

**Jan Blew, Klaus Albrecht, Marc Reichenbach,
Stefanie Bußler, Thomas Grünkorn,
Kerstin Menke und Oliver Middeke**

Wirksamkeit von Maßnahmen gegen Vogelkollisionen an Windenergieanlagen



Wirksamkeit von Maßnahmen gegen Vogelkollisionen an Windenergieanlagen

**Methodenentwicklung für artenschutzrechtliche
Untersuchungen zur Wirksamkeit von Vermeidungs-
und Minderungsmaßnahmen zur Reduzierung der
Auswirkungen von Windenergieanlagen
auf die Avifauna**

F+E-Projekt (FKZ 3516 82 2700)

**Jan Blew
Klaus Albrecht
Marc Reichenbach
Stefanie Bußler
Thomas Grünkorn
Kerstin Menke
Oliver Middeke**

Titelbild: Kraniche im Anflug auf ein Windrad in Hessen (M. Grimm)

Projektleitung: Jan Blew

Adressen der Autorinnen und der Autoren:

Jan Blew BioConsult SH GmbH & Co. KG
Thomas Grünkorn Schobüller Str. 36, 25813 Husum
E-Mail: j.blew@bioconsult-sh.de

Klaus Albrecht ANUVA – Stadt- und Umweltplanung GbR
Stefanie Bußler Nordostpark 89, 90411 Nürnberg

Marc Reichenbach ARSU – Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH
Kerstin Menke Escherweg 1, 26121 Oldenburg
Oliver Middeke

Fachbetreuung im BfN:

Jens Ponitka Fachgebiet II 4.3 „Naturschutz und Erneuerbare Energien“

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (FKZ 3516 82 2700).

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).
Das BfN-Skript kann unter <http://www.bfn.de/skripten.html> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des institutionellen Herausgebers unzulässig und strafbar.

ISBN 978-3-89624-255-6

DOI 10.19217/skr518

Bonn - Bad Godesberg 2018

Vorwort

Die Transformation des bestehenden Energiesystems wird auch weiterhin mit einem deutlichen Ausbau der Windenergienutzung in Deutschland einhergehen. Neben Herausforderungen bei der naturverträglichen Standortwahl ist beim Betrieb der Windenergieanlagen insbesondere das Kollisionsrisiko von Vögeln ein wesentlicher Konfliktpunkt. Hierbei werden in der Praxis immer häufiger Maßnahmen notwendig, um den Vorschriften des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG gerecht zu werden.

Wenn im Zuge der Genehmigung von Windenergieanlagen für bestimmte sogenannte „windenergiesensible Vogelarten“ ein erhöhtes Kollisionsrisiko besteht, können mittels geeigneter Vermeidungsmaßnahmen die Auswirkungen verringert werden. Zum Beispiel können die Vögel von den Anlagen weggelockt oder die Anlagen zu bestimmten Zeiten abgeschaltet werden. Jedoch bestehen gleichzeitig auch Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen Wirksamkeit solcher Maßnahmen und offene Fragen zu deren Anwendung und Handhabung in der Praxis.

Ziel des vom BfN beauftragten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens war es daher, über eine Auswertung vorhandener Studien und Literatur den Wissensstand und die Kenntnislücken hinsichtlich der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen zu erarbeiten und darauf aufbauend ausgewählte Maßnahmen mit einem Forschungskonzept zur Untersuchung der Wirksamkeit zu untersetzen.

In dem Vorhaben wurde deutlich, dass es in der Praxis durchaus Vermeidungsmaßnahmen gibt, die bereits eingesetzt und daher eher empfohlen werden können. Es konnten jedoch auch Maßnahmen identifiziert werden, die derzeit für die Anwendung in der Praxis nicht oder nur sehr eingeschränkt geeignet sind. In vielen Fällen fehlen hinsichtlich der Wirksamkeit Belege aus belastbaren Studien. Für bestimmte Vermeidungsmaßnahmen liegt es daher nahe, diese zunächst mittels geeigneter Felduntersuchungen zu überprüfen.

Mit dem vorliegenden BfN-Skript geben wir interessierten Entscheidungsträgerinnen und -trägern sowohl einen Überblick über den Kenntnisstand als auch eine Hilfestellung zur Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Vermeidung von Vogelkollisionen an die Hand.

