

Vogel-Kollisionsopfer an Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen in Deutschland – eine Abschätzung

Auftraggeber: NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V.
10108 Berlin



Auftragnehmer: TNL Umweltplanung
Raiffeisenstraße 7
35410 Hungen



in Zusammenarbeit mit:
Dr. Josef Kreuziger, Zwingenberg

Projektleitung: Dipl.-Biol. Frank Bernshausen
Bearbeitung: Dr. Josef Kreuziger
Dipl.-Geogr. Julia Krimkowski (GIS)
MSc. Landschaftökologie Andreas Menzel (GIS)
Dipl.-Biol. Arno Reinhardt
BSc Geogr. Benjamin Rösner (GIS)
**Wissenschaftliche
Begleitung:** Dr. Hans-Günther Bauer

Hungen, im Februar 2017

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	GRUNDLAGEN	2
2.1	Literatur zu Kollisionsopferzahlen	2
2.2	Kollisionsraten in der Literatur	4
2.3	Vorgehensweise und Bearbeitungsmethode.....	5
2.3.1	Grundlegende Vorgehensweise zur Ermittlung der Kollisionsopfer	6
2.3.2	Festlegung von Kollisionsraten (KR)	6
2.3.3	Brutvögel (BV)	7
2.3.3.1	Avifaunistische Bedeutung (AB).....	8
2.3.3.2	Gefährdungspotenzial (GP)	9
2.3.3.3	Ermittlung des Avifaunistischen Gefährdungspotenzials (AGP), Ranking	10
2.3.3.4	Fazit	10
2.3.4	Rastvögel (RV)	10
2.3.4.1	Avifaunistische Bedeutung (AB).....	11
2.3.4.2	Gefährdungspotenzial (GP)	11
2.3.4.3	Ermittlung des Avifaunistischen Gefährdungspotenzials (AGP), Ranking	11
2.4	Datengrundlagen	12
2.4.1	HS- und HöS-Netz	12
2.4.2	Avifauna	13
3	ERGEBNIS	14
3.1	Leitungen des Transport-Netzes in Deutschland	14
3.2	Brutvögel.....	14
3.2.1	Ranking der MTB.....	14
3.2.2	Berechnung der Kollisionsopfer	15
3.3	Rastvögel	15
3.3.1	Trassen-km innerhalb der Ramsar-IBA.....	15
3.3.2	Berechnung der Kollisionsopfer	16
3.4	Gesamtergebnis.....	16
4	DISKUSSION.....	17
	LITERATUR	19
	ANHANG	25

KARTENVERZEICHNIS

Karte: Hoch- und Höchstspannungsnetz sowie Important Bird Areas (IBA) in Deutschland

TABELLENVERZEICHNIS

- Tabelle 1: Einzel-Studien im Zusammenhang mit Vogelkollisionen, die eine KR angeben oder Daten beinhalten, die eine Berechnung der KR ermöglichen. Hinterlegt sind Studien, die Erfassungen in einer „Normallandschaft“ durchführten (z.B. mehr oder weniger ausgeräumte Agrarlandschaft, Wald, usw.), vergleichsweise lange Erfassungszeiträume sowie größere untersuchte Leitungsabschnitte aufweisen.25
- Tabelle 2: Studien, die geprüft wurden, aber nicht zur Ermittlung einer KR geeignet waren inkl. Begründung.....32
- Tabelle 3: Beispielrechnung (Auszug) zur Berechnung der relativen Bedeutung eines MTB (AGP), ermittelt in Anlehnung an BERNSHAUSEN et al. (2000 und 2007). Nähere Erläuterungen siehe Kap. 2.3.3.....34

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AB	Avifaunistische Bedeutung
AGP	Avifaunistisches Gefährdungspotenzial (= AB x GP)
BP	Brutpaar(e)
BV	Brutvögel
D	Deutschland
DDA	Dachverband Deutscher Avifaunisten
EU-VSG	EU-Vogelschutzgebiet
GIS	Geographisches Informations-System
GP	Gefährdungspotenzial
HS	Hochspannung > 72,5 kV und ≤ 125 kV
HöS	Höchstspannung > 125 kV
IBA	Important Bird Area
Ind.	Individuum, Individuen
km	Kilometer

KR	Kollisionsrate (i.d.R. in der Einheit „Individuen pro km und Jahr“ = Ind./km*y)
kV	Kilovolt
Ltg.	Leitung
Mio.	Million
MTB	Messtischblatt
NL	Niederlande
NSG	Naturschutzgebiet
OSM	OpenStreetMap
Ramsar-Konvention	Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung
RV	Rastvögel
USA	Vereinigten Staaten von Amerika

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Stromtrassen werden allgemein als gefährlich für Vögel eingestuft, und stehen daher oft im Verdacht eine der häufigsten anthropogen bedingten Todesursachen zu sein. Die Problematik des Stromtods (Elektrokution) von Vögeln an ungesicherten Frei- und Oberleitungsmasten im Mittelspannungsbereich ist hinreichend bekannt¹. Gravierende Bestandseinbußen bei einzelnen Vogelarten wie Weißstorch, Uhu oder größeren Greifvögeln durch Kurz- und Erdschlüsse haben dazu geführt, dass entsprechende gesetzliche Regelungen zu ihrer Verhinderung getroffen wurden.

Anders verhält es sich mit der Gefahr für Vögel durch Kollisionen mit den Freileitungen im Flug. Freileitungen jeglicher Spannungsebene können zu tödlichen Kollisionen führen, im Hoch- und Höchstspannungsnetz sind sie die fast ausschließliche Todesursache an Stromleitungen. Zahlreiche Untersuchungen ergeben ein sehr heterogenes Bild zum tatsächlichen Gefährdungspotenzial, da dieses durch ein Reihe unterschiedlicher artspezifischer (Größe und Manövrierfähigkeit des Vogels, Sehvermögen, usw.) sowie gebietsspezifischer, situativer (Topografie und Attraktivität der Umgebung, Charakteristika der Leitung, usw.) Faktoren abhängt (guter Überblick in APLIC 2012). Darüber hinaus besteht dezidiertes Wissen zu Wirkfaktoren und auch zu Verminderungsmöglichkeiten. An belastbaren und aktuellen Schätzungen zu der tatsächlichen Kollisionsrate in Deutschland fehlt es hingegen. Dadurch kann auch die Relevanz von Leitungskollisionen im Vergleich zu anderen anthropogenen Gefährdungsfaktoren (z.B. Glasanflug, Windkraft, Verkehr) schwer eingeschätzt werden.

Im Zuge des für die Energiewende erforderlichen Übertragungsnetzausbaus muss der Vogelschutz im Rahmen der einzelnen Vorhabenplanungen eine hohe Aufmerksamkeit erfahren, da diese Artengruppe direkt von neuen Leitungen betroffen ist. Für die Einordnung des Gefährdungspotenzials in Bezug auf andere Mortalitätsursachen wurde die vorliegende Studie vom NABU – Naturschutzbund Deutschland e.V. in Auftrag gegeben.

¹ Im Bereich der Hoch- und Höchstspannung ist dieses Problem für Vögel nicht relevant, da der Abstand der spannungsführenden Teile zu groß ist.

2 Grundlagen

Diese Studie behandelt ausschließlich Kollisionen von Vögeln an Freileitungen im Spannungsbereich der Hoch- und Höchstspannung. Diese Netz(spannungs)ebenen werden gemäß BUNDESNETZAGENTUR & BUNDESKARTELLAMT (2016) wie folgt definiert:

- Hochspannung (HS): $> 72,5 \text{ kV}$ und $\leq 125 \text{ kV}$
- Höchstspannung (HöS): $> 125 \text{ kV}$

Wie eingangs erwähnt, können Freileitungen jeglicher Spannungsebene zu tödlichen Kollisionen von Vögeln führen (u.a. APLIC 2012, BARRIENTOS et al. 2012, DEMERDZHIEV 2014, GERDZHIKOV 2009), die Datenlage insgesamt ist aber im Bereich unter der HS (also der Mittel- und Niederspannung) als heterogener einzustufen als dies schon für HS und HöS der Fall ist (siehe hierzu Kap. 2.2). Dies gilt insbesondere für das Vorhandensein genauer räumlicher Daten zu bestehenden Freileitungen, welche einen integralen Bestandteil der vorliegenden Kollisionsopfer-Abschätzung darstellen – wie im Folgenden erläutert. Daher erfolgte für diese Studie eine Beschränkung auf HS und HöS.

Weiterhin können Vögel – und auch andere Tierarten – an einer Vielzahl anderer Infrastruktur (Gebäude, Windkraftanlagen, Sendetürme usw.) oder Fahrzeugen (Autos, Züge, Flugzeuge usw.) kollidieren (u.a. DREWITT & LANGSTON 2008, ERICKSON et al. 2001 und 2005, MANVILLE 2005), diese Kollisionen sind aber nicht Gegenstand dieser Studie. Daher ist im Folgenden mit „Kollision“ immer eine Vogel-Kollision an einer HS- oder HöS-Freileitung gemeint.

2.1 Literatur zu Kollisionsopferzahlen

Erste Ansätze einer Abschätzung von Kollisionsopfern wurden in den Niederlanden (NL) von BRAAKSMA (1966) mittels Analyse von Ringfunden vorgenommen. Er schätzt minimal ca. 200.000 bis 400.000 „Drahtschlagopfer“ (nicht ausschließlich Kollisionen mit Stromleitungen sondern auch mit anderen drahtartigen Strukturen wie z.B. Telegrafendrähten usw.) pro Jahr, fügt aber gleich anschließend an, dass die Zahl wohl eher jährlich zwischen 500.000 und 1 Mio. Kollisionsopfer liegt. RENSSSEN (1977) legt eine weitere Abschätzung für die NL auf Grundlage eigener regelmäßiger Schlagopfersuchen vor (in Grünlandgebieten, Gesamtlänge der untersuchten Leitung ca. 8 km). Er leitet daraus eine jährliche Kollisionsopferzahl von 500.000 über Grünlandbereichen für die Niederlande ab und kommt für das gesamte Hochspannungsnetz der NL inkl. Korrekturfaktors (Vogel kollidiert mit der Leitung, kann sich aber noch aus dem Suchbereich entfernen und stirbt außerhalb des Suchbereichs) auf eine Gesamtopferzahl von ca. 1 Mio. Die beiden zuerst genannten Untersuchungen werden von KOOPS (1987), der die bis dato letzte Abschätzung der Kollisionsopfer in den NL darlegt, aufgegriffen und erläutert. HEIJNIS (1980) rechnet auf Basis eigener Stichproben-Untersuchungen (in zwei Naturschutzgebieten, Gesamtlänge der untersuchten Leitungen knapp 6 km) mit eine Kollisionsopferzahl von ebenfalls ca. 1 Mio. pro Jahr, ohne näher auf die Herleitung dieser Zahl einzugehen. KOOPS (1987) ermittelt durch Mittelwertbildung aus insges. 56 Untersuchungen unterschiedlicher Dauer aus den Jahren 1958-1984 für verschiedene (Haupt)Habitattypen (z.B. Grünland) jeweils eine Kollisionsrate (in Individuen pro Tag und km). Diese Kollisionsraten korrigiert er weiterhin mit der Auffindwahrscheinlichkeit im Feld für drei verschiedenen Größenklassen von Vögeln und ermittelt dann mit der

Trassenlänge (Freileitungen ab 50 kV aufwärts, knapp 4.200 km) über den (Haupt)Habitattypen eine Gesamt-Kollisionsopferzahl für die NL. Nach einer weiteren Korrektur für Individuen, die mit der Leitung kollidieren, sich aber noch aus dem Suchbereich entfernen können und außerhalb des Suchbereichs verenden, kommt er auf eine Gesamtzahl von 800.000 Individuen pro Jahr in den NL.

Die Untersuchungen von KOOPS (1987) wurden von verschiedenen Autoren in den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) aufgegriffen und dienten, z.T. ergänzt um eigene Einschätzungen und/oder um Kollisionsstudien aus den USA (FAANES 1988), als Grundlage für eine Abschätzung der Kollisionsopfer an dem ca. 800.000 km langen Übertragungsnetz in den USA. ERICKSON et al. (2001) schätzen eine Spanne von > 10.000 bis 174 Mio., ERICKSON et al. (2005) eine Zahl von ca. 130 Mio. und MANVILLE (2005) eine Zahl im Bereich von 100.000en bis 174 Mio. (alle Zahlen sind auf ein Jahr bezogen).

Für Deutschland (D) liegt eine Abschätzung der Kollisionsopfer an Freileitungen ≥ 110 kV von HOERSCHELMANN et al. (1988) vor. Auf Grundlage von Kollisionsopfersuchen an einem 4,5 km langen Abschnitt einer 380 kV Freileitung an der Unterelbe in vier aufeinanderfolgenden Zugperioden (Herbst 1982 bis Frühjahr 1984) beziffert er die jährliche Kollisionsopferzahl für D auf ca. 30 Mio. Individuen². Diese Kollisionsopferzahl ist viel zitiert, aber auch viel kritisiert. HOERSCHELMANN (1997 B) selbst bezeichnete sie später als „unzulässige Verallgemeinerung“, ohne jedoch eine aktualisierte (Neu-)Schätzung abzugeben. Ein Hauptkritikpunkt an der Abschätzung von HOERSCHELMANN et al. (1988) ist, dass die Autoren in der Hochrechnung die von ihnen festgestellten hohen Kollisionsraten eines „hotspots“ an der Unterelbe nicht in Relation zu den geringeren Aufkommen v.a. kollisionsgefährdeter Arten in den meisten anderen Landschaftsräumen in D gesetzt haben. Hinzu kommt die Tatsache, dass die Kollisionsraten während den Zugzeiten erhoben wurden. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass i.d.R. während der Zugzeiten mehr Vögel mit Leitungen kollidieren und zu dieser Zeit ermittelte Kollisionsraten daher überhöht sind.

