittlichen Verlusten von Entenvögeln und Limikolen. Da diese Vögel Lebensräume ohne starke vertikale Gliederung besiedeln, sind sie gegenüber Hindernissen im freien Luftraum besonders unfallgefährdet (HEIJNIS, 1980). Die hohe „Reisegeschwindigkeit“ vieler ziehender Wasservögel in Verbindung mit ihrer Kurzschwanzigkeit (geringe Wendigkeit) machen Kollisionen mit Freileitungen noch wahrscheinlicher. Vogelarten wie die arktischen Wildgänse, die an die weitgehend natürlichen, polaren Nahrungsgegebenheiten und Landschaftstrukturen angepasst sind, werden von der allgegenwärtigen Zerstörung natürlicher Lebensräume auf ihren Zugrouten betroffen. Einen wesentlichen Faktor von Störung und individueller Gefährdung stellen große, bauliche Einheiten, wie die

Hochspannungsfreileitungen in Zug- und Überwinterungsgebieten für Zugvögel dar.

Zusammenfassend scheint die Zahl der Todesfälle unter einer Freileitung deutlich im direkten Zusammenhang mit der Nutzung eines Bereiches durch Vögel als Zugkorridor zu stehen. Ein besonders hohes Gefährdungspotential liegt in der Nacht bzw. bei schlechten Sichtbedingungen vor. Vogelarten, die zu den Nachtstunden ziehen, scheinen demnach grundsätzlich die Gruppe mit der höchsten Gefährdung darzustellen (BERNSHAUSEN, STREIN & SAWITZKY). Nachdem in Untersuchungen zur Vogelschlagproblematik an Freileitungen richtigerweise auf das höhere Gefährdungsrisiko von Zugvögeln und hier von bei Nacht oder bei ungünstigen äußeren Bedingungen ziehenden Arten verwiesen wird, haben viele Gutachter und Vollzugsbehörden bei einer Trassenbeurteilung das Phänomen „Vogelzug“ vor Augen und verwenden häufig Vogelzugfrequenzen als Beurteilungsmaßstab. RICHARZ (1997) findet diese Vorgehensweise problematisch, da BECKER et al. (1997) aufgrund langjähriger Radarvogelzugbeobachtungen feststellten, dass an den Hauptzugtagen der großräumige Vogelzug über ganz Deutschland in breiter Front verläuft. BECKER (1997) stellte ebenfalls nach umfangreichen Radarüberwachungen des Nachtzuges in Süddeutschland fest, dass markante Leitlinien von Zugvögeln zur Driftverminderung genutzt werden. Damit sind Leitlinien keine geographischen Ausformungen zur Entwicklung eines Massenzugweges, sondern Strukturen, an denen sich bei bestimmten Windverhältnissen Massenzug entwickeln kann. JELLMANN (1989) fand bei Radarbeobachtungen in Norddeutschland für den Tageszug im Frühjahr eine mittlere Höhe von 600 m, für den Nachtzug von 900 m. Die stärksten Zugintensitäten werden bei schwachgradientigen Hochdrucklagen und leichtem Rückenwind erreicht. Die Flughöhe der Vögel liegt dann außerhalb der visuellen Erfassungsmöglichkeiten. Aufgrund dieser Ergebnisse schließt RICHARZ (1997), dass sich das großräumige Vogelzuggeschehen örtlich nicht festmachen lässt und sich in aller Regel in weit über den von Freileitungen erreichten Höhen abspielt. Demzufolge kann das beobachtete und beobachtbare Vogelzuggeschehen über einem Gebiet nicht unmittelbar als Maß für die Risikobewertung einer Freileitung herangezogen werden.

Als wirkliche Unfallschwerpunkte sieht HOERSCHELMANN (1997) die Stellen mit starker Massierung von Gast- und Zugvögeln. Außerhalb der küstennahen Niederungsgebiete kann es zu ähnlich hohen Verlusten an „Brennpunkten“ des Vogelzuges kommen, wobei die Gefahrenschwerpunkte nach HOERSCHELMANN (1997) noch enger räumlich begrenzt sind und sich hauptsächlich auf die Überspannung von Feuchtgebieten und Gewässern beschränken. Ähnlich unfallträchtig werden von HOERSCHELMANN (1997) Gebirgspässe eingeschätzt. Er kalkuliert ebenfalls, dass an Leitungen in „normalen“ europäischen Kulturlandschaften ohne besondere Attraktivität für größere Vogelansammlungen die Zahl der Vogelopfer zumindest um das zehnfache geringer anzusehen ist, als in den vogelreichen Niederungsgebieten. Neben den räumlich begrenzten Brennpunkten sind auch Witte-

zungseinflüsse zu berücksichtigen. Starker Wind kann Vögel zu relativ niedrigem Zug über den Boden in leitungsrelevanten Höhen veranlassen. Auch die durch schlechtes Wetter verursachten Zugstaus können zu begrenzten Massenansammlungen von Vögeln und dann erhöhten Unfallrisiken an Leitungen führen (LÖSEKRUG, 1997).

Für den gesamten Vogelzug bzw. das gesamte Zugeschehen stellen somit Freileitungen nicht automatisch ein erhöhtes Risiko dar. Sie werden vielmehr in bestimmten Problemgebieten vor allem für durchziehende und-rastende Vögel zur Gefahr. Darüber hinaus können zeitlich begrenzte Gefahrenpunkte durch Freileitungen entstehen, wenn besondere Witterungsverhältnisse ziehende Arten zum Niedrigfliegen und zum Landen vor allem in Massenansammlungen veranlassen (RICHARZ, 1997). Bezüglich der Betroffenheit von Vogelarten und Gruppen gibt RICHARZ (1997) einen Vergleich der verschiedenen Untersuchungen (siehe Tab.2).