Prof. Dr. Beate Jessel

Präsidentin des Bundesamtes für Naturschutz

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	8
Zusammenfassung	9
1 Einleitung	13
2 Recherche zum allgemeinen Wissenstand sowie Auswahl zu untersuchender Maßnahmen - Vorgehensweise	15
2.1 Hintergrund	15
2.2 Methodisches Vorgehen zur Bewertung und Auswahl der zu untersuchenden Maßnahmen	17
2.2.1 Sichtung und Bewertung der verfügbaren Literatur	17
2.2.2 Formulierung von Hypothesen zur Wirkung von Vermeidungsmaßnahmen und ihre Evidenzbewertung	19
2.2.2.1 Formulierung von Hypothesen.....	19
2.2.2.2 Evidenzgraduierung von Hypothesen.....	19
2.2.3 Empfehlungen, welche Vermeidungsmaßnahmen in der Planungspraxis berücksichtigt werden sollen.....	21
2.2.4 Priorisierung empfohlener Vermeidungsmaßnahmen für ein Untersuchungskonzept	22
3 Evidenzbewertung von Hypothesen zur Wirksamkeit von Vermeidungsstrategien	24
3.1 Themenkomplex I „Räumliche Anordnung“	24
3.1.1 Hypothese 1: Die Anordnung von WEA in Clustern reduziert das Kollisionsrisiko gegenüber der Anordnung in Reihen.	24
3.1.2 Hypothese 2: Die Errichtung von WEA-Attrappen am Rand von Windparks reduziert das Kollisionsrisiko gegenüber Windparks ohne Attrappen.	25
3.1.3 Hypothese 3: Die Größe des Abstands zwischen einzelnen WEA bzw. Windparks wirkt sich signifikant auf das Kollisionsrisiko aus.	25
3.1.4 Hypothese 4: Die Anordnung von WEA parallel zur Hauptflugrichtung senkt das Kollisionsrisiko gegenüber der Anordnung quer zur Hauptflugrichtung.....	26
3.1.5 Hypothese 5: Die Vermeidung von Trichtereffekten führt zu einem verringerten Kollisionsrisiko.	26
3.1.6 Fazit zum Themenkomplex „Räumliche Anordnung“	27
3.2 Themenkomplex II „WEA-Eigenschaften“.....	27
3.2.1 Hypothese 6: WEA in Rohrturmbauweise führen zu einem geringeren Kollisionsrisiko im Vergleich zur Gitterturmbauweise.	27

3.2.2	Hypothese 7: Die Mastfarbe hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko.	28
3.2.3	Hypothese 8: Mit zunehmender Nabenhöhe der WEA steigt das Kollisionsrisiko.	29
3.2.4	Hypothese 9: Die Höhe des unteren Rotordurchgangs beeinflusst das Kollisionsrisiko.	30
3.2.5	Hypothese 10: Mit zunehmendem Rotordurchmesser der WEA steigt das Kollisionsrisiko.	30
3.2.6	Hypothese 11: Eine Färbung der Rotorblätter hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko.	30
3.2.7	Hypothese 12: Höhere Rotorgeschwindigkeiten erhöhen das Kollisionsrisiko.	31
3.2.8	Fazit zum Themenkomplex „WEA-Eigenschaften“	32
3.3	Themenkomplex III „Vermeidung von Anlockung: Flächenbewirtschaftung, Windparkgestaltung, Beleuchtung“	32
3.3.1	Hypothese 13: Eine für Greifvögel (Kleinsäuger) unattraktive Gestaltung des WEA-Mastfußbereichs reduziert das Kollisionsrisiko.	32
3.3.2	Hypothese 14: Die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Windpark beeinflusst das Kollisionsrisiko.	32
3.3.3	Hypothese 15: Vermeidung von Misthaufen bzw. organische Düngung im Windpark reduziert das Kollisionsrisiko.	34
3.3.4	Hypothese 16: Die Bekämpfung bzw. Regulierung von Kleinsäugern im Windpark verringert das Kollisionsrisiko.	34
3.3.5	Hypothese 17: Beseitigung von Kadavern (Wild- und Nutztiere), keine kalbenden/lammenden Muttertiere im Windpark verringert das Kollisionsrisiko.	35
3.3.6	Hypothese 18: Die Vermeidung von Steinhaufen im Windpark reduziert das Kollisionsrisiko.	35
3.3.7	Hypothese 19: Betretungsverbote vermeiden Auffliegen und verringern das Kollisionsrisiko.	35
3.3.8	Hypothese 20: Die Vermeidung von WEA-Kennzeichnung – hier Beleuchtung – im Windpark verringert das Kollisionsrisiko.	36
3.3.9	Fazit zum Themenkomplex „Vermeidung von Anlockung: Flächenbewirtschaftung, Windparkgestaltung, Beleuchtung“	37
3.4	Themenkomplex IV „Weglockung: Habitat- und Ernährungsoptimierung abseits der WEA bzw. Windparks“	37
3.4.1	Hypothese 21: Die Schaffung von Nahrungs- oder Bruthabitaten außerhalb von Windparks senkt das Kollisionsrisiko.....	37
3.4.2	Hypothese 22: Artgenossen-Attrappen locken Vögel auf ungefährdete Flächen und senken das Kollisionsrisiko.....	39
3.4.3	Fazit zum Themenkomplex „Weglockung: Habitat- und Ernährungsoptimierung abseits der WEA bzw. Windparks“	39
3.5	Themenkomplex V „Vergrämung – akustisch“	39