Aktuelle Abschätzungen von Kollisionsopferzahlen mit aufwändigeren und stärker wissenschaftlich/ statistisch orientierten Ansätzen liegen aus Kanada (RIOUX et al. 2013) und den USA (LOSS et al. 2014) vor. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse werden im Folgenden kurz skizziert. Für Kanada sichteten RIOUX et al. zunächst die verfügbare Literatur im Hinblick auf Kollisionsraten (KR), Abtrage durch Prädatoren, Auffindrate durch den Bearbeiter bei der Kollisionsopfersuche und Verkrüppelungsrate für Vögel die mit der Leitung kollidieren, sich aber noch aus dem Suchbereich entfernen können und außerhalb des Suchbereichs verenden. Für die KR wurden nur Studien berücksichtigt, deren Dauer einen Großteil des Jahres abdeckten (mind. 200 Tage). Es wurde das Übertragungsnetz (in

² HOERSCHELMANN et al. gehen dabei von einer Kollisionsrate von 400 Individuen pro Jahr und km als Mindestwert aus (Korrekturfaktor für die Abtrage durch Prädatoren inklusive). Mit rund 76.000 km Freileitungen (bezogen nur auf die alten Bundesländer) lassen sich die ca. 30 Mio. Kollisionsopfer errechnen. Aus unserer Sicht ergibt sich bei den km-Angaben von HOERSCHELMANN et al. ein Widerspruch zu dem in dieser Studie ermittelten Wert (für die alten und neuen Bundesländer). Der Wert von HOERSCHELMANN et al. ist größer obwohl er nur den Bereich der alten Bundesländer abdeckt. Gleichwohl wurde die selbe Spannungsebene betrachtet (≥ 110 kV). Da das Stromnetz seit 1988 sicher eher größer als kleiner geworden ist, ergibt sich hier ein Widerspruch. Möglicherweise lässt sich dies durch die Tatsache erklären dass HOERSCHELMANN et al. Stromkreis-km und nicht die relevanten Trassen-km zugrunde gelegt haben (siehe hierzu die Erläuterungen in Kap. 2.4.1). Da HOERSCHELMANN et al. keine Referenz für ihre km-Angabe aufführen, lässt sich dieser Sachverhalt nicht abschließend aufklären.

Kanada ≥ 115 kV) zugrunde gelegt, das sich auf ca. 232.000 km beläuft. Die Kollisionsopferzahl wurde anschließend auf verschiedene Art und Weise berechnet: 1. mit dem Durchschnitt der KR aller Studien, die die Kriterien erfüllten (KR: 42,3 Ind./km*y), 2. mit dem oberen und unteren 95% Konfidenzintervall aus dem Durchschnitt (KR: 59,5 und 25,1 Ind./km*y), 3. mit der KR von einer zu Kanada geographisch ähnlichen Örtlichkeit (KR: 16,4 Ind./km*y) und 4. mit einem gestaffelten Ansatz, der berücksichtigt, dass das Kollisionsrisiko über das ganze Land verteilt nicht überall gleich ist. Hierzu wurde angenommen dass von 60% der Leitungen in Kanada ein geringes KR ausgeht (z.B. boreales Kanada), von 30% ein mittleres (südl. Kanada) und von 10% ein hohes („hot spots“). Hierfür wurden KR von 0,7 Ind./km*y, 16,4 Ind./km*y bzw. 54,5 Ind./km*y zugrunde gelegt. Diese Werte wurden dann jeweils ohne Korrekturfaktor, mit Korrektur für die Auffindrate, mit Korrektur für Auffindrate und Abtragraterate und mit Korrektur für Auffindrate, Abtragraterate und Verkrüppelungsrate gerechnet. Aufgrund der Vielzahl von durchgerechneten Szenarien weisen die Ergebnisse eine Spannweite zwischen 1 Mio. und 229,5 Mio. jährliche Kollisionsopfer für Kanada auf. Als realistischste Einschätzung geben die Autoren den Ansatz an, der ein gestaffeltes KR für Kanada annimmt, dessen Ergebnisse zwischen 2,5 Mio. und 25,6 Mio. liegen (in Abhängigkeit des jeweils berücksichtigten Korrekturfaktors).

LOSS et al. (2014) führen als Grundlage für eine aktualisierte Abschätzung der Kollisionsopfer am Übertragungsnetz (von den Autoren als ≥ 60 kV definiert) in den USA ebenfalls eine umfangreiche Literaturrecherche von Kollisions-Untersuchungen durch (ebenso zum Thema Stromtod (Elektrokution) von Vögeln v.a. an Mittel- und Niederspannungsmasten des Verteilnetzes, dies wird hier aber nicht weiter thematisiert). Sie wenden ein Set aus neun Bedingungen an, die erfüllt sein müssen, damit eine Studie in die Analyse mit einbezogen wird. Ein Kriterium wurde im Nachhinein gelockert um den Stichprobenumfang zu vergrößern, da bei Einhaltung aller Kriterien nur 15 Studien (acht aus den USA und sieben aus anderen Ländern) analysiert werden konnten. Es wurde eine KR für beide Bedingungs-Sets ermittelt (Median). Weiterhin wurden Korrekturfaktoren für die bereits im vorhergehenden Absatz erwähnten Sachverhalte durch Analyse der Daten gewonnen. Als Trassenlänge wurde ein Übertragungsnetz mit ca. 862.000 km zugrunde gelegt. Durch die Analyse der Daten wurden zwei KR gewonnen: 29,6 Ind./km*y (bei Erfüllung aller Bedingungen durch die analysierten Studien; 95% Konfidenzintervall 9,3 bis 66,4 Ind./km*y) bzw. 23,2 Ind./km*y (bei Lockerung einer Bedingung; 95% Konfidenzintervall 8,9 bis 49,2 Ind./km*y). Als Ergebnis kommen die Autoren für die USA auf jährliche Kollisionsopfer von ca. 25,5 Mio. Individuen (bei Erfüllung aller Bedingungen durch die analysierten Studien; 95% Konfidenzintervall 8 bis 57,3 Mio.) bzw. ca. 20 Mio. Individuen (bei Lockerung einer Bedingung; 95% Konfidenzintervall 8 bis 42,4 Mio.). Korrekturfaktoren für Auffindrate, Abtragraterate, Verkrüppelungsrate und auch für nicht absuchbare Habitate bei der Kollisionsopfersuche sind in diesen Zahlen enthalten.

2.2 Kollisionsraten in der Literatur

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden knapp 50 Originalartikel (siehe Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2), sowie verfügbare Zusammenfassungen (u.a. DREWITT & LANGSTON 2008, GFN et al. 2009, HOERSCHELMANN 1997 B, PRINSEN et al. 2011) zu dem Thema Kollisionen von Vögeln mit Freileitungen überprüft und ausgewertet. Der Fokus wurde auf Studien gelegt, die wissenschaftlich veröffentlicht sind, da diese im Gegensatz zu Berichten für private Firmen (z.B. Übertragungsnetzbetreiber) frei zugänglich sind. Es ist mit Sicherheit

eine große Anzahl unveröffentlichter Berichte zu diesem Themenbereich vorhanden („graue Literatur“). Die Beschaffung derartiger Berichte ist aber extrem zeitaufwändig und war für diese Studie unter den gegebenen Voraussetzungen nicht leistbar. Graue Literatur wurde aber berücksichtigt, sofern die TNL Umweltplanung darauf Zugriff hatte. Weiterhin machen auch einige zusammenfassende Veröffentlichungen, so auch HOERSCHELMANN (1997 B), Angaben zu KR aus unveröffentlichten Berichten, diese sind hier berücksichtigt³. Weiterhin wurde die Recherche der Literatur weitgehend auf den europäischen Raum eingeschränkt. Dies wird mit relevanten Unterschieden im Arteninventar und der naturräumlichen Ausstattung begründet. Außerdem wurde die Literatur mit dem Ziel gesichtet KR als Grundlage für eine Hochrechnung der Kollisionsopfer in D zu ermitteln, weshalb ein europäischer Bezug wichtig erscheint.

Die Spanne an KR in der gesichteten Literatur ist extrem groß und reicht von einigen wenigen oder sogar null Individuen pro km und Jahr bis zu mehreren Hundert Individuen pro km und Jahr. Die Tabelle 1 im Anhang zeigt dies anschaulich (siehe hierzu auch die Zusammenfassungen in DREWITT & LANGSTON 2008, GFN et al. 2009, HOERSCHELMANN 1997 B, PRINSEN et al. 2011). In vielen Fällen sind Informationen, die hilfreich wären um zu verstehen warum die Resultate so stark voneinander abweichen, in den Veröffentlichungen fehlend oder nur lückenhaft (PRINSEN et al. 2011). Hohe KR finden sich mit ca. 700 Ind./km*y in HEIJNIS (1980), SCOTT et al. (1972) und GROSSE et al. (1980), auch HOERSCHELMANN et al. (1988) und MARTI (1998) berichten von hohen KR mit ca. 390 Ind./km*y und 328 bzw. 292 Ind./km*y. Gemeinsames Merkmal dieser Untersuchungen ist, dass sie in Gewässernähe und/oder in als bedeutsamen Rast- und Winterquartieren mit entsprechendem Arteninventar an z.T. hoch anfluggefährdeten Arten – z.T. auch in hoher Abundanz – durchgeführt wurden („hot spots“). Teile dieser Faktoren treffen auf viele veröffentlichte Studien zu, wie auch von PRINSEN et al. (2011) erläutert wird. Niedrige KR werden von ALONSO et al. (1994; ca. 5 Ind./km*y), BEVANGER & BROSETH (2001; 4 Ind./km*y), FERNANDEZ (1998; ca. 2 Ind./km*y), GUTSMIEDEL et al. (1997; ca. 4 Ind./km*y); HOERSCHELMANN (1997 A; max. 10 Ind./km*y) und JANS & FERRER (1998; ca. 1 Ind./km*y) festgestellt. Gar keine Kollisionsopfer gefunden wurden von BERNSHAUSEN et al. (1997; Teilgebiete Erfstadt, Memmingen und Limburg), HOERSCHELMANN & LIEBER (1995) sowie RUBOLINI et al (2005; Teilgebiet östlicher Teil der Region Emilia-Romagna), allerdings war hier die Dauer der Untersuchungen jeweils eher kurz im Vergleich mit anderen Studien. Auffälliges und gemeinsames Merkmal ist, dass die Erfassungen dieser Studien mit geringen KR oft in einer „Normallandschaft“ durchgeführt wurden (z.B. mehr oder weniger ausgeräumte Agrarlandschaft, Wald, usw.).

2.3 Vorgehensweise und Bearbeitungsmethode

Vorab soll hier die Bemerkung gestellt werden dass es bei der vorliegenden Aufgabe – die Ermittlung der jährlichen Kollisionsopfer an Hoch- und Höchstspannungs-Freileitungen – aufgrund der Größe des Betrachtungsraumes und der Komplexität der Fragestellung nicht um die Ermittlung exakter Werte, sondern ausnahmslos um die Ermittlung einer „Größenordnung“ gehen kann, da eine „pseudo-exakte“ Ermittlung weder aufgrund der verfügbaren

³ Die Angaben konnten allerdings nicht überprüft werden weil die jeweiligen (unveröffentlichten) Berichte TNL in diesem Falle nicht vorlagen.

Daten, noch aufgrund der Rahmenbedingungen detailliert möglich ist. Aufgrund der eben genannten Rahmenbedingungen (verfügbarer finanzieller und damit auch zeitlicher Rahmen) werden in dieser Studie pragmatische Ansätze benutzt. Diese sind zur Ermittlung der „Größenordnung“ auch als zielführend und ausreichend einzustufen.

2.3.1 Grundlegende Vorgehensweise zur Ermittlung der Kollisionsopfer

Aufgrund großer Unterschiede zwischen jahreszeitlicher Anwesenheit, Raumnutzung und auch (Flug)Verhalten werden die Werte für die jährlichen Kollisionsopfer separat für Brutvögel (BV) und Rastvögel (RV) ermittelt.

Die Herleitung der Kollisionsopfer erfolgt mittels eines gestaffelten Ansatzes, der berücksichtigt, dass das Kollisionsrisiko über ganz D verteilt, nicht überall gleich ist. Die Festlegung einer einzigen KR für ganz D (wie von LOSS et al. 2014 für die USA angewandt) erscheint für einen Parameter, der derart vielen Einflüssen unterworfen ist (u.a. vorhandenes Artenspektrum und Abundanz, Habitatsigenschaften in der Umgebung der Leitung, Charakteristika der Leitung selber, usw.) als unzureichend. RIOUX et al. (2013) bezeichnen ihre Schätzung, die auf dem gestaffelten Ansatz basiert als die realistischste für Kanada. Auch KOOPS (1987) nutzt einen gestaffelten Ansatz für seine Schätzung für die NL. In dieser Herleitung werden wie von RIOUX et al. (2013) drei Größenklassen von KR angenommen: Bereiche mit einer hohen, mittleren bzw. niedrigen KR. Zur Festlegung der genutzten KR siehe Kap. 2.3.2.

Nach Festlegung der KR erfolgt der nächste Arbeitsschritt, in dem Räume mit dem Lebensraumpotenzial für Vögel (über alle Arten hinweg; getrennt nach BV und RV, s.o.) flächendeckend für D so abgegrenzt und/oder bewertet werden, dass einem Raum im Anschluss jeweils eine hohe, mittlere oder niedrige KR zugeordnet werden kann. Dies erfolgt nicht wie von RIOUX et al. (2013) in einer pauschalen prozentualen Abschichtung sondern auf Grundlage verfügbarer und geeigneter Daten für BV (siehe Kap. 2.3.3) und RV (siehe Kap. 2.3.4) getrennt.