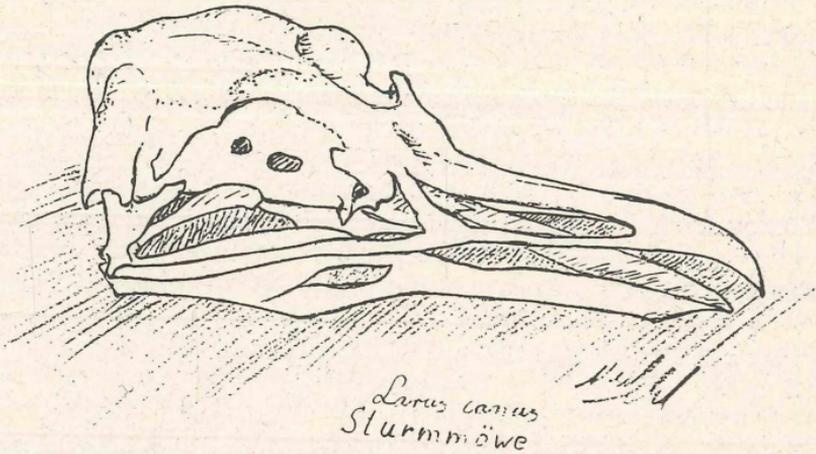


Abb 4: Schädel der Sturmmöwe

Tabelle 2: Rangfolge der Vogelverluste im Vergleich (von oben nach unten abnehmend) Leitungsbereiche mit hohen Vogelverlusten (200-700 Opfer) und Leitungsbereiche mit geringen Vogelverlusten – „Durchschnittliche Kulturlandschaften des Binnenlandes“, aus RICHARZ (1997).

1) Leitungsbereiche mit hohen Vogelverlusten

Küstennah				Binnenland	
Küste von Kent, England (SKOTT et al., 1972)	Teilweise sumpfige Feuchtwiesen, Niederlande (HEIJNIS, 1980)	Grünland-Biotope, Niederlande (RENSEN, 1977)	Haselderfer Marsch, Elbtalaue (HOERSCHELMANN et al., 1980)	Talsperre, Thüringen (GROSSE et al., 1980)	Feucht-Biotop Hessen (KLIEBE, 1997)
Stare Drosseln Möwen Rohrsänger Grasmücken Laubsänger Tauben Rallen	Limikolen Enten Rallen Möwen Drosseln nächtlich ziehende Singvögel, Stare	Limikolen Tauben Stare Enten Drosseln Möwen Rallen	Limikolen Tauben Drosseln Enten nächtlich ziehende Singvögel Stare Möwen	Enten Lachmöwen Rallen Taucher Graureiher	Enten Rallen Limikolen Taucher Komoran/ Lachmöwe/ Star (je 1x)

2) Leitungsbereiche mit geringen Vogelverlusten – „Durchschnittliche Kulturlandschaften des Binnenlandes“.

Lüneburg Krümmel Niedersachsen (PIPER, 1992)	Biedenkopf, Hessen (HOERSCHELMANN, 1993)	Biedenkopf, Hessen (HOERSCHELMANN, 1997)	Lich, Hessen (BERNSHAUSEN et al., 1997)	Baden-Württemberg (HAVEKA & GÖRZE, 1997)	Limburg, Hessen (FRIEDRICH, 1997)
Tauben Drosseln Graureiher Mäusebussard/ Rabenkrähe (je 1x)	Ringeltauben Rabenkrähen Kleine Singvögel Mäusebussard/ Rebhuhn/ Drossel (je 1x)	Rabenkrähen Ringeltauben Mäusebussard/ Walдохreule/ Kohlmeise/ (je 1x)	Stare kleine Singvögel Saatgans/ Fasan/ Ringeltaube/ (je 1x)	Rabenkrähen Drosseln 2x Turmfalken 2x Grünfinken 2x Schleiereule/ Ringeltaube/ Buntspecht/ Mehlschwalbe/ Buchfink/ (je 1x)	Ringeltauben Drosseln 2x Kleinvögel 2x Rabenkrähe 1x

Bei den küstennahen Gebieten mit hohen Vogelverlusten an den Leitungen dominieren Feuchtgebietsarten wie Limikolen und Entenvögel vor häufigen Offenlandbewohnern (Tauben, Stare und Drossel; Ausnahme: Küste bei Kent mit hoher Zugdichte von Singvögeln). Auch an den binnenländischen Brennpunkten haben wasser- bzw. feuchtgebietsgebundene Arten wie Entenvögel, Rallen und

Limikolen die höchsten Verluste. In Leitungsbereichen des Binnenlandes mit geringen Vogelverlusten sind Tauben, Krähen und Drosseln als häufigste Vögel der Agrarlandschaft bevorzugt betroffen.