3.5.1	Hypothese 23: Der Einsatz von bio-akustischen Warnrufen, künstlichen Knallgeräuschen und ggf. Ultraschall kann das Kollisionsrisiko reduzieren.	40
3.5.2	Hypothese 24: Lautere Rotorblattgeräusche reduzieren das Kollisionsrisiko.	40
3.5.3	Hypothese 25: Einsatz von wechselnden Geräuschen und unterschiedlichen Anwendungsmustern reduzieren das Kollisionsrisiko.....	41
3.5.4	Hypothese 26: Fallbezogene akustische Reize sind geeignet, Vögel zu Ausweichreaktionen zu bringen und somit das Kollisionsrisiko zu senken.	41
3.5.5	Hypothese 27: Eine durchgehende Geräuschkulisse zwischen 2-10 Hz reduziert das Kollisionsrisiko.	42
3.5.6	Fazit zum Themenkomplex „Vergrämung – akustisch“	42
3.6	Themenkomplex VI „Vergrämung – visuell“	42
3.6.1	Hypothese 28: Einsatz von UV-Licht (zur Sichtbarmachung oder zur Vergrämung) reduziert das Kollisionsrisiko.	42
3.6.2	Hypothese 29: Stroboskopische, blitzende oder drehende Suchscheinwerfer reduzieren das Kollisionsrisiko.....	43
3.6.3	Hypothese 30: Abspannseile mit bird flight diverters (BFD) an WEA reduzieren das Kollisionsrisiko	43
3.6.4	Hypothese 31: Der Einsatz von Laser reduziert das Kollisionsrisiko	44
3.6.5	Hypothese 32: Der Einsatz von UV-Lasern reduziert das Kollisionsrisiko.....	44
3.6.6	Hypothese 33: Elektromagnetische Strahlung reduziert das Kollisionsrisiko.	44
3.6.7	Fazit zum Themenkomplex „Vergrämung – visuell“.....	45
3.7	Themenkomplex VII „Betriebsregulierung“	45
3.7.1	Hypothese 34: Eine Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen reduziert das Kollisionsrisiko.....	45
3.7.2	Hypothese 35: „Shut-down on demand“ - Gezieltes Abschalten einzelner WEAs in windparkspezifischen Gefahrensituationen bzw. -bereichen als adaptives Management (bei Annäherung Zielarten, bestimmten Witterungsbedingungen, z. B. Thermik etc.) - reduziert das Kollisionsrisiko.	46
3.7.3	Hypothese 36: Betriebsregulierung zu Zeiten hoher Abundanz/Aktivität reduziert das Kollisionsrisiko.	47
3.7.4	Hypothese 37: „Geofences“ – (virtuelle Grenzzäune) reduzieren das Kollisionsrisiko.	48
3.7.5	Hypothese 38: Der Einsatz von Radar zur Steuerung von WEA-Abschaltungen reduziert das Kollisionsrisiko.....	49
3.7.6	Hypothese 39: Der Einsatz von automatischen Monitoring- und Erkennungssystemen (Kamera) (z. B. DTBird®, IdentiFlight) reduziert das Kollisionsrisiko.	50
3.7.7	Fazit zum Themenkomplex „Betriebsregulierung“	51
3.8	Themenkomplex VIII „Sonstige“	52