Als letzter Arbeitsschritt wird die Trassenlänge in jedem der angrenzten Räume auf Grundlage der vorliegenden GIS-Daten der Trassen (siehe Kap. 2.4.1) berechnet und alle Bereiche mit gleichen KR werden aufsummiert. Mit der Gesamt-Trassenlänge und der festgelegten KR in dem jeweiligen Bereich kann die Kollisionsopferzahl jeweils berechnet werden. Zuletzt müssen nur noch die Endsummen aufaddiert werden um die Gesamt-Kollisionsopferzahl für D zu erhalten (siehe Kap. 3.4).

2.3.2 Festlegung von Kollisionsraten (KR)

Die Datenbasis stellen die analysierten Veröffentlichungen zu Kollisionsraten mit Fokus auf Arbeiten innerhalb Europas dar. Die Datenbasis kann als repräsentativ und daher – soweit möglich – systematisch erfasst und in sich vergleichbar sein. Aufgrund teils ausgeprägter Unterschiede im Artinventar und der naturräumlichen Ausstattungen wurden Ergebnisse aus dem mitteleuropäischen Raum stärker zu Grunde gelegt.

Eine absolute und somit artspezifische Ermittlung der KR ist nicht möglich, daher können nur Gesamt-KR (in der Einheit Ind./km*y) ermittelt werden. Weiterhin ist eine absolute gebietspezifische Ermittlung, egal auf welcher räumlichen Betrachtungsebene, aufgrund der z.T. extrem kleinräumigen Unterschiede ebenfalls nicht möglich. Daher wurde auf Basis aller verfügbaren Untersuchungen ein pragmatischer und realistischer Durchschnittswert für

Bereiche mit einer hohen, mittleren bzw. niedrigem KR abgeschätzt und definiert. Dabei wurden v. a. Ergebnisse von Studien berücksichtigt, die über längere Trassenabschnitte und längere Zeiträume hinweg erfolgten sowie unterschiedliche Lebensräume (mit entsprechend unterschiedlichem Arteninventar) berücksichtigten⁴. Auf dieser Basis wurden folgende Werte festgelegt:

- Bereiche mit geringer KR: Anflugrate von etwa 0-10 Ind./km*y → Es wird für die weitere Berechnung der Wert von **5 Ind./km*y** benutzt.
- Bereiche mit mittlerer KR: Anflugrate von etwa 10-100 Ind./km*y → Es wird für die weitere Berechnung der Wert von **50 Ind./km*y** benutzt
- Bereiche mit hoher KR: Anflugrate von etwa 100-400 Ind./km*y → Es wird für die weitere Berechnung der Wert von **250 Ind./km*y** benutzt

Da sich diese Werte auf das gesamte Jahr beziehen, müssen die Ergebnisse separat für BV und RV noch daran angepasst werden. Da auf Basis der verfügbaren Studien üblicherweise ein höheres Risiko für Rastvögel anzunehmen ist, wird dieser Endwert für die Brutvögel nur zu einem Drittel, der für die Rastvögel hingegen zu zwei Dritteln berücksichtigt. Dieser Wert basiert nicht auf der zeitlichen Anwesenheitsdauer, sondern auf der tatsächlichen Zuordnung zu Brut- bzw. Rastvögeln (soweit möglich) im Rahmen der vorliegenden Studie.

Da die festgesetzten Werte für die KR entscheidenden Einfluss auf den zu ermittelnden Endwert (Gesamt-Kollisionsopfer) besitzen, erfolgt ergänzend auch eine sehr konservative Betrachtung auf Grundlage der Maximalwerte (geringe KR: 10 Ind./km*y; mittlere KR: 100 Ind./km*y; hohe KR: 400 Ind./km*y).

Aufgrund der schon genannten Rahmenbedingungen konnte keine umfangreiche Analyse der Literatur hinsichtlich der unterschiedlichen Korrekturfaktoren z.B. hinsichtlich Auffindrate, Abtrage, Verkrüppelungsrate und für nicht absuchbare Habitate bei der Kollisionsopfersuche durchgeführt werden⁵. Korrekturfaktoren werden daher in der vorliegenden Abschätzung nicht gesondert einbezogen. Der Sachverhalt wird berücksichtigt, indem die angesetzten KR (s.o.) im Vergleich z.B. zu denen von RIOUX et al. (2013) oder LOSS et al. (2014) deutlich höher sind. Weiterhin erfolgt auch eine sehr konservative Berechnung der Kollisionsopferzahl („Obergrenze“) auf Grundlage der Maximalwerte an Kollisionsraten (für gering, mittel und hoch). Dies ist im vorangehenden Absatz bereits erläutert.

2.3.3 Brutvögel (BV)

Als Grundlage bzw. Einheit für die Abgrenzung von Gebieten mit hoher Bedeutung für BV dient das Messtischblatt (MTB), da hier mit dem Atlas Deutscher Brutvogelarten (GEDEON et al. 2014) – im Folgenden „ADEBAR“ genannt – eine in sich vergleichbare und systematisch erhobene Datengrundlage vorliegt. Alle MTB in D werden auf dieser Grundlage in drei

⁴ Überschätzung bei der Hochrechnung von Kollisionsopfer ergeben sich v.a. wenn KR herangezogen werden, die bei sehr kurzen und kritischen Streckenabschnitten in Zeiträumen mit hohem Vogelauftreten (z.B. Zugzeiten) ermittelt wurden, diese können nicht als repräsentativ für eine großflächige Herangehensweise angesehen werden (siehe hierzu z.B. HOERSCHELMANN 1997). Ca. 15 Studien werden hier vorrangig berücksichtigt.

⁵ In einigen Studien, die analysiert wurden, wurden (unterschiedliche) Korrekturfaktoren angewendet, in einigen dagegen nicht. Dies ist der Tabelle 1 im Anhang jeweils zu entnehmen.

Gruppen (geringe, mittlere und hohe KR) eingeteilt. Dazu wird als erster Schritt für jedes MTB die relative Bedeutung des MTB (Avifaunistisches Gefährdungspotenzial = AGP) ermittelt (in Anlehnung an BERNSHAUSEN et al. 2000 und 2007). Hierzu wurden folgende Größen benutzt, die in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert werden:

Wert für die Avifaunistische Bedeutung (AB) je MTB:

- Ermittlung relevanter Arten
- Festlegung von artspezifischen Gewichtungsfaktoren
- Abundanz der Arten im MTB

Wert für das Gefährdungspotenzial (GP) je MTB:

- Länge der Leitungstrasse je MTB

Wert für das Avifaunistische Gefährdungspotenzial (AGP) je MTB:

- $AB \times GP = AGP$ je MTB

Um – wie oben bereits erwähnt – eine in sich vergleichbare und systematische Datengrundlage zu benutzen, wurden die ADEBAR-Daten zu Grunde gelegt, da sie die Voraussetzungen hinsichtlich der Systematik in hervorragender Weise erfüllen. Die Daten stammen zwar aus der Periode 2004-2009, zeigen aber trotz aller Änderungen seither ein repräsentatives Abbild des Lebensraumpotenzials für die BV Deutschlands. Die räumliche Grundlage der Auswertung stellen daher die auch in ADEBAR als Einheit genutzten MTB dar.

Basierend auf diesen Daten wurde unter Berücksichtigung der im Folgenden näher erläuterten Parameter letztlich ein relativer Wert für das Gefährdungspotenzial jedes einzelnen MTB insgesamt ermittelt. Dieser Wert resultiert aus einer „Avifaunistischen Bedeutung“ (AB) des MTB, welches aus der Anzahl und Häufigkeit sowie einer artspezifische Einstufung der relevanten Arten ermittelt wurde. Diese wird mit der tatsächlich im MTB verlaufenden Trassenlänge – als Maß für das „Gefährdungspotenzial“ (GP) vor Ort – multipliziert. Am Ende erhält man dadurch für jedes einzelne der MTB (2.963 MTB bei ADEBAR) einen relativen Wert für das dort gegebene „Avifaunistische Gefährdungspotenzial“ (AGP). Dieses wird abschließend in abfallender Reihenfolge sortiert, um dadurch Grenzen für MTB mit hoher, mittlerer bzw. geringer KR zu definieren.

2.3.3.1 Avifaunistische Bedeutung (AB)

Im Detail wurde hierzu folgendermaßen vorgegangen:

Ermittlung relevanter Arten:

Da die artspezifischen Unterschiede im Kollisionsrisiko sehr stark ausgeprägt sein können (BERNOTAT & DIERSCHKE 2016), werden nur Arten berücksichtigt, für die zumindest ein mittleres Kollisionsrisiko gemäß diesen Autoren bekannt bzw. anzunehmen ist. Daher wurden alle Arten berücksichtigt, die in dem 5-stufigen System von BERNOTAT & DIERSCHKE (2016) den Stufen 1-3 („sehr hoch“, „hoch“ und „mittel“) zugeordnet sind. Der Anteil derjenigen Arten, für die nur ein „geringes“ oder „sehr geringes“ Kollisionsrisiko beschrieben wird, kann bzgl. der vorliegenden Fragestellung als vernachlässigbar eingestuft werden.

Möglicher Fehler: Geringfügige Unterschätzung, da nicht alle Arten betrachtet wurden. Da für Arten mit geringem bzw. sehr geringem Kollisionsrisiko nach BERNOTAT & DIERSCHKE (2016) jedoch nur sehr wenige Anflüge zu erwarten sind, dürfte dies weitgehend vernachlässigbar sein.

Artenspezifischer Gewichtungsfaktor für das Kollisionsrisiko:

Da jedoch auch zwischen den berücksichtigten Arten noch starke Unterschiede bestehen, wurden diese Arten in einer nicht-linearen Skala folgendermaßen gewichtet (Stufen gemäß BERNOTAT & DIERSCHKE (2016): Kollisionsrisiko „sehr hoch“ = Stufe 1, „hoch“ = Stufe 2, „mittel“ = Stufe 3)

- Stufe 1: Gewichtungsfaktor 10
- Stufe 2, Nicht-Singvögel: Gewichtungsfaktor 5
- Stufe 2, Singvögel (nur Star): Gewichtungsfaktor 2
- Stufe 3, Nicht-Singvögel: Gewichtungsfaktor 3
- Stufe 3, Singvögel (Sing-, Wacholderdrossel und Amsel): Gewichtungsfaktor 1

Möglicher Fehler: Diese Betrachtungsweise führt eher zu einer Überschätzung, da für die bekanntermaßen sehr kollisionsgefährdeten Arten ein deutlich höherer Faktor anzunehmen ist als der hier benutzte Faktor 10 im Vergleich zu den teils sehr häufigen Singvogelarten der Stufe 3 (vor allem Amsel).

Häufigkeit (Abundanz)

Da bei ADEBAR Spannweiten für die Abundanzen angegeben sind, wurde als vereinfachtes Maß jeweils der Mittelwert der Spannweite benutzt. Aufgrund der mit knapp 3.000 sehr großen Anzahl an MTB kann davon ausgegangen werden, dass die Mittelwerte insgesamt zu repräsentativen Ergebnissen führen.

2.3.3.2 Gefährdungspotenzial (GP)

Als Maß für das GP wird Länge der Trassen-km je MTB zu Grunde gelegt. Dabei wurden parallel verlaufende Leitungen einzeln für sich berücksichtigt, auch wenn bei Trassen im Parallelverlauf – vor allem wenn sie im „Gleichschritt“ (d.h. gleiche Masthöhen und Mastabstände) verlaufen – kein doppelt so hohes Kollisionsrisiko anzunehmen ist. Zudem liegen Informationen über Höhe und Mastabstände in dem OSM-Datensatz wenn überhaupt nur unvollständig vor, was eine Voraussetzung wäre um einen „Gleichschritt“ der Leitungen zu beurteilen. Die Arbeitsschritte in einem geographischen Datensatz parallele Leitungen automatisiert herauszufiltern sind extrem schwierig und mit hohem Aufwand verbunden. Weiterhin ist auch die Festlegung einer Grenze (eines Abstandes) ab wann Leitungen als parallel gelten, aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten die darauf einen Einfluss haben, fachlich schwierig. Aus diesen Gründen wurde im konservativen Ansatz jede Leitung einzeln berücksichtigt.⁶

⁶ Eine sehr überschlägige „Analyse“ des OSM-Datensatzes hinsichtlich des Parallelverlaufes von Leitungen liefert Hinweise, dass sich der Anteil an parallel verlaufenden Leitungen vermutlich in einem Größenbereich von unter 20% bewegt.

Ebenfalls wurde auch die Dimensionierung (Breite, Höhe, Spannungsebene) nicht berücksichtigt, da es keine Hinweise gibt, dass dies grundsätzlich zu deutlich unterschiedlichen Auswirkungen führt. Zwar sind in manchen Fällen Auswirkungen möglich, die sich aber artspezifisch sehr unterschiedlich auswirken können. So kann z.B. bei Bodenbrütern mit Balzflügen (z.B. Kiebitz) eine niedrige Leitung konfliktreicher sein, in den meisten anderen Fällen sind höhere Leitungen i.d.R. eher konfliktreich (SUDMANN 2000) und hier insbesondere primär das Erdseil relevant (u.a. APLIC 2012, FAANES 1981).

Möglicher Fehler: Überschätzung des Kollisionsrisikos (vermutlich in einer Größenordnung von etwa 1,1 bis 1,2.)