KREUTZER (1997) konnte im Rahmen einer Untersuchung von überwinterten, arktischen Gänsen im Bereich von Hochspannungsleitungen eine signifikante Änderung der Nutzung (Nahrungsaufnahme) im Nahbereich bis 400 Meter feststellen. Im Mittel wird der gesamte Trassenbereich weniger genutzt als nicht von Trassen durchzogene Bereiche. Dies gilt für den kleinräumigen Bezug innerhalb des Transsektes genauso wie für den großräumigen Bezug im Vergleich zu störungsarmen Kontrollflächen. Doch konnte KREUTZER (1997) ebenfalls beobachten, dass sich Gänse durchaus bevorzugt unter Freileitungen aufhalten. So konnten sie in großer Dichte sogar auf der kleinen Wiesenfläche innerhalb eines Mastes nachgewiesen oder beispielhafte Aufenthalte von mehreren Stunden unterhalb der Leitung festgestellt werden. Zudem finden während der Weidetätigkeit gelegentlich „Unterflüge“ der Leitungen statt, um in neue Äsungsbereiche zu gelangen. Aus diesen Betrachtungen lässt sich schließen, dass die Gänse zwar beim Anflug die Leitungen meiden, während der Nahrungsaufnahme diese aber nicht als Hindernis oder Bedrohung wahrnehmen. Die Leitung bedeutet für die arktischen Wildgänse einen Verlust von potentiellen nutzbaren, überlebensnotwendigen Weideplätzen im mitteleuropäischen Winterquartier.

BALLASUS & SOSSINKA (1997) konnten deutliche Unterschiede zwischen leitungsnahe und leitungsfernen Gänsen beim Sichern (signifikant häufiger an der Leitung) und Ruhen und Putzen (signifikant seltener an der Leitung) feststellen. Diese Unterschiede, die eine Verringerung des Komfort-Verhaltens (Ruhen und Putzen) anzeigen, sind als Minderung der Qualität des Lebensraumes zu interpretieren (BALLASUS & SOSSINKA). Bei den Überflügen stellen die Hochspannungsleitungen keinen bestandsgefährdenden Faktor dar, jedoch kann schon aus der Anzahl zufällig gefundener Opfer auf eine erhebliche individuelle Gefährdung der Wildgänse geschlossen werden (KREUTZER, 1997).

HEIJNIS (1980) stellte in den Niederlanden fest, dass Wiesenvögel mit Ausnahme des Austernfischers (*Haematopus ostralegus*) den Leitungsbereich von Hochspannungsleitungen in einem beiderseitigen Abstand von etwa 100 m als Brutgebiet meiden. Dieser Aussage stehen jedoch zahlreiche Beobachtungen anderer Autoren entgegen, bei denen Kiebitze (*Vanellus vanellus*), Bekassinen (*Gallinago gallinago*) und Uferschnepfen (*Limosa limosa*) im unmittelbaren Leitungsbereich balzend und brütend angetroffen wurden (ALTEMÜLLER in PABST, 1996; SCHOPPENHORST, 1989). ALTEMÜLLER (1997) überprüfte die Ergebnisse HEIJNIS (1980) und ihre Übertragbarkeit auf die heutigen Verhältnisse in Deutschland. Er beschränkte sich dabei auf die Arten Kiebitz (*Vanellus vanellus*), Großer Brachvogel (*Numenius arquata*) und Feldlerche (*Alauda arvensis*), da übrige typische Wiesenvogelarten in den Untersuchungsgebieten in zu geringer Dichte vorkommen. Beim großen Brachvogel konnte ALTEMÜLLER (1997) keine Meidung der

Leitungstrasse feststellen. Die Bereiche unter der Leitung wurden sowohl zu Scheinkämpfen für die Revierabgrenzung als auch zur Nahrungssuche genutzt. Für die Feldlerche wurde eine signifikante Bevorzugung der leitungsfernen Bereiche nachgewiesen. Werden bei den Kiebitzen nur die Exemplare beachtet, die sich am Boden aufhielten, ergibt sich kein bedeutender Unterschied zwischen der Nutzung der Flächen unter der Leitung (d.h. im 100 m Bereich links und rechts der Leitung) und außerhalb dieses Bereichs. Auch wenn man die vom Kiebitz überflogenen Parzellen in die Analyse einbezieht, ergibt sich keine signifikante Bevorzugung der leitungsferneren Bereiche. Zusammenfassend konnte also nur bei der Feldlerche eine deutliche Meidung des Trassenbereichs festgestellt werden, während sich Kiebitz und Großer Brachvogel völlig indifferent verhielten.

ALTEMÜLLER (1997) vermutet, dass die unterschiedlichen Ergebnisse seiner und der Untersuchung HEIJNIS (1980) ihren Ursprung in der hohen Vogelschlag-Mortalitätsrate bei HEIJNIS (1980) haben. Diese führte praktisch zur Entvölkerung des unmittelbaren Trassenbereichs, so dass dieser damit scheinbar von den Wiesenbrütern gemieden wurde. Gestützt wurde diese These auch dadurch, dass beim Austernfischer, der keine Flugbalz durchführt und auch nur in weitaus geringerem Maße als Kollisionsopfer in Erscheinung trat, keine Meidung des Trassenbereichs festgestellt werden konnte. Gerade für die Vögel mit Flugbalz, die darüber hinaus auch noch z.T. nachts stattfindet, erhöhen Hochspannungsfreileitungen offensichtlich das Mortalitätsrisiko.