3.8.1	Hypothese 40: Der Einsatz von Wetter-Radar zur Erkennung von größeren Vogelbewegungen reduziert das Kollisionsrisiko.....	52
3.8.2	Hypothese 41: Ein webbasiertes Vorhersagemodell reduziert das Kollisionsrisiko.....	53
3.8.3	Hypothese 42: Abschaltung der WEA bzw. angepasstes Management bei Überschreiten einer definierten Schlagopferzahl einer Art reduziert das Kollisionsrisiko.....	53
3.8.4	Hypothese 43: Festgelegte artspezifische Abschaltkontingente reduzieren das Kollisionsrisiko.....	53
3.9	Zusammenfassung der Hypothesen-Bewertung und Empfehlung von Maßnahmen	54
4	Auswahl von für ein Untersuchungskonzept geeignete Vermeidungsmaßnahmen.....	64
4.1	Priorisierung (Zwischenstand) anhand des Expertenworkshops 31. Mai 2017	64
4.2	Priorisierung anhand der ausgewerteten Literatur	64
5	Entwicklung von Untersuchungskonzepten zur Überprüfung der Wirksamkeit ausgewählter Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen	74
5.1	Grundlagen und Herleitung	74
5.2	Vorschläge für ein Untersuchungskonzept: Wirksamkeit der Maßnahme „Betriebsregulierung (Abschaltung) bei bestimmten landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsereignissen“.....	77
5.2.1	Fragestellungen.....	77
5.2.2	Ergebnisdarstellung und Analysen	78
5.2.3	Erforderliche Daten und Methodik.....	78
5.2.4	Hinweise zur Auswahl der Untersuchungsgebiete	79
5.3	Vorschläge zur Untersuchung der Wirksamkeit der Maßnahme „Lenkungsmaßnahmen“ - Quantifizierung von Habitatpräferenzen im Raumnutzungsverhalten kollisionsgefährdeter Greifvögeln, in Abhängigkeit der Verteilung und Qualität von Nahrungsgebieten.....	80
5.3.1	Begründung, Priorität bzw. Themenwahl.....	80
5.3.2	Ziel.....	81
5.3.3	Vorgehen	82
Literatur	84	
A	Anhang	94
A.1	Hypothesen und zugehörige Einzelquellen	94
A.2	Gesamtüberblick der Hypothesenbewertung	104
A.3	Zusammenstellung weiterer, nicht ausgewerteter Literatur.....	119

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Priorisierung für weitere Untersuchungen zur Wirksamkeit	65
Abb. 2: Schritte zur Entwicklung eines Untersuchungskonzepts	75

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Evidenzgraduierung der Hypothesen für dieses Vorhaben in Anlehnung an SIGN	20
Tab. 2: Empfehlungsgrade für in der Planungspraxis zu berücksichtigende Vermeidungsmaßnahmen	22
Tab. 3: Priorisierung der Maßnahmen zur Auswahl für die Entwicklung eines Forschungskonzepts.....	23
Tab. 4: Zusammenfassung Evidenzgrade aus Tab. 6; (Summe > 43, weil Doppelwertungen möglich waren).	55
Tab. 5: Zusammenfassung Empfehlungsgrade aus Tab. 6, (Summe > 43, weil Doppelwertungen möglich waren).	55
Tab. 6: Evidenzeinstufung der Hypothesen zu der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahme. Die Evidenzeinstufung erfolgt in Form einer Gesamtschau aller zugehöriger Literatur, der Empfehlungsgrad wird aus der Evidenz und weiteren Aspekten (vgl. Text) abgeleitet.....	57
Tab. 7: Priorisierung der Maßnahmen für die Entwicklung eines Forschungskonzepts; Ergebnis des Expertenworkshops am 31. Mai 2017 im BfN Leipzig; es wurde die Frage gestellt, ob die Wirksamkeit einer Maßnahme weiter untersucht werden soll, die Antwort konnte von 1 bis 3 gewichtet werden.....	64
Tab. 8: Priorisierung der Maßnahmen für die Entwicklung eines Forschungskonzepts; - nicht zutreffend, + zutreffend, ++ sehr zutreffend (s. Tab. 6).	67
Tab. 9: Zusammenfassung der Hypothesen und dazu gehöriger Einzelquellen	94
Tab. 10: Gesamtbewertung der Hypothesen zu der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahme hinsichtlich Evidenz, Empfehlungsgrad und Priorisierung des Untersuchungsbedarfs (Zusammenlegung von Tab. 6 und Tab. 8).	104