2.3.3.3 Ermittlung des Avifaunistischen Gefährdungspotenzials (AGP), Ranking

Nachdem, wie dargestellt, für alle MTB ein relativer, aber in sich vergleichbarer Wert für das Kollisionsrisiko insgesamt (AGP) ermittelt wurde, werden alle MTB in absteigender Reihenfolge sortiert. Hierdurch erhält man ein Verteilungsmuster über gesamt Deutschland hinweg, anhand dessen man in einem vereinfachten Ansatz, Bereiche (konkrete MTB) festlegen kann, für die anhand dieses Verteilungsmuster eine hohe, mittlere bzw. niedrige KR anzunehmen ist. Auch wenn diese Grenzziehung teils subjektiv erfolgt (bzw. erfolgen muss), basiert diese trotzdem auf bekannten und „klassischen“ avifaunistischen Verteilungsmustern (BEZZEL 1982, GEDEON et al. 2014, HEINE et al. 1999) mit einem sehr geringen Anteil an Flächen mit einer sehr hohen Bedeutung (bzw. im vorliegenden Fall die KR), mit vgl. wenigen mittel bedeutsamen Flächenanteilen und einem hohen Anteil wenig bedeutsamer Flächen (Details s. Ergebnisse, Kap. 3.2.1). Eine beispielhafte Berechnung für ein MTB inkl. einiger Arten findet sich im Anhang in Tabelle 3.

2.3.3.4 Fazit

Unter Betrachtung der möglichen Fehler ist somit davon auszugehen, dass das Kollisionsrisiko eher überschätzt wird. Da bei der Ermittlung des MTB-bezogenen AGP jedoch letztlich keine absoluten Opferzahlen, sondern nur ein relativer Wert des AGP für alle MTB ermittelt wird (als Grundlage für das Ranking der MTB und Verteilung der drei verschiedenen KR hoch, mittel und niedrig), kann hieraus kein entscheidender Fehler resultieren.

2.3.4 Rastvögel (RV)

Als Grundlage für die Abgrenzung von Gebieten mit hoher Bedeutung für RV dienen die „Important Bird Areas“ (IBA). Details zu der diesbezüglichen Vorgehensweise finden sich im nachfolgenden Kap. 2.3.4.1.

Im Rahmen des Projektes wurde auch diskutiert, hierfür die Daten der Internationalen Wasservogelzählung zu nutzen, weil dieser Datensatz systematisch erhoben wird. Die Daten liegen in ihrer Gesamtheit bei Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) vor. Es stellte sich aber heraus, dass die Aufarbeitung der Daten (v.a. hinsichtlich ihrer räumlicher Verortung und Datenhomogenität) seitens des DDA einen hohen Aufwand erfordern würde, um die Daten für diese Studie nutzbar zu machen. Dies war unter den gegebenen Rahmenbedingungen (verfügbarer finanzieller und damit auch zeitlicher Rahmen) nicht leistbar, sodass als Alternative der Ansatz mittels den IBA weiter verfolgt wurde. Gleichwohl ist anzumerken, dass die IBA-Kulisse eine hohe fachliche Eignung für die Fragestellung aufweist und auch einen Großteil der insbesondere bedeutsamen Wasservogel-Zählgebiete abdeckt.

Weiterhin ist davon auszugehen, dass der Vogelzug i.d.R. in Höhenbereichen stattfindet, der über der Höhe von Freileitungen liegt (HEINE 2012, POLLHEIMER et al. 2015). Daher entstehen Konflikte i.d.R. wenn der Zug unterbrochen wird und Vögel rasten⁷. Rastende Vögel sind mit der gewählten Vorgehensweise gut berücksichtigt.

2.3.4.1 Avifaunistische Bedeutung (AB)

Aufgrund der wesentlich stärkeren räumlichen und zeitlichen Dynamik von RV im Vergleich zu BV sowie der hierzu nur sehr heterogen verfügbaren Datenbasis wurden in einem vereinfachten Ansatz alle Bereiche als für RV avifaunistisch bedeutsam eingestuft, soweit es sich um IBA handelt. Um aber auch hier den Fokus auf kollisionsgefährdete Arten zu richten, wurden nur diejenigen IBA berücksichtigt, die gemäß der Auswertung von SUDFELDT et al. (2002) die Kriterien der Ramsar-Konvention erfüllen und daher als Feuchtgebiete mit internationaler Bedeutung anzusehen sind (Im Folgenden „Ramsar-IBA“ genannt)⁸. Für die restlichen IBA ist davon auszugehen, dass dort vorwiegend (bzw. fast ausschließlich) Arten vorhanden sind, die nicht als besonders kollisionsgefährdet einzustufen sind (vor allem Singvögel, Spechte). Da es jedoch auch IBA mit einem relevanten Arteninventar gibt, welches aber nur geringe Abundanzen aufweist und daher keine Ramsar-Kriterien erfüllt, wird dies entsprechend berücksichtigt (siehe dazu Ausführungen in Kap. 2.3.4.3)

Mit der gewählten Vorgehensweise ist gewährleistet, dass sowohl die primär kollisionsgefährdete Arten als auch die Gebiete mit deren bedeutsamsten Rastvorkommen in der vorliegenden Studie berücksichtigt werden.

2.3.4.2 Gefährdungspotenzial (GP)

Hier wurden analog zum Vorgehen bei den BV alle Leitungen berücksichtigt, die innerhalb dieser Ramsar-IBA verlaufen.

2.3.4.3 Ermittlung des Avifaunistischen Gefährdungspotenzials (AGP), Ranking

Da innerhalb der Grenzen der Ramsar-IBA keine repräsentativen Informationen zu Bestand und räumlichem Auftreten der relevanten Arten verfügbar waren, aufgrund der Größe der IBA hier jedoch mit starken Unterschieden zu rechnen ist, wurde in einem integrativen Ansatz die sehr großräumigen Angaben zum GP der von den Staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland begleitenden „RWE-Studie“ zu Grunde gelegt (BERNSHAUSEN et al. 2000 und 2007). Hierbei handelt es sich um die einzige großräumige und mehrjährige Untersuchung, bei der auf Basis umfangreicher Recherchen und Gebiets-sichtungen vor Ort ein GP (bzw. AGP) für das gesamte Trassennetz der damaligen RWE (jetzt Amprion) bearbeitet wurde. Hier wird nun der spannfeldgenau ermittelte Anteil von Bereichen mit hohem, mittlerem bzw. niedrigem GP aus BERNSHAUSEN et al. (2000 und 2007) genutzt. Aufgrund der Größe des Betrachtungsraumes kann daher davon ausgegangen werden, dass damit repräsentative Anteile vorliegen⁹, zumal hier alle Landschaftsräume

⁷ Eine Einschränkung dieser Aussage stellt die Tatsache dar, dass bei schlechten Witterungsbedingungen u.U. niedrigere Zughöhen feststellbar sind. Diese können dann ggf. in Höhenbereichen liegen, in denen Kollisionen mit Freileitungen möglich sind.

⁸ Insgesamt gibt es 551 IBA, von denen 210 die Kriterien der Ramsar-Konvention erfüllen („Ramsar-IBA“)

⁹ Die Recherchen erfolgten für den gesamten Trassenbereich der RWE mit gut 12.200 km, wobei ein Umfeld bis zu 5.000 m beiderseits betrachtet wurde. Dabei wurden 398 vogelbedeutsame Gebiete ermittelt, deren GP vor Ort spannfeldgenau auf einer Strecke von 2.400 km ermittelt wurde. Dabei

Deutschlands im Wesentlichen abgedeckt wurden (Norddeutsche Tiefebene, Mittelgebirge, Alpenvorland, große Flüsse und Ströme im Binnenland). Der Anteil an Spannungsfeldern mit einem hohen GP innerhalb der vor Ort begutachteten avifaunistisch bedeutsamen Gebiete betrug dabei 15,6%.

Auf Basis dieser Werte wird die KR für RV folgendermaßen festgelegt:

- auf 15,6% der Leitungsstrecke in den Ramsar-IBA wird eine hohe KR mit einem Wert von **250 Ind./km*y** angenommen
- für alle restlichen Leitungsstrecken in den Ramsar-IBA wird grundsätzlich eine mittlere KR mit einem Wert von **50 Ind./km*y** angenommen
- für alle restlichen Leitungsstrecken außerhalb der Ramsar-IBA wird im Regelfall eine geringe KR mit einem Wert von **5 Ind./km*y** angenommen

Da innerhalb dieser restlichen Leitungsstrecken hier aber auch teils Bereiche mit höherer Bedeutung anzunehmen sind (wenn auch nicht ausreichend, um als IBA klassifiziert zu werden), wird darüber hinaus in Anlehnung an das Verteilungsmuster der BV für 10% der Bereiche eine mittlere KR mit einem Wert von **50 Ind./km*y** angesetzt¹⁰.

2.4 Datengrundlagen

2.4.1 HS- und HöS-Netz

Als Grundlage für die räumlichen Daten zum HS- und HöS-Netz wurde der OpenStreetMap (OSM) Datensatz verwendet (OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS 2016). Aus diesem wurde die Basisobjektklasse *Way* mit den tags *power=line* extrahiert, welche alle linienhaften Elemente der elektrischen Energieversorgung und -übertragung charakterisiert (WIKIPROJECT POWER NETWORKS/GERMANY 2016, DE:KEY:POWER 2016). Darüber hinaus wurde der Datensatz – wie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben – auf die Spannungsklassen ≥ 110 kV beschränkt. Es ist anzumerken, dass die Daten in OpenStreetMap weder als vollständig noch fehlerfrei gelten können, da diese in freiwilliger kollaborativer Art und Weise von Mappern zusammengetragen werden. In Deutschland ist die Qualität der OSM Daten jedoch im Allgemeinen als sehr gut einzustufen (SCIGRID 2015), weshalb der aus den OSM Daten resultierende Fehler nachfolgender Berechnungen als gering eingeschätzt wird.

In dieser Studie berechnete Leitungskilometer geben im Gegensatz beispielsweise zum Monitoringbericht der Bundesnetzagentur und des Bundeskartellamtes (BUNDESNETZAGENTUR & BUNDESKARTELLAMT 2016), welche Stromkreislängen auflistet, Trassenlängen an. Im Hinblick auf die Fragestellung „Vogelschlag“ ist jedoch die Trassenlänge als räumliche Entität – und nicht die Stromkreislänge – relevant. Diese Tatsache führt jedoch zu einer

zeigten 1.553 km ein GP, die damit 12,7% des gesamten Netzes betrafen. Unter Berücksichtigung der AB wurde auf 413 km (3,4%) ein sehr hohes AGP ermittelt, für die danach eine Markierung des Erdseils erfolgte.

¹⁰ Bei den angesetzten 10% handelt es sich um eine gutachterliche Einschätzung angelehnt an das BV-Verteilungsmuster. Der Vergleich mit dem Verteilungsmuster der BV ist zulässig, weil dieses letztlich als Maß für die Lebensraumausbildung insgesamt genutzt werden kann und sich daher in vergleichbarer Weise für BV und RV anwenden lässt.

(scheinbaren) Differenz der Kilometerangaben zwischen der vorliegenden Studie und dem Monitoringbericht, da beispielsweise Stromkreise verschiedener Spannungsklassen häufig auf demselben Gestänge einer Freileitung vorzufinden sind. Ebenso liegen auf Freileitungen i.d.R. mehrere Stromkreise auf, deren Längen für die Stromkreislänge einzeln gezählt werden.

2.4.2 Avifauna

Wie in Kap. 2.3.3 beschrieben werden für die BV Daten aus dem Atlas Deutscher Brutvogelarten („ADEBAR“; GEDEON et al. 2014) verwendet. Die Bereitstellung des Datensatzes durch den DDA erfolgte am 19.09.2016. Der Datensatz wurde beschränkt auf Arten für die zumindest ein mittleres Kollisionsrisiko gemäß BERNOTAT & DIERSCHKE (2016) bekannt bzw. anzunehmen ist (Stufen 1-3: „sehr hoch“, „hoch“ und „mittel“).

Als Grundlage für die Bearbeitung der RV dienen wie in Kap. 2.3.4 erläutert die „Important Bird Areas“ (IBA). Das Michael-Otto-Institut im NABU hält alle IBA Deutschlands als shape-Dateien zum Download bereit. Der Download erfolgte am 14.10.2016.

Die IBA sind – getrennt nach den IBA, die gemäß SUDFELDT et al. (2002) die Kriterien der Ramsar-Konvention erfüllen und den restlichen IBA – auf der beiliegenden Karte dargestellt.

3 Ergebnis

3.1 Leitungen des Transport-Netzes in Deutschland

Die Analyse des OSM-Datensatzes ergibt ein Trassenlänge von **61.659 km** an Freileitungen ≥ 110 kV, die den nachfolgenden Berechnungen zu Grunde gelegt werden.

Die Freileitungen in D sind – getrennt nach den verschiedenen Spannungsebenen – auf der beiliegenden Karte dargestellt.

3.2 Brutvögel

3.2.1 Ranking der MTB

Das Ranking für die knapp 3.000 MTB führt zu folgendem Verteilungsmuster (Abbildung 1).