Angesichts der dramatischen Bestandseinbrüche der im Grünland brütenden Vogelarten sollten Gebiete mit größerem Brutvorkommen daher bei Neutrassierungen wegen des Vogelschlagrisikos möglichst umgangen werden (ALTEMÜLLER, 1997). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die nachteiligen Effekte der Freileitungen nur für wenige Vogelarten bestandsbeeinflussende bzw. gefährdende Ausmaße annehmen (für einige „Flaggschiffe“ des Vogelschutzes allerdings, wie z. B. beim Weißstorch). BERNSHAUSEN, STREIN u. SAWITZKY (1997) folgern, dass grundsätzlich eine gründliche Einzelbewertung zu unterschiedlichen Jahreszeiten (Zugzeiten, Rastzeiten) zur Abschätzung von Auswirkungen einer bestimmten Leitungstrasse auf die Avifauna erforderlich ist. KREUTZER (1997) resümiert, dass vor allem Hochspannungsfreileitungen in Gebieten wie dem Niederrhein mit seinen RAMSAR-Flächen und den immensen Zugvogelbewegungen zumindest entschärft werden müssen.

4. Vogelschutzmaßnahmen an Hochspannungsfreileitungen

Eine zeitgemäße internationale Naturschutzpolitik muss neben dem Ankauf, dem Erhalt und der Entwicklung wertvoller Gebiete auch die Minimierung von Gefahren beinhalten, die von Stromtrassen ausgehen. LÖSEKRUG (1997) verweist auf folgende Strategien zur Verminderung der Verluste:

- Die Möglichkeiten der Erdverkabelung sind zu prüfen, insbesondere bei Neuverlegungen im Mittelspannungsbereich,
- die „Verschattung“ von Leitungen hinter hohen Straßen- und Eisenbahnbrücken, Bündelung mit anderen Stromtrassen,
- eine niedrige Eintraversenbauweise eventuell hinter hohen Baumreihen in der Feldflur,
- Ausparung von Gebieten mit nationaler / internationaler Bedeutung für den Vogelschutz, insbesondere Meidung von Feuchtgebieten,
- das Anbringen von Markern an den Erdseilen neuer Stromtrassen, insbesondere wenn erhebliche Vogelverluste nicht ausgeschlossen werden können, sowie an allen alten Leitungen, wo nachweislich hohe Verluste auftreten oder wo derartige Verluste wegen der Biotopsstruktur oder bekannter Wanderwege wahrscheinlich sind.

RICHARZ (1997) fordert, gegebenenfalls bei Mittelspannungsleitungen weitere technische Maßnahmen durchzuführen (Einebenenmaste als zusätzliche Risikominimierung bis zur Trassenverlegung oder Erdverkabelungen). Bei Neutrassierungen sind in den Niederungsgebieten besonders rücksichtsvolle, auf avifaunistische Belange abgestimmte Planungen erforderlich. Nachdem im Binnenland entsprechende Risikoabschnitte räumlich nur sehr eng begrenzt vorkommen, sind solche Stellen künftig im Rahmen der Trassierung zu umgehen. In den „normalen“ mitteleuropäischen Kulturlandschaften (außerhalb der Niederungsgebiete und den binnenländischen „Brennpunkten“ des Vogelfluges) ist bei der Trassenplanung und -auswahl auf lokale, (meist) kleinräumige Gefahrenpunkte zu achten, durch die Brutvorkommen seltener Arten regional bereits durch einzelne Leitungsverluste gefährdet sein können (z. B. Störche). Eine „vogelfreundliche“ Trassenführung und -gestaltung ist jeder Kompensation in Form von Bereitstellung entsprechender Lebensräume als Ausgleich für Anflugsverluste vorzuziehen. Wo dieses Prinzip nicht ausreichend gewürdigt werden kann, ist ein nahezu gleichartiger Flächenersatz im Verhältnis 1:1 für die betroffene(n) Population(en) zu erbringen. In vielen Fällen sind unter den Leitungsoffern weniger die eingesessenen Brutvögel (Ausnahmen Störche, Wiesenbrüter) sondern vielmehr Durchzügler sowie Rastvögel und Nahrungsgäste. Um deren Verluste auszugleichen, müssten Maßnahmen vor allem an den für die Populationsbiologie der entsprechenden Art entscheidenden Faktoren ansetzen. Dies könnten Habitatsverbesserungen in den Brutgebieten sowie in Trittssteinbiotopen auf dem Zug oder in der Mauser als auch in Überwinterungsgebieten sein. RICHARZ (1997) würde

ein Atlaswerk mit den „Raststationen“ unserer Vögel für hilfreich halten, von dem unmittelbar verwertbare Hinweise für die Trassenplanung und -gestaltung zu erwarten wären. Gegenwärtig soll das bestehende Hochspannungsnetz der RWE Energie gemeinsam mit Ornithologen auf Gefahrenpunkte untersucht werden. Die RWE sieht als Folgeschritt eine Entschärfung durch optimale Leitungsmarkierungen. Auch RICHARZ (1997) empfiehlt den Einsatz von Markierungen. Diese sollen vorrangig an Leitungsabschnitten mit bekannten hohen Vogelverlustzahlen mit den Vogelmarkern nachgerüstet werden.

Markierungstechnik

Um zu verhindern, dass Vögel durch Hochspannungsfreileitungen und andere Leitungen gefährdet werden, müssen diese für sie besser sichtbar gemacht werden.