Zusammenfassung

Der Betrieb von Windenergieanlagen (WEA) kann zu Tötungen oder Störungen von Vögeln führen und damit ggf. gegen die Regelungen des besonderen Artenschutzes nach § 44 Abs. 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) verstoßen. Vor dem Hintergrund einer hohen und vermutlich weiter steigenden Anzahl an WEA sowie der damit verbundenen zunehmenden Inanspruchnahme von Standorten, die eine besondere Bedeutung als Lebensraum geschützter Vögel haben, werden immer häufiger projektbezogene Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen erforderlich, um artenschutzrechtliche Konflikte zu entschärfen.

Die Art und Ausgestaltung von solchen Vermeidungsmaßnahmen sind projektspezifisch im Zuge der Windenergieplanungen zu entwickeln. Ihre Konzeption muss sicherstellen, dass die Prognose der Nichterfüllung von Verbotstatbeständen fachlich hinreichend belastbar ist. Derzeit fehlt es jedoch sowohl an ausreichenden Kenntnissen zur Wirksamkeit als auch an Methoden, mit Hilfe derer diese Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen überprüft werden könnte.

Ziel des Vorhabens war primär die Auswahl untersuchungswürdiger Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen und die Schaffung von Grundlagen für die Verbesserung des Wissensstandes zur Wirksamkeit dieser Maßnahmen. Dies erfolgte einerseits durch eine Auswertung vorhandener Literatur und andererseits durch die Entwicklung eines Untersuchungskonzeptes zur Überprüfung der Wirksamkeit ausgewählter Maßnahmentypen. Die Auswahl orientierte sich v.a. daran, ob der Wirksamkeitsnachweis über einen absehbaren Projektzeitraum mit vertretbaren Mitteln erzielt werden kann. Eine abschließende Beurteilung der Wirksamkeit bzw. Unwirksamkeit von Maßnahmen war nicht Ziel der Studie. Allerdings wurde das zusammengestellte Wissen genutzt, um bereits auf Grundlage des aktuellen Kenntnisstandes eine Empfehlung auszusprechen, welche der zahlreichen Vermeidungsmaßnahmen fachlich vertretbar im Rahmen einer Projektgenehmigung eingesetzt werden könnten. Diese Empfehlungen ersetzen dabei nicht den Bedarf einer für jeden Einzelfall auf Basis der Vor-Ort-Kenntnisse durchzuführenden Wirksamkeitsprognose. Auch die Prüfung, ob für das konkrete Projekt der Tatbestand der Zugriffsverbote nach § 44 BNatSchG verwirklicht wird, ist im konkreten Einzelfall durchzuführen.

Neben der ausgewerteten Literatur flossen in die Studie auch die Ergebnisse eines Expertenworkshops ein, der am 31. Mai 2017 beim BfN in Leipzig unter Beteiligung von Expertinnen und Experten aus Ornithologie und Windenergie stattgefunden hat.

Das Vorgehen erfolgte in fünf Schritten:

- Sichtung und Bewertung der verfügbaren Literatur (Bewertung der Aussagekraft);
- Formulierung von Hypothesen (hergeleitet aus der Literatur zu den Vermeidungsmaßnahmen) und Evidenzbewertung dieser Hypothesen auf der Basis des dargestellten Wissensstandes;
- Resultierende Empfehlungen, welche Vermeidungsmaßnahmen in der Planungspraxis vorrangig berücksichtigt werden sollen;
- Priorisierung empfohlener Vermeidungsmaßnahmen für ein Untersuchungskonzept zur Verbesserung des Wissensstandes hinsichtlich ihrer Wirksamkeit
- Entwicklung von Untersuchungskonzepten für zwei priorisierte Maßnahmentypen.