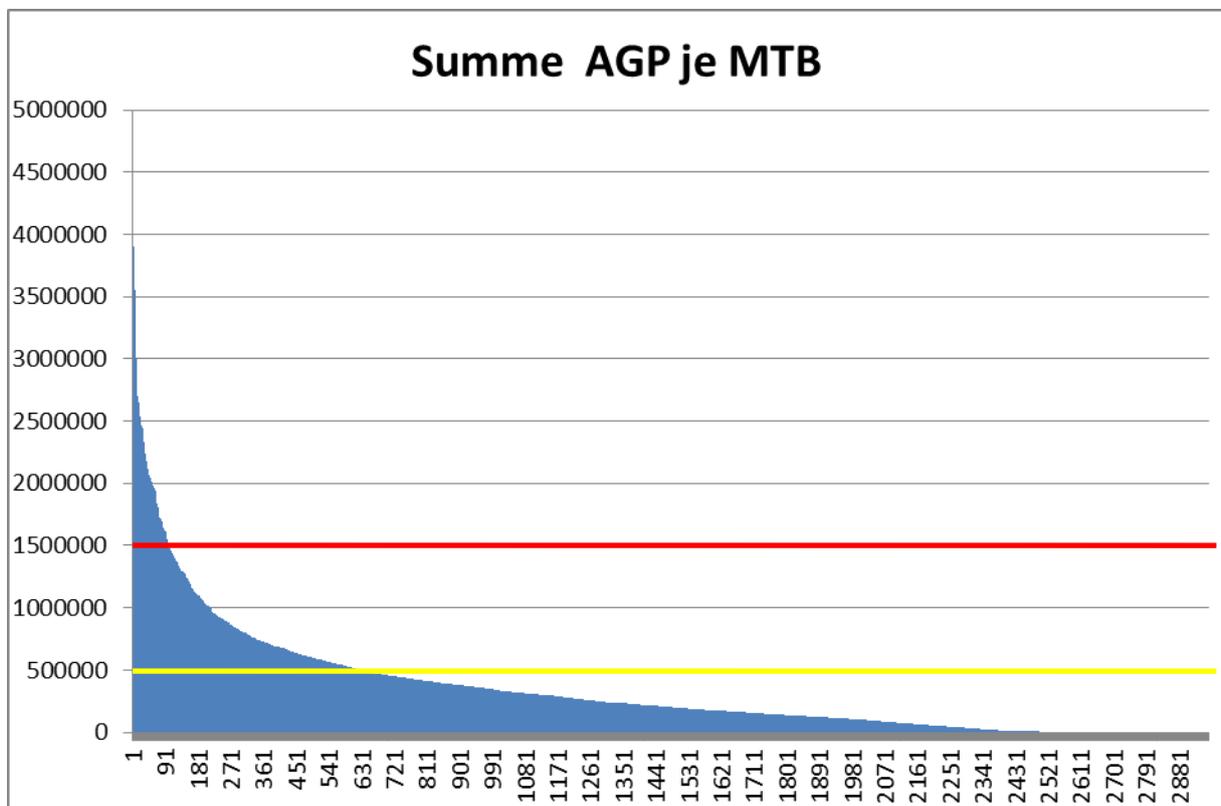


Abbildung 1: Verteilung des aufsummierten AGP, die farbigen Linien stellen die Abgrenzungen für die Festlegung der jeweiligen KR dar: gelbe Linie – bis zu einem aufsummierten AGP von 500.000 wird eine geringe KR angenommen; rote Linie – ab einem aufsummierten AGP von 1.500.000 wird eine hohe KR angenommen; dazwischen wird eine mittlere KR angenommen; x-Achse = Anzahl der MTB, y-Achse = aufsummiertes AGP

Auf Basis dieser Verteilung werden folgende Grenzen definiert:

- bis zu einem AGP von 500.000 wird eine geringe KR angenommen, dies betrifft 78,7% aller MTB (n = 2.235) mit 31.595 Trassen-km
- bei einem AGP > 500.000 bis 1.500.000 wird eine mittlere KR angenommen, dies betrifft 3,3% der MTB (n= 532) mit 23.090 Trassen-km
- ab einem AGP von 1.500.000 wird eine hohe KR angenommen, dies betrifft 18,0% der MTB (n = 93) mit 6.974 Trassen-km

Diese Abgrenzungen werden durch die Ergebnisse der großräumigen RWE-Studie (BERNSHAUSEN et al. 2000 und 2007) bestätigt, bei der ein sehr hohes AGP auf 3,4% des RWE-Netzes ermittelt wurde sowie für gut 80% nur ein niedriges AGP.

3.2.2 Berechnung der Kollisionsopfer

Aus den ermittelten und festgesetzten Werten resultieren folgende Werte (pro Jahr):

6.974 km	mit hoher KR (250 Ind./km*y)	x ($\frac{1}{3}$) =	581.167 Ind.
23.090 km	mit mittlerer KR (50 Ind./km*y)	x ($\frac{1}{3}$) =	384.833 Ind.
31.595 km	mit geringer KR (5 Ind./km*y)	x ($\frac{1}{3}$) =	52.658 Ind.
Summe:			1.018.658 Ind.

Der sehr konservative Ansatz mit Maximalwerten der KR führt zu folgenden Werten (pro Jahr):

6.974 km	mit hoher KR (400 Ind./km*y)	x ($\frac{1}{3}$) =	929.867 Ind.
23.090 km	mit mittlerer KR (100 Ind./km*y)	x ($\frac{1}{3}$) =	769.667 Ind.
31.595 km	mit geringer KR (10 Ind./km*y)	x ($\frac{1}{3}$) =	105.317 Ind.
Summe:			1.804.851 Ind.

Auf Basis dieser Ermittlung ist für die BV von einer Kollisionsopferzahl von etwa **1 bis 1,8 Mio. Individuen pro Jahr** auszugehen.

3.3 Rastvögel

3.3.1 Trassen-km innerhalb der Ramsar-IBA

Folgende Streckenlängen der Trassen sind Basis der weiteren Berechnungen:

- Trassen-km innerhalb der Ramsar-IBA = 2.221 km → davon gem. Kap. 2.3.4.3 15,6 % mit hoher KR = 346 km
- Trassen-km außerhalb der Ramsar-IBA = 59.438 km

3.3.2 Berechnung der Kollisionsopfer

Aus den ermittelten und festgesetzten Werten resultieren folgende Werte (pro Jahr):

346 km	mit hoher KR (250 Ind./km*y)	$x^{(2/3)} =$	57.667 Ind.
1.875 km	mit mittlerer KR (50 Ind./km*y)	$x^{(2/3)} =$	62.500 Ind.
5.944 km ¹¹	mit mittlerer KR (50 Ind./km*y)	$x^{(2/3)} =$	198.133 Ind.
53.494 km	mit geringer KR (5 Ind./km*y)	$x^{(2/3)} =$	178.313 Ind.
Summe:			496.613 Ind.

Der sehr konservative Ansatz mit Maximalwerten der KR führt zu folgenden Werten (pro Jahr):

346 km	mit hoher KR (400 Ind./km*y)	$x^{(2/3)} =$	92.267 Ind.
1.875 km	mit mittlerer KR (100 Ind./km*y)	$x^{(2/3)} =$	125.000 Ind.
5.944 km	mit mittlerer KR (100 Ind./km*y)	$x^{(2/3)} =$	396.267 Ind.
53.494 km	mit geringer KR (10 Ind./km*y)	$x^{(2/3)} =$	356.627 Ind.
Summe:			970.161 Ind.

Auf Basis dieser Ermittlung ist für die RV von einer Kollisionsopferzahl von etwa **500.000 bis 1 Mio. Individuen pro Jahr** auszugehen.

3.4 Gesamtergebnis

Als Endergebnis kann festgehalten werden, dass auf Grund der getroffenen Annahmen und der ermittelten Ausgangszahlen in Deutschland mit jährlichen Kollisionsopfern an Vögeln in der Größenordnung zwischen **1,5 bis 2,8 Mio. Individuen** auszugehen ist.

¹¹ 10% von den Trassen-km außerhalb der Rasmal-IBA (59.438 km), siehe Kap. 2.3.4.3

4 Diskussion

Für Deutschland liegt unseres Wissens nach mit dieser Studie nun zum ersten Mal seit HOERSCHELMANN et al. (1988) eine aktualisierte Schätzung der Kollisionsopfer an Hoch- und Höchstspannungs-Freileitungen vor. Mit einer Gesamtzahl im Bereich von 1,5 bis 2,8 Mio. liegt die ermittelte Zahl deutlich unter den 30 Mio. die HOERSCHELMANN et al. (1988) alleine für die alten Bundesländer abschätzten. Allerdings hat sich der Hauptautor im Nachhinein von seiner damaligen Hochrechnung distanziert (HOERSCHELMANN 1997).

Der Vergleich mit Hochrechnungen in anderen Ländern ist aufgrund von einem unterschiedlichen Arteninventar und unterschiedlicher naturräumlicher Ausstattung sicher nur mit Vorsicht zu ziehen. Die Zahlen mit 2,5 bis 25,6 Mio. Kollisionsopfern von RIOUX et al (2013) für das knapp viermal so lange Leitungsnetz Kanadas bewegen sich aber in einem ähnlichen Rahmen wie die in dieser Studie ermittelten Zahlen. Ebenso verhält es sich mit den von LOSS et al. (2014) ermittelten Zahlen zwischen 20 und 25,5 Mio. Kollisionsopfer für das Leitungsnetz der USA, welches ca. 14-mal so lang ist wie das deutsche Leitungsnetz. Die letzte Hochrechnung der Kollisionsopfer für die NL (KOOPS 1987) – im Vergleich zu Kanada bzw. USA zumindest geographisch deutlich näher an Deutschland – zeigt deutliche Unterschiede im Ergebnis: Die vorliegende Studie ermittelt eine ca. zwei bis drei mal so hohe Kollisionsopferzahl, das Leitungsnetz in D ist allerdings ca. 15 mal länger als das der NL, was bedeutet, dass gemäß KOOPS (1987) in den NL relativ gesehen deutlich mehr Vögel an Freileitungen kollidieren als dies in Deutschland der Fall ist. Insgesamt ist die NL aber im Vergleich zu D vogelreicher (im Winter- wie im Sommerhalbjahr), besteht zu einem ungleich größeren Anteil aus Küstengebieten und dürfte auch im Grünland, Acker usw. wesentlich höhere Dichten an Vögeln (v. a. vogelschlagrelevante Arten wie Limikolen, Gänse, usw.) aufweisen¹². Vogelärmere Landschaften wie z.B. Mittelgebirge, waldreiche Landschaften und großräumige Intensiv-Agrarlandschaften – mit wesentlich geringeren KR – sind in den NL in weitaus geringerem Ausmaß vorhanden als in D der Fall ist. Diese Fakten zusammen genommen liefern eine durchaus schlüssige Erklärung für die Unterschiede an Kollisionsopfern in D und den NL.

Ein aus unserer Sicht zumindest auf den ersten Blick auffälliges Merkmal des Ergebnisses dieser Studie ist, dass der Wert für die RV mit 500.000 bis 1 Mio. Kollisionsopfer niedriger liegt als der für die BV mit 1 bis 1,8 Mio., obwohl die RV zu $\frac{2}{3}$ gegenüber den BV mit $\frac{1}{3}$ gewichtet wurden (siehe Kap. 2.3.2). Dies wird nach unserer Ansicht vor allem durch einen unterschiedlichen Fokussierungsgrad bei der Herangehensweise der BV gegenüber der bei den RV verursacht: Die Vorgehensweise bei den RV mit der Herleitung der bedeutsamen Gebiete (mit hoher KR) über die Ramsar-IBA weist einen höheren Detaillierungsgrad auf als der eher flächige Ansatz über MTB und bei ADEBAR-Daten den BV. Dies hat zur Folge dass die hier primär relevante IBA-Kulisse (Ramsar-IBA) kleiner ist und damit die Vorgehensweise bei den RV eine deutlich kürzere Leitungsstrecke mit hoher KR beinhaltet als der flächige

¹² Diese Aussage ist auch vor dem Hintergrund gültig dass die von KOOPS (1987) zur Hochrechnung seiner Kollisionsopferzahl herangezogenen Studien ca. 30 bis 60 Jahre alt sind, wo als die BV- Populationen in den NL sicherlich größer waren als dies heute der Fall ist. Dem steht aber gegenüber, dass die Überwinterungsbestände anderer Arten (RV: z.B. Gänse, Enten, Möwen) stark zugenommen haben, was vermutlich in ähnlichen Gesamtbeständen an Vögeln auch über diesen Zeitraum hinweg resultiert (H. PRINSEN, pers. Mitteilung).

Ansatz bei den BV. Im Umkehrschluss muss bei den BV auch bei einem MTB mit hohem Ranking und daher hoher zugeordneter KR eine Freileitung nicht zwangsläufig im Einflussbereich der BV-Arten liegen, die für das hohe Ranking des MTB mit verantwortlich waren. Dies wird insbesondere deutlich wenn man die Ausdehnung eines MTB mit ca. 10 x 10 km mit in die Überlegungen einbezieht. Hier ist der Detailierungsgrad der getroffenen Annahmen deutlich geringer im Vergleich zu den getroffenen Annahmen bei den RV. Dies hat zur Folge dass die Kollisionsopferzahl bei den BV möglicherweise etwas überschätzt wird und die Zahl der Kollisionsopfer bei den RV genauer ist.

Interessant ist es auch die errechneten Kollisionsopfer an BV und RV mit der Anzahl an Individuen in diesen Kategorien in D in Verhältnis zu setzen. Da hier wiederum keine genauen Angaben zu finden sind, sind die nachfolgenden Zahlen diesbezüglich als vorsichtige Schätzungen zu sehen: Gemäß GEDEON et al. (2014) brüten in D etwa 70 bis 100 Mio. Paare Vögel. Bei zwei Individuen pro Paar und der Annahme von durchschnittlich etwa zwei Juvenilen pro Paar (zumindest die Jungvögel, die ein Jahr (über)leben) ergibt das etwa 400 Mio. anwesende Vögel zur Brutzeit in D. Dieser Zahl würden die ermittelten Verluste durch Kollisionen von BV von 1 bis 1,8 Mio. entgegenstehen. Hinsichtlich der Anzahl von Vögeln, die in oder durch D zieht (und damit ggf. auch rastet und dann auch mit Freileitungen in Konflikt kommen kann) legen HÜPPOP et al. (2013) in der Roten Liste wandernder Vogelarten Deutschlands erstmalig einen Schätzwert von ca. 500 Mio. Vögel vor. Dieser Zahl würden die ermittelten Verluste durch Kollisionen von RV von 500.000 bis 1 Mio. entgegenstehen. In einer Gesamtbetrachtung müssten diese Zahlen aber weiterhin sowohl für BV als auch für RV im Zusammenhang mit Kollisionen von Vögeln im Straßen- und Schienenverkehr, mit Gebäuden und Scheiben, Windenergieanlagen sowie weiterer anderer anthropogener bedingter Vogelverluste diskutiert werden.