Die Hochspannungsfreileitung als Mittel der Energieübertragung hat primär eine technische Funktion. Als langlebiges Wirtschaftsgut ist ihre konstruktive Ausbildung – natürlich unter Optimierung der ökonomischen Randbedingungen – auf Betriebssicherheit, Versorgungszuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Teilanlagen, d.h. teilweise Freischaltungen in einer Mehrfachleitung für Betriebsarbeiten müssen möglich sein, abgestellt (BAUMGÄRTEL et al. 1997). Durch Kollision mit Leiterseilen neu gebauter Leitungen getötete oder flugunfähige gewordene Vögel waren Anlass für die VEW Energie AG, bereits 1976 die ersten Hochspannungsfreileitungen im Zuge ihrer Errichtung oder unmittelbar danach abschnittsweise, zum Beispiel im Bereich von Talüberquerungen, mit Vogelschutzmarkierungen auszurüsten. BAUMGÄRTEL et al. (1997) gibt einen Überblick über die Anforderungen an Markierungssysteme für Freileitungen:

- **Dominanz von vertikalen Linien**
- Ungestörtes optisches Erscheinungsbild des Markierungssystems bei Torsion des Seils: Seile verdrehen sich bei Zugspannungsveränderungen infolge von Temperaturschwankungen, Wind und Eislasten (sog. Torsion). Das optische Erscheinungsbild des Markierungssystems soll dadurch möglichst unbeeinflusst bleiben, um die optimale Schutzwirkung für die Vögel sicherzustellen.
- Geringe Masse der Komponenten des Markierungssystems (jede Zusatzmasse erhöht die Beanspruchung des Seils)
- Geringer Luftwiderstand (ein großer Luftwiderstand vergrößert die Spannungen sowie das seitliche Ausschlagen des Seils)
- Geringe räumliche Ausdehnung (Einhaltung der Mindestabstände, Durchgangsvergrößerung)
- Lange Lebensdauer
- Keine Beschädigung des Seils infolge der Eigenbewegung der Markierungen
- Vermeidung von Teilentladungen bei Montage an spannungsführenden Leitungseilen

BAUMGÄRTEL (1997) hält folgende Kriterien aus der Sicht des Leitungsbetreibers entscheidend für die Bewertung eines Markierungssystems:

- Wirksamkeit auf den Vogel im Flug, wobei sich hier die große Schwierigkeit bei der Einschätzung ergibt, wo und wann die optische Wahrnehmbarkeit für das Vogelauge optimal ist
- Lebensdauer, die begrenzt wird durch die andauernden, mechanischen Beanspruchungen aus von Wind verursachten Seilbewegungen und die elektrischen Beanspruchungen durch Ladungsverschiebungen auf der Oberfläche der Kunststoffteile infolge Verschmutzung
- Betriebserfahrung hinsichtlich Störanfälligkeit, Kontrollaufwand, Nachbesserung sowie Um- und Rückbau

Im Zuge der Ausrüstung von Hochspannungsleitungen mit Vogelschutzmarkierungen kam es zu unterschiedlichen Entwicklungen und ständigen Verbesserungen der eingesetzten Markierungssysteme. Die heute im Leitungsnetz der VEW Energie AG überwiegend installierte Standardkonstruktion ist eine flexible und gelochte Kunststofffahne (Abb.5). Sie vereinigt die Vorteile einer ausgeprägt vertikalen Struktur, einer deutlichen farblichen Kennzeichnung und eines festen Sitzes auf dem Leiterseil. Das Problem der temperaturabhängigen Torsion des Seiles bringt allerdings auch bei dieser Markierung oft nicht den idealen Sitz. Außerdem verhält sich ein mit diesem System markiertes Seil wegen der erheblich größeren Windangriffsfläche deutlich anders als ein nicht markiertes. BAUMGÄRTEL (1997) weist darauf hin, dass die Vogelschutzmarkierungen keiner Normung unterliegen und auch durch ähnliche technische Vorgaben nicht festgelegt sind. BAUMGÄRTEL (1997) hält daher aus Betreibersicht eine wirksame und betriebssichere, auch ornithologisch standardisierte Markierung für wünschenswert.

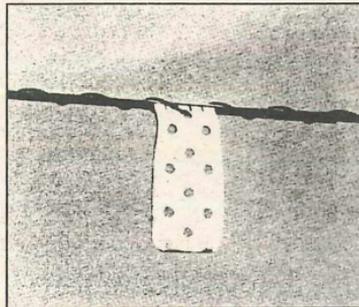


Abb.5: Flexible und gelochte Kunststofffahne

HAACK (1997) weist darauf hin, dass es unbekannt ist, wie solche Markierungen idealerweise aussehen sollten, um eine größtmögliche Wirkung zu erzielen. Die

bisher angewendeten Markierungen orientierten sich an dem, was auch wir Menschen als visuell auffällig empfinden oder wurden einfach nach praktischen Gesichtspunkten geformt. So sind rot eingefärbte Kunststoffspiralen, die wahrscheinlich aus spiralförmigen Schwingungsdämpfern entstanden sind, heute wohl die weltweit am häufigsten angewendeten Markierungen (HAACK 1997). Erst HOERSCHELMANN et al (1988) brachte in die Überlegungen, wie Markierungen gestaltet werden sollten, den Aspekt des Verhaltens ein. Er forderte die Anbringung von senkrechten Strukturen mit der phylogenetischen Begründung, dass Vögel vor allem senkrechte Strukturen (wie z.B. Bäume) als Hindernisse kennen und waagerechte Seile nicht als solche interpretieren. Eine darauf folgende Fehlreaktion könnte u. a. damit zusammenhängen, dass es beim binokularen Sehen mit horizontal ausgerichteten Augen wegen der Parallaxe schwierig ist, die Entfernung von horizontalen Linien zu bestimmen. Das einzelne Auge findet sozusagen keinen Halt an einer horizontalen Linie, um einen Winkel zwischen Kopflängsachse und gesehenem Objekt zu messen.

Dieses Problem wird gelöst, wenn sich Punkte an der Leitung fixieren lassen. Was eine verminderte Aufmerksamkeit bedeutet, wird verständlich, wenn man bedenkt, dass die Angaben für das visuelle Auflösungsvermögen bei Tier und Mensch immer nur für den Bereich der Fovea centralis, also den Bereich der höchsten Auflösung gilt. In den übrigen Bereichen ist das Schärfesehen wesentlich geringer. Eine verminderte Aufmerksamkeit ist insbesondere dann zu erwarten, wenn die Vögel in einem Gelände oder einer Höhe fliegen, in der sich normalerweise keine Hindernisse, wie z. B. Bäume, befinden. Für das Erkennen von Bäumen oder gar Felsen reicht auch ein relativ unscharfes Bild. Allein die Kollision mit anderen Vögeln stellt eine artabhängige Gefahr dar. Es ist vorstellbar, dass Vögel während des Fluges ihre Aufmerksamkeit zum einen eher auf punktförmige, sich bewegende Objekte im Raum über sich richten, um jagende Beutegreifer rechtzeitig zu erkennen, und zum anderen auf Objekte und Strukturen am Boden, die für sie eine Bedeutung als Nahrungs-, Schlaf- oder Rastplatz haben. Hieraus leitet HAACK die Forderung ab, dass an stark gefährdenden Stellen der Verlauf der Leitungen mit vergleichsweise kleinen Markierungen zu kennzeichnen ist, dass dazu aber in nicht zu großen Abständen ausgesprochen auffällige, möglichst sich bewegende Markierungen anzubringen sind. HAACK (1997) ging bei seinen Untersuchungen von der Überlegung aus, dass Vögel zu den mobilsten Tiergruppen überhaupt gehören. 77 % der mitteleuropäischen Vögel sind z. B. Zugvögel (BEZZEL, 1982 zitiert in HAACK, 1997) und legen Strecken von z.T. tausenden von Kilometern zurück. Sie leben in der Regel zumindest periodisch in einer Familie oder Jugendgruppe (z. B. Gänse, Krähen, Raben), viele Arten auch zeitweise oder ständig im Zusammenschluss mehrerer Familien, bis hin zu Massenansammlungen von zigtausenden von Tieren (z. B. Gänse, Stare). Vögel legen durch ihre besondere Fortbewegungsweise rasch weite Strecken zurück. Sie müssen daher in der Lage sein, Familienmitglieder, die sich rasch entfernen oder im Trubel der Masse zu verschwinden drohen, mit den Augen zu

verfolgen und Artgenossen auch aus größeren Entfernungen zu erkennen. Im Tierreich werden für den Gruppennzusammenhalt optische, akustische und olfaktorische Reize verwendet. Akustische Markierungen in Form von Reviergesängen oder von Kontaktlauten sind bei Vögeln allgemein bekannt. Weniger bekannt ist, ob es optische Merkmale bei Vögeln gibt, mit denen sie sich dauernd oder bei Bedarf markieren.

Würden solche optischen Merkmale universell vorhanden sein, so könnte davon ausgegangen werden, dass die hierzu verwendeten Färbungen und Muster von Vögeln allgemein gut gesehen werden. Dies würde es sinnvoll machen, diese Färbungen und Muster auf die Verwendbarkeit als Vogelschutzmarkierung zu testen (HAACK, 1997). HAACK (1997) untersuchte daraufhin die Kleider der überwiegenden Zahl europäischer Vogelarten auf auffallende Gemeinsamkeiten. Die Farben Schwarz und Weiß kommen dabei überdurchschnittlich häufig und sich berührend vor. Sie befinden sich bevorzugt an Kopf, Schwanz und an den Flügeln. Es ist wahrscheinlich, dass sie zur Sichtbarmachung der Tiere dienen. Eine Erklärung dafür, warum Schwarz und Weiß fast immer in Kombination und sich berührend vorkommen, könnte die sogenannte Kontrastverschärfung (auch Kontrastverstärkung genannt) sein (ECKERT, 1986 zitiert in HAACK 1997). Sie ist ein Phänomen, das bei vielen Tiergruppen nachgewiesen wurde. Es beruht auf einer optischen Täuschung, die durch Verschaltungen und gegenseitige, entfernungsabhängige Hemmung nebeneinander liegender Lichtrezeptoren hervorgerufen wird. Der Kontrast unterschiedlich heller, nebeneinander liegender homogen grauer Flächen wird dadurch verstärkt. An der Berührungslinie der Flächen scheint die helle etwas heller und die dunkle etwas dunkler zu sein. Möglicherweise verdeutlicht dies bei geringer Beleuchtungsstärke die Umrisse der weißen Fläche, die neben der schwarzen Fläche liegt. Dies könnte z.B. einer besseren Artenerkennung dienen. Vor allem Großvögel (über 650g) ordnen beide Farben so an, dass beim Flug ein Blinkereffekt entsteht. Beim Flug werden dabei abwechselnd weiße und schwarze (bzw. sehr dunkle und sehr helle) Gefiederpartien gezeigt, oder es werden weiße (helle) Gefiederpartien rhythmisch durch schwarze (dunkle) abgedeckt. Die Häufigkeit, mit der die beschriebenen Merkmale auftreten, spricht dafür, dass es sich um universelle Merkmale handelt, die für Vögel aus so gut wie allen Gruppen sichtbar sind.