Literatur

- ALONSO, JUAN CARLOS; ALONSO, JAVIER A.; MUÑOZ-PULIDO, RODRIGO (1994): Mitigation of bird collision with transmission lines through groundwire marking. In: *Biological Conservation* (67), S. 129–134.
- AVIAN POWER LINE INTERACTION COMMITTEE (APLIC) (2012): *Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012*. Washington, D.C.: Edison Electric Institute
- BARRIENTOS, RAFAEL; PONCE, CARLOS; PALACÍN, CARLOS; MARTÍN, CARLOS A.; MARTÍN, BEATRIZ; ALONSO, JUAN CARLOS (2012): Wire marking results in a small but significant reduction in avian mortality at power lines: a BACI designed study. In: *PLOS One* 7 (3), S. e32569 (1-10).
- BAYLE, PATRICK (1999): Preventing birds of prey problems at transmission lines in Western Europe. In: *J. Raptor Res.* 33 (1), S. 43–48.
- BERNOTAT, DIRK & DIERSCHKE, VOLKER (2016): *Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen*. 3. Fassung. Leipzig; Winsen (Luhe) (Stand 20.09.2016).
- BERNSHAUSEN, FRANK; STREIN, MARTIN; SAWITZKY, HEIKO (1997): Vogelverhalten an Hochspannungsfreileitungen - Auswirkungen von elektrischen Freileitungen auf Vögel in durchschnittlich strukturierten Kulturlandschaften. In: Klaus Richarz und Martin Hormann (Hg.): *Vögel und Freileitungen*. Vogel und Umwelt (9 - Sonderheft). Wiesbaden: Hessisches Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, S. 59–92.
- BERNSHAUSEN, FRANK; KREUZIGER, JOSEF; RICHARZ, KLAUS; SAWITZKY, HEIKO; UTHER, DIRK (2000): Vogelschutz an Hochspannungsfreileitungen. Zwischenbericht eines Projektes zur Minimierung des Vogelschlagrisikos. In: *NuL* 32 (12), S. 373–379.
- BERNSHAUSEN, FRANK; KREUZIGER, JOSEF; UTHER, DIRK; WAHL, MICHAEL (2007): Hochspannungsfreileitungen und Vogelschutz: Minimierung des Kollisionsrisikos. Bewertung und Maßnahmen zur Markierung kollisionsgefährlicher Leitungsbereiche. In: *NuL* 39 (1), S. 5-12.
- BERNSHAUSEN, FRANK; KREUZIGER, JOSEF; RICHARZ, KLAUS; SUDMANN, STEFAN R. (2014): Wirksamkeit von Vogelabweisern an Hochspannungsfreileitungen. Fallstudien und Implikationen zur Minimierung des Anflugerisikos. In: *NuL* 46 (4), S. 107–115.
- BEVANGER, KJETIL (1994): Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. In: *Ibis* (136), S. 412–425.
- BEVANGER, KJETIL (1995): Estimates and population consequences of tetraonid mortality caused by collisions with high tension power lines in Norway. In: *Journal of Applied Ecology* (32), S. 745–753.
- BEVANGER, KJETIL (1998): Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. In: *Biological Conservation* (86), S. 67–76.
- BEVANGER, KJETIL; BRØSETH, HENRIK (2001): Bird collisions with power lines - an experiment with ptarmigan (*Lagopus* spp.). In: *Biological Conservation* (99), S. 341–346.

- BEVANGER, KJETIL; BRØSETH, HENRIK (2004): Impact of power lines on bird mortality in a subalpine area. In: *Animal Biodiversity and Conservation* 27 (2), S. 67–77.
- BEZZEL, EINHARD (1982): *Vögel in der Kulturlandschaft*. Stuttgart: Ulmer.
- BRAAKSMA, S. (1966): Vele draadslachtoffers in de ringverslagen. *Vogeljaar* 14 (4) 147-152
- BRAUNEIS, WOLFRAM; WATZLAW, WOLFGANG; HORN, LOTHAR (2003): Das Verhalten von Vögeln im Bereich eines ausgewählten Trassenabschnittes der 110 KV-Leitung Bernburg - Susigke (Bundesland Sachsen-Anhalt). Flugreaktionen, Drahtanflüge, Brutvorkommen. In: *Ökologie der Vögel* 25 (1), S. 69–115.
- BRUNNER, HELWIG (2011): Verdrahtung des Luftraums als artenschutzrelevante Gefahrenquelle für Zugvögel an Gewässern. Dokumentation und Entschärfung des Kollisionsrisikos in der Steiermark. Endbericht. Amt der Steiermärkischen Landesregierung.
- BUNDESNETZAGENTUR & BUNDESKARTELLAMT (2016): Monitoringbericht 2015. Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i. V. m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i. V. m. § 53 Abs. 3 GWB, Stand: 10. November 2015, Korrektur: 21. März 2016, http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2015/Monitoringbericht_2015_BA.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- CRIVELLI, ALAIN J.; JERRENTROP, HANS; MITCHEV, TANIU (1988): Electric Power Lines: A Cause of Mortality in *Pelecanus crispus* Bruch, a World Endangered Bird Species, in Porto-Lago, Greece. In: *Colonial Waterbirds* 11 (2), S. 301–305.
- DE:KEY:POWER (2015): OpenStreetMap Wiki, abgerufen: 11. Dezember 2016, <http://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=DE:Key:power&oldid=1180783>
- DEMERDZHIEV, DIMITAR A. (2014): Factors Influencing Bird Mortality Caused by Power Lines within Special Protected Areas and undertaken Conservation Efforts. In: *Acta zool. bulg.* 66 (2), S. 411–423.
- DEMERDZHIEV, DIMITAR A.; STOYCHEV, STOYCHO A.; PETROV, TZENO H.; ANGELOV, IVAYLO D.; NEDYALKOV, NEDKO P. (2009): Impact of Power Lines on Bird Mortality in Southern Bulgaria. In: *Acta zool. bulg.* 61 (2), S. 175–183.
- DREWITT, ALLAN L.; LANGSTON, ROWENA H. W. (2008): Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds. In: *Ann. N. Y. Acad. Sci.* (1134), S. 233–266.
- ERICKSON, WALLACE P.; JOHNSON, GREGORY D.; STRICKLAND, M. DALE; YOUNG, DAVID P., JR.; SERNKA, KARYN J.; GOOD, RHETT E. (2001): Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States. National Wind Coordinating Committee (NWCC) Resource Document, Washington, D.C.
- ERICKSON, WALLACE P.; JOHNSON, GREGORY D.; YOUNG, DAVID P., JR. (2005): A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions. In: *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.*, S. 1029–1042.

- FAANES, C. A. (1987): Bird behavior and mortality in relation to power lines in prairie habitats. General Technical Report 7. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior; 24 p.
- FERNÁNDEZ, JOSÉ MARÍA (1998): Relationship between mortality in electric power lines and avian abundance in a locality of Leon (NW of Spain). In: *Ardeola* 45 (1), S. 63–67.
- FROST, DARREN (2012): The use of ‘flight diverters’ reduces mute swan *Cygnus olor* collision with power lines at Abberton Reservoir, Essex, England. In: *Conservation Evidence* (5), S. 83–91.
- GARRIDO, J.R. & FERNANDEZ, M. (2003): Effects of power lines on a White Stork *Ciconia ciconia* population in central Spain. *Ardeola* 50: 191–200.
- GEDEON, K., C. GRÜNEBERG, A. MITSCHKE, C. SUDFELDT, W. EICKHORST, S. FISCHER, M. FLADE, S. FRICK, I. GEIERSBERGER, B. KOOP, BERND, M. KRAMER, T. KRÜGER, N. ROTH, T. RYSLAVY, S. STÜBING, S. R. SUDMANN, R. STEFFENS, F. VÖKLER, K. WITT (2014): Atlas Deutscher Brutvogelarten – Atlas of German Breeding Birds. Herausgegeben von der Stiftung Vogelmonitoring und dem Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.
- GERDZHIKOV, GEORGI P.; DEMERDZHEV, DIMITAR A. (2009): Data on Bird Mortality in “Sakar” IBA (BG021), Caused by Hazardous Power Lines. In: *Ecologia Balkanica* 1 (November 2009), S. 67–77.
- GROSSE, H.; SYKORA, W.; STEINBACH, R. (1980): Eine 220-kV-Hochspannungstrasse im Überspannungsgebiet der Talsperre Windischleuba war Vogelfalle. *Falke* 27: 247–248.
- GUTSMIEDL, IRMHILD; TROSCHKE, TORSTEN (1997): Untersuchungen zum Einfluß einer 110-kV-Freileitung auf eine Graureiher-Kolonie sowie auf Rastvögel. In: Klaus Richarz und Martin Hormann (Hg.): *Vögel und Freileitungen. Vogel und Umwelt* (9 - Sonderheft). Wiesbaden: Hessisches Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, S. 191–209.
- HARTMANN, JONNE C.; GYIMESI, ABEL; PRINSEN, HEIN A. M. (2010): Zijn vogelflappen effectief als draadmarkering in een hoogspanningslijn? Veldonderzoek naar draadslachtoffers en vliegbewegingen bij een gemarkeerde 150 kV verbinding. Bureau Waardenburg bv. Culemborg (NL).
- HEIJNIS, RENÉ (1980): Vogeltod durch Drahtanflüge bei Hochspannungsleitungen. In: *Ökologie der Vögel (Ecology of Birds)* 2 (Sonderheft), S. 111–129.
- HEINE, G., H. JACOBY, H. LEUZINGER & H. STARK (1999): Die Vögel des Bodenseegebietes. *Ornithol. Jh. Bad.-Württ.* 14/15.
- HENDERSON, IAN G.; LANGSTON, ROWENA H. W.; CLARK, NIGEL A. (1996): The response of Common Terns *Sterna hirundo* to power lines: an assessment of risk in relation to breeding commitment, age and wind speed. In: *Biological Conservation* (77), S. 185–192.
- HOERSCHELMANN, HEINRICH (1997 A): Ornithologische Stellungnahme zu der neuen 110-kV-Leitung Abzweig Biedenkopf zwischen Breidenstein und Breidenbach. Unveröffentlichtes Gutachten (zitiert in HOERSCHELMANN, HEINRICH 1997 B).

- HOERSCHELMANN, HEINRICH (1997 B): Wie viele Vögel fliegen gegen Freileitungen? In: UVP-report (3), S. 166–168.
- HOERSCHELMANN, HEINRICH; HAACK, ANDREAS; WOHLGEMUTH, FRANK (1988): Verluste und Verhalten von Vögeln an einer 380-kV-Leitung. In: Ökologie der Vögel (Ecology of Birds) 10, S. 85–103.
- Hoerschelmann, H., Lieber, M. (1995): Gutachterliche Stellungnahme zu Ausbau- und Rückbaumaßnahmen im Hochspannungsnetz der Preussen Elektra infolge der Ex-Po 2000. – Mögliche Gefährdung von Vögeln durch den Leitungsneubau zwischen dem UW Algermissen und dem UW Wülferode. Unveröffentlichtes Gutachten (zitiert in HOERSCHELMANN, HEINRICH 1997 B).
- HÜPPOP, OMMO; BAUER, HANS-GÜNTHER; HAUPT, HEIKO; RYSLAVY, TORSTEN; SÜDBECK, PETER; WAHL, JOHANNES (2013): Rote Liste der wandernden Vogelarten Deutschlands. 1. Fassung, 31. Dezember 2012. In: Berichte zum Vogelschutz 49/50.
- JAKLITSCH H., M. BIERBAUMER., K. EDELBACHER, S. SCHINDLER & S. WEGLEITNER (2010): Ornithologisches Monitoring an der 110 kV Bahnstromleitung Angern-Mistelbach. Endbericht zur Untersuchung von 2007 bis 2009 i.A. ÖBB Infrastruktur AG.
- JANSS, GUYONNE F. E. (2000): Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. In: Biological Conservation (95), S. 353–359.
- JANSS, GUYONNE F. E.; FERRER, MIGUEL (1998): Rate of bird collision with power lines: effects of conductor-marking and static wire-marking. In: Biological Conservation 69 (1), S. 8–17.
- JANSS, GUYONNE F. E.; FERRER, MIGUEL (2000): Common crane and great bustard collision with power lines: collision rate and risk exposure. In: Wildlife Society Bulletin 28 (3), S. 675–680.
- KABOUCHE, BENJAMIN; BAYEUL, JULIE; ZIMMERMANN, LAURENT; BAYLE, PATRICK (2006): La mortalité des oiseaux sur le réseau électrique aérien : enjeux et perspectives en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Rapport DIREN PACA - LPO PACA. Hyères.
- KLIEBE, KARL (1997): Auswirkungen von Freileitungen auf die Vögel der Radenhäuser Lache, Landkreis Marburg-Biedenkopf/Hessen. In: Klaus Richarz und Martin Hormann (Hg.): Vögel und Freileitungen. Vogel und Umwelt (9 - Sonderheft). Wiesbaden: Hessisches Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, S. 291–294.
- KOOPS, FRANS B. J. (1987): Draadslachtoffers in Nederland en effecten von markering. Vereniging van directeuren van elektriciteitsbedrijven in Nederland. Arnhem (01282-MOB 86-3048).
- KOOPS, FRANS B. J. (1997): Markierung von Hochspannungsfreileitungen in den Niederlanden. In: Klaus Richarz und Martin Hormann (Hg.): Vögel und Freileitungen. Vogel und Umwelt (9 - Sonderheft). Wiesbaden: Hessisches Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, S. 276–278.
- MAÑOSA, SANTI; REAL, JOAN (2001): Potential negative effects of collisions with transmission lines on a Bonelli's eagle population. In: J. Raptor Res. 35 (3), S. 247–252.