Es bietet sich daher die Verwendung flächiger schwarzweißer Muster für Vogelschutzmarkierungen an (HAACK, 1997). Schwarz ist bei direkter Bestrahlung sowie vor bedecktem Himmel gut bzw. besser sichtbar als Weiß. Weiß ist bei direkter Bestrahlung und bei sehr geringer Beleuchtungsstärke sichtbarer als Schwarz. Farben sind für Markierungen nur geeignet, wenn sie selbst leuchten. Phosphoreszierende und fluoreszierende Farben sind aber unter UV-Einstrahlung sehr kurzlebig. Zudem ist die Leuchtdauer zu kurz, um die Zeit zwischen Energieaufladung am Tag und völliger Dunkelheit zu überbrücken (HAACK, 1997). Hervorgehend aus diesen Erkenntnissen fordert HAACK (1997) den Verzicht auf farbige (rot, gelb) Markierungen („auffällige“ und „leuchtende“

Farben wie Gelb und Rot sind nur bei ausreichender Beleuchtung gut sichtbar. Dies gilt auch bei Nebel. Bei diffusem, vor allem schwachem diffusem Licht, sind sie schlecht erkennbar. Wenn der Hintergrund die Helligkeit der Farbe hat, können sie sehr schlecht sichtbar sein .), empfiehlt dagegen die Farbkombination in Schwarz und Weiß, die sich umschließen sollten für die Gestaltung von Vogelschutzmarkierungen. Ebenfalls sollten Markierungen blinken, um die Aufmerksamkeit der Vögel auf sich zu ziehen. HAACK (1997) schlägt einige Markierungstypen vor, von denen die „drehende Scheibenkugel“ hier beispielhaft vorgestellt wird. Diese Form der Markierung besteht aus zwei rechtwinklig ineinander gesteckten Scheiben von ca. 40 cm Durchmesser.

Um einen Blinkeffekt zu erreichen sind die Scheiben vorne und hinten jeweils komplementär gefärbt. Damit der Effekt deutlich ist, überwiegt jeweils ein Farbe flächenmäßig. Durch die Zweifarbigkeit auf jeder Seite wird gewährleistet, dass auch bei Windstille das schwarzweiße Muster sichtbar bleibt. Die Markierung wird an einem Arm befestigt, der die Länge des Radius der Scheiben hat. Am Seil befindet sich ein Drehgelenk, dessen Achse dem Seil entspricht und an der Scheibenkugel befindet sich ein Drehgelenk, dessen Achse quer zum Seil steht. Diese Konstruktion hat den Vorteil, dass sie den Wind aus allen Richtungen auslenken kann, so dass ein möglichst geringer Luftwiderstand entsteht. Aus allen horizontalen Blickrichtungen ist trotzdem eine relative große Fläche sichtbar. Zusätzlich hat sie in der Höhe der Scheiben ein zusätzliches Drehgelenk, das das Drehen um eine senkrechte Achse ermöglicht. Durch ein leichtes Verbiegen der Scheiben (siehe Sicht von oben), wird schon bei leichtem Wind eine selbstständige Drehbewegung erreicht.

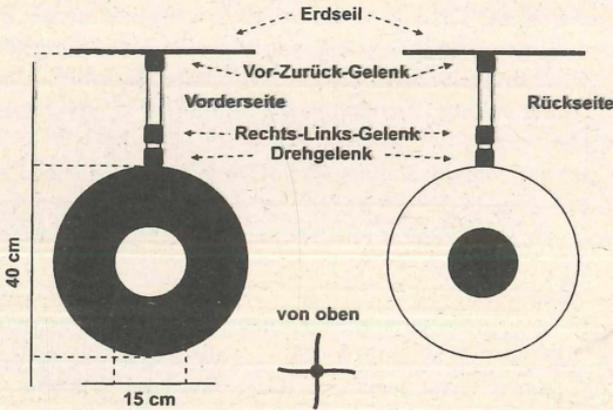


Abb.6: „Selbstdrehende Scheibenkugel“

Der Blinkeffekt entsteht dadurch, dass bei der Drehung jeweils zweimal der weiße Ring und darauf zweimal der schwarze auftauchen. Da das Gefährdungspotential von Hochspannungsfreileitungen für Vögel regional sehr unterschied-

lich ist, sollten die Markierungen der Gefährlichkeit der Leitungsabschnitte angepasst werden. HAACK schlägt deshalb einige Gefährdungsstufen und daran ausgerichtete Maßnahmen vor.

- Leicht gefährdende Stellen:
schwache Kleinvogel-Zugschneisen, ohne Vorkommen oder Durchzug von besonders gefährdeten Artengruppen.
⇒ Schwarzweiße Einfärbung der Erdseile,
- gefährdende Stellen:
Flussquerungen oder Nähe von Binnengewässern, außerhalb von ausgeprägten Zugschneisen; Vorhandensein von Kleinvogelzugschneisen,
⇒ „Perlenketten“ von abwechselnd rein weißen und rein schwarzen „kleinen Scheibenkugeln“.
- Stark gefährdende Stellen:
Flussquerungen oder Nähe von Binnengewässern, ausgeprägte Zugstrassen, Vorkommen oder Durchzug von gefährdeten Arten, die besonders vogel-schlaggefährdet sind (auch Wälder mit Uhu oder Schwarzstorchbeständen).
⇒ „Perlenketten“ (siehe oben), zusätzlich große, sich im Wind drehende und dabei blinkende Markierungen.