- MANVILLE, ALBERT M., II (2005): Bird Strikes and Electrocutions at Power Lines, Communication Towers, and Wind Turbines: State of the Art and State of the Science – Next Steps Toward Mitigation. In: USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. (PSW-GTR-191), S. 1051–1064.
- MARTI, CHRISTIAN (1998): Auswirkungen von Freileitungen auf Vögel. Dokumentation. Bern (Schriftenreihe Umwelt, 292).
- NEVES, J., INFANTE, S., & MINISTRO, J. (2005): Estudo sobre o Impacto das Linhas Eléctricas de Muito Alta Tensão na Avifauna em Portugal. SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves e Quercus Associação de Conservação da Natureza, Castelo Branco (relatório não publicado).
- OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS (2016): Planet dump [Datei vom 13.07.2016], abgerufen von <http://planet.openstreetmap.org>
- PIPER, W. (1992): 380-kV-Leitung Lüneburg (Stadorf) D Krümmel. Ornithologische Begleituntersuchung. Unveröffentlichtes Gutachten, INUF des Verein Jordsand (zitiert in HOERSCHELMANN, HEINRICH 1997 B).
- POLLHEIMER, MARTIN; JAKLITSCH, HELMUT; OBERWALDER, JÖRG; WEGLEITNER, STEFAN; BIERBAUMER, MICHAEL (2015): 380 kV-Leitung St. Peter - Salzburg. Monitoring und Evaluierung der Wirksamkeit von Leitungsmarkierungen zur Verminderung des Kollisionsrisikos für Vögel. Endbericht. coopNATURA. Krems a.d. Donau (A).
- REAL, JOAN; GRANDE, JUAN MANUEL; MAÑOSA, SANTI; SÁNCHEZ-ZAPATA, JOSÉ ANTONIO (2001): Causes of death in different areas for Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* in Spain. In: Bird Study (48), S. 221–228.
- RENSEN, T.A. (1977): Vogels onder hoogspanning, een studie betreffende de invloed van hoogspanningslijnen op vogelsterfte. Reeks Natuur en Milieu, nr. 10
- RIoux, SÉBASTIEN; SAVARD, JEAN-PIERRE L.; GERICK, ALYSSA A. (2013): Avian mortalities due to transmission line collisions: a review of current estimates and field methods with an emphasis on applications to the Canadian electric network. In: Avian Conservation and Ecology 8 (2).
- ROLLAN, ÀLEX; REAL, JOAN; BOSCH, RAFEL; TINTÓ, ALBERT; HERNÁNDEZ-MATÍAS, ANTONIO (2010): Modelling the risk of collision with power lines in Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* and its conservation implications. In: Bird Conservation International 20 (3), S. 279–294.
- RUBOLINI, DIEGO; GUSTIN, MARCO; BOGLIANI, GIUSEPPE; GARAVAGLIA, ROBERTO (2005): Birds and powerlines in Italy: an assessment. In: Bird Conservation International (15), S. 131–145.
- SCIGRID (2015): Power Relations in OpenStreetMap, retrieved 11. Dezember 2016 http://www.scigrd.de/posts/2015-Jul-02_power-relations-in-openstreetmap.html
- SCOTT, R.E., L.J. ROBERTS EN C.J. CADBURY (1972): Bird deaths from power lines at Dungeness. British Birds, Volume 65 Nr. 7
- SELLIN, D. (2000): Ein Jahr unter Hochspannung – Untersuchungen zum Vogelschlag an Hochspannungsleitungen. Orn. Rundbrief Meckl.-Vorp., H. 42, S. 53-68.

- SHAW, JESSICA M.; JENKINS, ANDREW R.; SMALLIE, JON J.; RYAN, PETER G. (2010): Modelling power-line collision risk for the Blue Crane *Anthropoides paradiseus* in South Africa. In: *Ibis* (152), S. 590–599.
- SILVA, JOÃO PAULO; PALMEIRIM, JORGE MANUEL; ALCAZAR, RITA; CORREIA, RICARDO; DELGADO, ANA; MOREIRA, FRANCISCO (2014): A spatially explicit approach to assess the collision risk between birds and overhead power lines: A case study with the little bustard. In: *Biological Conservation* (170), S. 256–263.
- SUDFELDT, C., D. DOER & J. WAHL (2002): Important Bird Areas and potential Ramsar Sites in Germany. *Ber. Vogelschutz* 39: 119-132.
- SUDMANN, S.R. (2000): Das Anflugverhalten von überwinternden, arktischen Wildgänsen im Bereich von markierten und nicht-markierten Hochspannungsfreileitungen am Niederrhein. Unveröff. Gutachten, Naturschutzzentrum im Kreis Kleve e.V., Juni 2000.
- WIKIPROJECT POWER NETWORKS/GERMANY (2016): OpenStreetMap Wiki, abgerufen 11. Dezember 2016, http://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=WikiProject_Power_networks/Germany&oldid=1310965

Anhang

Tabelle 1: Einzel-Studien im Zusammenhang mit Vogelkollisionen, die eine KR angeben oder Daten beinhalten, die eine Berechnung der KR ermöglichen. Hinterlegt sind Studien, die Erfassungen in einer „Normallandschaft“ durchführten (z.B. mehr oder weniger ausgeräumte Agrarlandschaft, Wald, usw.), vergleichsweise lange Erfassungszeiträume sowie größere untersuchte Leitungsabschnitte aufweisen.

Autor(en), Jahr	Land	genauer Ort	Habitat	Spannungsebene (kV)	unters. Länge (km)	Dauer (d)	Intervall	Monate	KR ¹³ (Ind./km*y)	Korrekturfaktor	Bemerkung
ALONSO et al. 1994	Spanien	Castuera, Südwest-Spanien (Extremadura)	mediterrane Buschlandschaft, Getreidefelder, offene Eichenwäldchen	380	28,2	151	wöchentl.	Jan.-Apr., Dez.	5,5	nein	
BARRIENTOS et al. 2012	Spanien	5 IBAs in Zentralspanien	Getreidefelder (rel. extensiv), inkl. einigen Gemüsegeldern, Weinanbau, Oliven und kl. Wäldchen	220	16,1	730 (?)	monatl.	Jan.-Jan.	125	ja	laut Loss et al. 2014, KR ist so nicht in der Veröffentlichung enthalten, Loss et al. scheinen eine KR und/oder Originaldaten angefordert zu haben
BERNSHAUSEN et al. 1997	Deutschland	Lich (Hessen), Erftstadt (NRW), Memmingen (BW), Limburg (Hessen)	Talaue, d. Gehölze strukt. Offenland (Lich); offene Argarlandschaft, Wäldchen (Erftstadt), d. Gehölze strukt. Grünland offen, Mischwald (Memmingen); strukturarmes Ackerland, Wald (Limburg)	110-380-110/110/220	6	21	2 x tägl.	versch.	6,5	nein	alle Schlagopfer in Lich, hier 156 Ind./km*y, alle anderen Gebiete 0 Ind./km*y

¹³ Die KR wurde i.d.R. aufgrund der in den Veröffentlichungen angegebenen Daten berechnet. Es ist zu berücksichtigen, dass dabei – auf das gesamte Jahr betrachtet – überhöhte KR errechnet werden, wenn beispielsweise die Daten zu Zeiten mit erhöhten Vogelauflügen (z.B. Zugzeiten) erhoben wurden. Auch weitere Faktoren (Dauer der Untersuchung, usw.) fließen hier ein. Dieser Sachverhalt ist zu berücksichtigen wenn die hier angegebenen KR miteinander verglichen werden. In manchen Fällen sind die KR nicht berechnet, sondern vom Autor in der Veröffentlichung angegeben (angegeben unter „Bemerkung“).

Autor(en), Jahr	Land	genauer Ort	Habitat	Spannungsebene (kV)	unters. Länge (km)	Dauer (d)	Intervall	Monate	KR ¹³ (Ind./km*y)	Korrekturfaktor	Bemerkung
BERNSHAUSEN et al. 2014 (Daten Lippeaue 2006/07 vor Markierung)	Deutschland	Lippeaue östlich Hamm (NRW)	Überregional bedeutendes Auengebiet (intensiv genutztes Auengrünland, inkl. kleinräumig Altwässer, Gräben, Röhricht und Hochstaudenfluren sowie Hecken, Gebüsche, Einzelbäume und Ufergehölze)	380 - 220, 7 Leitungen, z.T. parallel	ca. 10	335	ca. alle 4 d	Okt. – Aug.	24,6	nein	geringe Korrektur der Autoren auf KR 30 Ind./km*y da nicht das ganze Jahr erfasst wurde
BERNSHAUSEN et al. 2014 (Daten Lippeaue 2008 vor Markierung)	Deutschland	Lippeaue östlich Hamm (NRW)	s.o.	380, eine Leitung	1	214	ca. alle 4 d	Apr. – Okt.	23,8	nein	geringe Korrektur der Autoren auf KR 28 Ind./km*y da nicht das ganze Jahr erfasst wurde
BEVANGER & BROSETH 2001	Norwegen	Hemsedalsfjell, südl. Norwegen	borealer Birkenwald mit kleinen Mooren	300	5	2190	wöchentl.	April-März	4	nein	laut LOSS et al. 2014, KR ist so nicht in der Veröffentlichung enthalten, LOSS et al. scheinen eine KR und/oder Originaldaten angefordert zu haben
BRAUNEIS et al. 2003	Deutschland	Bernburg-Susigke, Sachsen	Ruderalfläche, Parkplatz, Kleingartengelände m. Büschen und Bäumen	110	0,44	559	2-wöchentl.	Apr.-Nov.	104	nein	
FERNANDEZ 1998	Spanien	Stadt Leon (Nordwest-Spanien)	nicht bekannt, im Umfeld der Müllkippe der Stadt	?	4,28	2555	4-monatl.	?	1,7	nein	2,66 km Verteilungsnetz-Leitungen, 1,62 km Transportnetz-Leitungen, Spannungsebenen nicht angegeben

Autor(en), Jahr	Land	genauer Ort	Habitat	Spannungsebene (kV)	unters. Länge (km)	Dauer (d)	Intervall	Monate	KR ¹³ (Ind./km*y)	Korrekturfaktor	Bemerkung
GROSSE et al. 1980	Deutschland	Landkreis Altenburger Land, Thüringen	Teiche, Stausee	220	ca. 0,8	ca. 3000	2-3 mal wöchentl.	Jan.-Dez. (?) (Jan.-April, letztes Jahr)	ca. 650	nein	aus den Angaben geht nicht eindeutig hervor, ob das ganze Jahr über gesucht wurde; Zahl ist eine Mindestzahl, einige Arten (z.B. Flußuferläufer) wurden nicht gezählt, kollidierten aber lt. den Autoren häufig
GUTSMIEDEL & TROSCHKE 1997	Deutschland	Hohenkirchen/Voslapp, Lkrs. Friesland	intensive landwirtschaftl. Nutzung, einige größere zusammenhängende Grünland-Bereiche, v.a. Ackerflächen mit kleineren eingestreuten Grünlandbereichen	110	ca. 13,8	487	ca. alle 10 d (unregelmäßig?)	Sept.-Dez.	3,5	nein	Länge nicht in Veröffentlichung angegeben, aus GOOGLE EARTH abgemessen; die meisten Kollisionsopfer in zwei Teilbereichen der Leitung; laut den Autoren regelmäßige Begehbarkeit der Flächen stark erschwert
HARTMANN et al. 2010 * (Daten aus 2007/2008)	Niederlande	Hazerswoude - Dorp, Provinz Südholland	v.a. Grünland und eingestreutes Ackerland (2 NSG in der Nähe, wichtig u.a. für Pfeifente, Zwergschwan, Limikolen, auch Störche)	150	4	93	2 x wöchentl.	Mitte Nov.-Mitte Feb.	245	nein	
HARTMANN et al. 2010 * (Daten aus 2009/2010)	Niederlande	Hazerswoude - Dorp, Provinz Südholland	v.a. Grünland und eingestreutes Ackerland (2 NSG in der Nähe, wichtig u.a. für Pfeifente, Zwergschwan, Limikolen, auch Störche)	150	2,4 (unmarkierter Bereich)	157	2 x wöchentl.	Mitte Okt.-Mitte März	217	nein	in der Studie ermittelte Korrekturfaktoren: * 1,282 (Abtragate) und * 1,064 (Auffindwahrscheinlichkeit), nur für ca. entengroße Vögel
HEIJNIS 1980	Niederlande	Zaanstad, Provinz Nordholland (NSGs Westzijderveld und de Reef)	Feuchtgebiet, Sumpfwiesen	150	2,85	1825	?	Jan.-Dez.	208	nein	wichtiges Durchzugsgebiet und Winterquartier (zehntausende Ind.!), Zählung 1971-1975 = 5 * 365 d, Autor sagt mit Korrekturfaktoren überschlägig 700 Ind./km*y