An weniger gefährdenden Stellen könnte auch das Einfärben der Seile einen Erfolg bringen (HAACK 1997). Leiter- und Erdseile von Hochspannungsfreileitungen haben außen Aluminiumdrähte. Das Aluminium bildet eine silbergraue Oxidschicht, die das Seil bei bestimmten, recht häufig auftretenden Wetterlagen sehr schlecht sichtbar macht. Dies ist immer dann der Fall, wenn der Himmel grau ist und die Leitungen nicht im Gegenlicht gesehen werden. Eine wesentliche Verbesserung der Sichtbarkeit könnte eine schwarzweiße Einfärbung bringen. HAACK (1997) hält eine Abschnittslänge von 2m für geeignet.

5.Literatur

BAUMGÄRTEL, JÜRDENS & SCHMIDT (1997): Vogelschutzmaßnahmen an Hochspannungsfreileitungen – Markierungstechnik Vogel und Umwelt, Sonderheft

BECKER, KÜSTERS, RUHE UND W. & H. WEITZ (1997): „Gefährdungspotential für den Vogelzug unrealistisch“ –
Naturschutz und Landschaftsplanung 29

BERNSHAUSEN, STREIN & SAWITZKY (1997): Vogelverhalten an Hochspannungsfreileitungen – Auswirkungen von elektrischen Freileitungen auf Vögel in durchschnittlich strukturierten Kulturlandschaften
Vogel und Umwelt Band 9

BEZZEL (1982): Vögel in der Kulturlandschaft
Stuttgart

FIEDLER & WISSNER (1980):
Freileitungen als tödliche Gefahr für Störche
Ökologie der Vögel 2. Sonderheft

FIEDLER & WISSNER (1989): Weißstorch- Unfälle an Freileitungen und Abhilfemaßnahmen – in: Langgemach (Hrsg.): Stromschlag oder Leitungsanflug? Erfahrungen mit Großvogelopfern in Brandenburg
Vogel und Umwelt Sonderheft

GUTSMIEDEL, FREIDEBURG & TROSCHKE: Untersuchungen zum Einfluss einer 10KV-Freileitung auf eine Graureiherkolonie sowie auf Rastvögel.
Vogel und Umwelt Band 9 Sonderheft

HAACK, C. (1997): Gefiederfarben und Flugverhalten europäischer Vogelarten als Vorbild für die Markierung von Hochspannungsleitungen zur Vermeidung von Vogelschlag
Vogel und Umwelt, Sonderheft

HEJNIS (1980): Vogeltod durch Drahtanflüge bei Hochspannungsfreileitungen
Ökologie der Vögel, 2. Sonderband

HOERSCHELMANN, HACK & WOHLGEMUTH (1988):
Verluste und Verhalten von Vögeln an einer 380 KV-Freileitung
Ökologie der Vögel 10.

HOERSCHELMANN (1997):
Wieviel Vögel fliegen gegen Freileitungen?
UVP- Report 3/97

JELLMANN (1989): Radarmessung zur Höhe des nächtlichen Vogelzuges im Frühjahr und Hochsommer.–
Vogelwarte 35

KRAUSE, P. (1997): Auswirkungen eines linienhaften Vorhabens (Eisenbahnstrecke) auf eine Graureiherkolonie (Bayern)
Vogel und Umwelt Band 9, Sonderheft

KREUTZER, K. H. (1997): Das Verhalten von überwinternden arktischen Wildgänsen im Bereich von Hochspannungsleitungen am Niederrhein (Nordrhein-Westfalen)
Vogel und Umwelt Band 9

LANGGEBACH, T. (1997): Stromschlag oder Leitungsanflug? – Erfahrungen mit Großvogelopfern in Brandenburg
Vogel und Umwelt Band 9

LÖSEKRUG, R. G. (1997): Vogelverluste unter Stromleitungen – Erfahrungen aus Mitteleuropa und dem Mittelmeerraum
Vogel und Umwelt Band 9

PABST, H. (1994): Die Bekassine –
Jahresbericht Marburg – Biedenkopf
13/ 1994:54.

RICHARZ, K. & M. (1997): Vögel und Freileitungen –
Vogel und Umwelt 9 Sonderheft

SCHOPPENHORST, A. (1989): Habitatswahl und Reproduktionserfolg verschiedener Wiesenvogelarten im Niedervieland – Bremen/ Wesermarsch – Diplomarbeit
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

SILNY, J. (1997): Die Fauna in den elektromagnetischen Feldern des Alltags
Vogel und Umwelt Band 9

SOSSINKA & BALLAUS (1997): Verhaltensökologische Betrachtungen von Effekten der Industrielandschaft auf freilebende Vögel unter besonderer Berücksichtigung von Freileitungen
Vogel und Umwelt Band 9

Anschrift des Verfassers:

Torben Ojus
Stennerstr. 21
33613 Bielefeld

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Naturkundliche Beiträge des DJN](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Ojus Torben

Artikel/Article: [Vögel und Freileitungen 35-56](#)