Autor(en), Jahr	Land	genauer Ort	Habitat	Spannungsebene (kV)	unters. Länge (km)	Dauer (d)	Intervall	Monate	KR ¹³ (Ind./km ² *y)	Korrekturfaktor	Bemerkung
HEIJNIS 1980	Niederlande	Zaanstad, Provinz Nordholland (NSGs Westzijdeveld und de Reef)	Feuchtgebiet, Sumpfwiesen	380	2,85	547	ca. 2-wöchentl. (?)	Juli-Dez.-Dez.	144	nein	wichtiges Durchzugsgebiet und Winterquartier (zehntausende Ind.!); Zählung Mitte 1974 bis Ende 1975 = 182 d + 365 d, Autor sagt mit Korrekturfaktoren überschlägig 700 Ind./km ² *y
HOERSCHELMANN 1997 A *	Deutschland	Nähe Biedekopf, Westhang des Perftales	Landwirtschaftl. Nutzung, Wald	110	ca. 4	ca. 180	ca. alle 2 Tage	Frühjahr u. Herbst	max. 10	ja (?)	Einebenen-Mast mit Erdseil; zitiert in HOERSCHELMANN (1997 B)
HOERSCHELMANN et al. 1988	Deutschland	Haseldorfer Marsch, nordwestlich von Hamburg (Unterelbe)	überwiegend Dauergrünland, teilweise. Mit Gehölzstreifen, eingeschobene Ackerflächen vorhanden	380	4,5	412	alle 2-3 d	Zugzeiten: Frühjahr und Herbst	173	nein	laut den Autoren mit der von Ihnen ermittelten Abtragsrate ca. 390 Ind./km ² *y (ohne Korrektur der Auffindungswahrscheinlichkeit und Verkrüppelungsrate); teilweise Spannfelder markiert
HOERSCHELMANN & LIEBER 1995 *	Deutschland	südöstl. Hannover	Feldflur aus großen Ackerparzellen zw. zwei größeren Waldkomplexen	110	10,5	ca. 60	ca. wöchentl.	Sept. u. Okt.	0	nein (?)	zitiert in HOERSCHELMANN (1997 B); der untersuchte Raum ist laut Autoren als Rast- und Durchzugsraum weitgehend bedeutungslos
JAKLITSCH et al. 2010 *	Österreich	?	?	110 (Bahn)	?	?	?	?	45	?	zitiert in POHLHEIMER et al. 2015
JANSS & FERRER 1998	Spanien	Badajoz, West-Zentralspanien (Extremadura)	landwirtschaftl. Nutzfläche (mit ein wenig Buschland, ansonsten Grasland u. Getreide)	380	4,5	393	2-monatl.	Feb.-Feb.	1	nein	aus der Studie geht nicht klar hervor ob auf ein Jahr bezogen
JANSS & FERRER 1998	Spanien	Badajoz, West-Zentralspanien (Extremadura)	landwirtschaftl. Nutzfläche (mit ein wenig Buschland, ansonsten Grasland u. Getreide)	380	4	393	1-monatl.	Feb.-Feb.	1,25	nein	aus der Studie geht nicht klar hervor ob auf ein Jahr bezogen

Autor(en), Jahr	Land	genauer Ort	Habitat	Spannungsebene (kV)	unters. Länge (km)	Dauer (d)	Intervall	Monate	KR ¹³ (Ind./km ² *y)	Korrekturfaktor	Bemerkung
KOOPS 1987	Niederlande	versch. Orte in NL, viele Küsten- oder Gewässer-nah	Mehrzahl der Studien über Grünland, einige weniger über versch. anderen Gebieten (Heide, Wald, Gewässer)	110-150-220-380	zw. 0,4 - 5,9	zw. 31 -2100	?	-	136	nein	aus 49 Studien (nur HS) aus den Jahren 1958-1984 gemittelt (Mittelwert), nimmt man den Median kommt eine Koll.-Rate von 95 Ind./km ² *y heraus; Autor korrigiert die Hochrechnung der Gesamtopferzahlen für Auffindwahrscheinlichkeit und Verkrüpplungsrate
MARTI 1998	Schweiz	NSG Fanel (Kant. Bern, bedeut. Schutzgebiet)	Kanäle, Seeufer, Röhricht, Ried, Weide, Wiesen, Kleingehölze (Ost-Ende Neuenburgersee)	60	1,2	55	ca. alle 3 d	Nov./Dez.	292	ja	„worst case Szenario“ laut dem Autor (ausdrücklich)
MARTI 1998	Schweiz	Eschenhof, Gampelen (Kant. Bern)	landwirtschaftl. Kulturland (Ost-Ende Neuenburgersee)	125	0,5	55	ca. alle 3 d	Nov./Dez.	328	ja	hier nicht so ausdrücklich als „worst case“ bezeichnet, nur Zeitraum
NEVES et al. 2005	Portugal	ganz Portugal	5 versch. Haupt-Habitattypen (Feuchtgebiete Binnenland, Gebüsch, Steppe, Mosaik aus Land- und Forstwirtschaft, reine Forstwirtschaft)	150-220-400	206	365	3-monatl.	Jan.-Jan.	14	ja	Untersuchungen in IBA und/oder VSG
PIPER et al. 1992 *	Deutschland	Lüneburg-Krümmel	trockenes, von Hecken u. Gehölzen durchsetztes Acker- und Grünlandgebiet	380	ca. 2	?	?	?	max. 20	ja(?)	zitiert in HOERSCHELMANN (1997 B)
POLLHEIMER et al. 2015 *	Österreich	St. Peter - Salzburg	?	380	18,9 (10,5 markiert, 8,4 unmarkiert)	?	?	?	4-5	ja (?)	KR Schätzung der Autoren (basierend auf der Erhebung, ohne rechnerische Herleitung)

Autor(en), Jahr	Land	genauer Ort	Habitat	Spannungsebene (kV)	unters. Länge (km)	Dauer (d)	Intervall	Monate	KR ¹³ (Ind./km*y)	Korrekturfaktor	Bemerkung
RUBOLINI et al 2005	Italien	östlicher Teil der Region Emilia-Romagna (nördliches Mittelitalien)	Feuchtgebiet und landwirtsch. Nutzfläche (Pappelplantage)	HS (40-380)	0,5	30	?	?	0	nein	
RUBOLINI et al 2005	Italien	östlicher Teil der Region Marken (Mittelitalien)	Küstenfeuchtgebiet mit ausgedehnten Schilfflächen	HS (40-380)	0,4	640	?	?	87	nein	
RUBOLINI et al 2005	Italien	südliches Sardinien	offenes Küstenfeuchtgebiet	HS (40-380)	10,5	730	?	?	20	nein	
RUBOLINI et al 2005	Italien	südliches Sardinien	offenes Küstenfeuchtgebiet	HS (40-380)	5,8	365	?	?	36	nein	
SCOTT et al. 1972	England	Dungenes, Küste von Kent	Küstengegend, spärliche Vegetation (Ginster, Flechten, Gras)	400	2 x 1,08	2159	ca. 2-wöchentl.	Jan.-Nov. (letztes Jahr)	201 bzw. 101	nein	Vogelzug hot-spot, Leitung quert senkrecht, Raten auf 1,08 km bzw. 2,16 km bezogen (die beiden Leitungen verlaufen parallel, realer Wert befindet sich vermutlich dazwischen) inkl. dem von den Autoren geschätzten Korrekturfaktor wären KR von 939 Ind./km*y bzw. 470 Ind./km*y anzunehmen (realer Wert befindet sich vermutlich wiederum dazwischen, was ca. 700 Ind./km*y bedeuten würde)

Autor(en), Jahr	Land	genauer Ort	Habitat	Spannungs- ebene (kV)	unters. Länge (km)	Dauer (d)	Intervall	Monate	KR ¹³ (Ind./ km*y)	Korrekturfaktor	Bemerkung
SELLIN (2000)	Deutschland	Landkreis Ostvorpommern (jetzt: Vorpommern-Greifswald), Mecklenburg-Vorpommern	intensiv beweidetes Grasland (95%), Rest Hochstaudenflur	380 (3 Ltg. parallel)	0,93	365	3 x wöchentl. (Okt.-März); 2 x monatl. (Apr.-Okt.)	Okt.-Okt.	61	nein	Autor schätzt inkl. Abtragrate eine KR von 538 bis 1.075 Ind./km*y Leitungen befinden sich im unmittelbaren Einflussbereich von EU-VSG und NSG (Salzwiesen, Kanäle)

* markiert „graue Literatur“

Tabelle 2: Studien, die geprüft wurden, aber nicht zur Ermittlung einer KR geeignet waren inkl. Begründung

Autor(en), Jahr	Land	Begründung/ Bemerkung
BAYLE 1999	Frankreich (Spanien, D)	Fokus auf Greifvögel, auch Elektrokution, keine Kollisionsopfersuche
BEVANGER 1994	-	Review (biologische und Naturschutz- Aspekte), auch Elektrokution, ähnlich zu BEVANGER 1998
BEVANGER 1995	Norwegen	spezieller Bezug Birkhuhn, Auerhahn und Moorschneehuhn
BEVANGER 1998	-	Review (biologische und Naturschutz- Aspekte)
BEVANGER & BROSETH 2004	Norwegen	zusammenhängend mit BEVANGER & BROSETH 2001 - selber Datensatz aber im Hinblick auf Schneehühner ausgewertet
BRUNNER et al. (Ökoteam) 2011	Österreich (Steiermark)	keine Kollisionsopfersuche "nur" über Befragung/Literatur ermittelt; Fokus auf Ermittlung von Kollisions- und Risikopunkten
CRIVELLI et al. 1998	Griechenland	Fokus Krauskopfpelikan, keine Daten zu anderen Arten
DEMERDZHEV et al. 2009	Bulgarien	KR wäre berechenbar, aber 20 kV Leitung
DEMERDZHEV 2014	Bulgarien	Autor gibt eine KR an, aber 20 kV Leitung
DREWITT & LANGSTON 2008	-	Review (Effekte von Kollisionen von Vögel mit WEA und anderen Hindernissen)
FROST 2008	England	Höckerschwan, Fokus auf Markierungen
GARRIDO & FERNANDEZ 2003	Spanien	Fokus Weißstorch, keine Daten zu anderen Arten
GERDZHICOV et al. 2009	Bulgarien	KR wäre berechenbar, aber 20 kV Leitung
HENDERSON et al. 1996	England	Fokus Flusseeeschwalbe, keine anderen Arten untersucht
JANSS 2000	Spanien	Fokus auf Entwicklung des Modells zur Vorhersage (Morphologie), nicht alle Daten vorhanden um ein KR zu berechnen
JANSS & FERRER 2000	Spanien	zusammenhängend mit JANSS & FERRER 1998 - Auswertung im Hinblick auf Kranich und Großtrappe im Speziellen
KABOUCHE et al. 2006	Frankreich	zusammenfassende Studie mit mehreren Aspekten, ein Kap. (B.II.5) mit Kollisionsopfersuche an 6 verschiedenen Orten im Rhonedelta, aber mit unterschiedlichen Methoden, unterschiedlichen Zeiträumen, nicht alle Angaben vorhanden um eine KR zu berechnen
KLIEBE 1997	Deutschland	nicht alle Daten vorhanden um ein KR zu berechnen, eher anekdotisch
KOOPS 1997	Niederlande	zitiert die drei niederländische Studien BRAAKSMA (1966), RENSSSEN (1977) und KOOPS (1994) mit KR zwischen 120-240 Ind./km*y – es handelt sich hierbei um Studien, die eine Gesamt-Kollisionsopferzahl für NL angeben (siehe Kap. 2.1), die KR (auch in GFN et al. 2009 zitiert) sind aus der Gesamt-Kollisionsopferzahl und dem Leitungsnetz NL mit 4.200 km „rückgerechnet“; bei KOOPS (1994) handelt es sich um das gleiche Datenset wie bei KOOPS (1987) (KOOPS (1994) ist ein Vortrag vermutlich basierend auf der Originalveröffentlichung KOOPS (1987))
MANOSA & REAL 2001	Spanien	Fokus Habichtsadler, keine spezielle Schlagopfersuche
REAL et al. 2001	Spanien	Fokus Habichtsadler, keine spezielle Schlagopfersuche
ROLLAN et al. 2010	Spanien	Fokus Habichtsadler, keine spezielle Schlagopfersuche

Autor(en), Jahr	Land	Begründung/ Bemerkung
SHAW et al. 2010	Südafrika	nicht Europa; Fokus Paradieskranich, Test eines Modells zur Identifizierung von Gefahrenbereichen, von den anderen Arten nicht alle Daten vorhanden um ein Gesamt-KR zu berechnen
SILVA et al. 2014	Portugal	Fokus Zwergtrappe, Mittelspannung 15-60 kV

Tabelle 3: Beispielrechnung (Auszug) zur Berechnung der relativen Bedeutung eines MTB (AGP), ermittelt in Anlehnung an BERNSHAUSEN et al. (2000 und 2007). Nähere Erläuterungen siehe Kap. 2.3.3.

MTB Nr.	Art	Bestand gemäß ADEBAR (BP) (2005-2009)	Bestand Ø	Gewichtungs- faktor	AB (Bestand Ø x Gew.-faktor)	Trassen-km im MTB (GP)	AGP der Art im MTB (AB x GP)
1221	Amsel	401-1.000	700,5	1	700,5	36,79	25.771,395
1221	Kiebitz	51-150	100,5	10	1005,0	36,79	36.973,950
1221	Krickente	2-3	2,5	5	12,5	36,79	459,875
1221	Star	151-400	275,5	2	551,0	36,79	20.271,29
1221	Türkentaube	21-50	35,5	3	106,5	36,79	3.918,135

In dem betreffenden MTB kommen gemäß ADEBAR insges. 25 relevante Arten vor, hier beispielhaft je eine Art pro Gewichtungsfaktor. Die AGP der einzelnen Arten werden dann zum Gesamt-AGP des MTB aufaddiert, im betreffenden Fall ergibt das einen MTB-AGP von 231.151,57. Gemäß Kap. 3.2.1 wird bis zu einem AGP von 500.000 dem MTB eine geringe KR zugewiesen, dies betrifft 78,7% aller MTB mit 31.595 Trassen-km.