Die wesentlichen Ergebnisse dieses Vorhabens lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Recherche ergab zahlreiche Vermeidungsmaßnahmen, die teilweise auch im Sinne gängiger Praxis häufig umgesetzt werden.
Für die betrachteten Vermeidungsmaßnahmen existieren hinsichtlich ihrer Wirksamkeit nur in wenigen Fällen belastbare Forschungsergebnisse in Form von Meta-Analysen oder Fall-Kontroll-Studien. Der Umstand, dass Zusammenhänge in der Naturwissenschaft von sehr vielen Faktoren und von der Streuung biologischer Daten abhängig sind und sich demzufolge häufig einer systematischen, experimentellen Überprüfung entziehen, ist hierbei zu berücksichtigen. Derzeit haben daher sowohl Einzelfall-Studien mit überwiegend einheitlicher Tendenz zu einer positiven Korrelation zwischen Maßnahme und Wirkung als auch übereinstimmende Expertenempfehlungen und in Folge dessen nachvollziehbar in Länderleitfäden oder Arbeitshilfen empfohlene Maßnahmen einen hohen Stellenwert.
2. Es ergaben sich acht Themenkomplexe, denen insgesamt 43 verschiedene (teils zusammengefasste) Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen zugeordnet wurden:
 - I. Räumliche Anordnung
 - II. WEA-Eigenschaften
 - III. Vermeidung von Anlockung: Flächenbewirtschaftung, Windparkgestaltung, Beleuchtung
 - IV. Weglockung: Habitat- und Ernährungsoptimierung abseits der WEA bzw. Windparks
 - V. Vergrämung – akustisch
 - VI. Vergrämung – visuell
 - VII. Betriebsregulierung
 - VIII. Sonstige
3. Vermeidungsmaßnahmen, für die es nur eine geringe Evidenz gibt, werden i. d. R. für den Einsatz nicht empfohlen. In einigen Fällen, wenn z. B. die Wirksamkeit einer Maßnahme noch nicht belegt wurde, die Maßnahme aber fachlich sinnvoll erscheint, wurde dennoch eine Empfehlung ausgesprochen. Umgekehrt erhielten nicht alle Maßnahmen mit einem hohen Evidenzgrad zwangsläufig eine starke Empfehlung. Als Ergebnis konnte für mehr als ein Drittel der denkbaren Vermeidungsmaßnahmen aus Gründen der Effektivität oder Praktikabilität keine Empfehlung ausgesprochen werden. Für etwa ein Fünftel der Maßnahmen konnte eine starke Empfehlung gegeben werden. Für 20 Maßnahmen wurde eine mittlere Empfehlung („kann“) vergeben; dies liegt oftmals an Unsicherheiten bzgl. der Effektivität oder der genauen Umsetzung von Maßnahmen.
4. Für die Auswahl der für ein Untersuchungskonzept geeigneten Vermeidungsmaßnahmen wurden einerseits das Experten-Votum aus dem Workshop und andererseits die Auswertung der Priorisierung aus der Literaturlauswertung herangezogen. In der systematischen Auswertung wurden 27 von insgesamt 43 Vermeidungsmaßnahmen in die Auswahl für Untersuchungskonzepte aufgenommen (Empfehlungsgrade A „soll ggf. eingesetzt werden“ und B „kann eingesetzt werden“) und nach einer Punkteskala eingestuft; dabei wurde für vergleichsweise viele Vermeidungsmaßnahmen eine geringe Priorität für die Untersuchungswürdigkeit vergeben. Niedrige Bewertungen erhielten insbe-

sondere Maßnahmen, welche die räumliche Anordnung und WEA-Eigenschaften betreffen, weil hier auch eine Prüfung der Wirksamkeit nur mit erheblichem Aufwand und sehr hohen finanziellen Mitteln verbunden wäre.

Die Auswertung ergab, dass folgende Maßnahmentypen derzeit empfohlen werden können (Empfehlungsgrade A und B) und gleichzeitig die weitere Erforschung ihrer Wirksamkeit bzw. deren konkreter Ausgestaltung erfolgversprechend ist (Reihenfolge gemäß Priorisierung der Untersuchungswürdigkeit):

- Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen zur Vermeidung einer Anlockung kollisionsgefährdeter Vögel
- Betriebsregulierung zu Zeiten hoher Abundanz/ Aktivität kollisionsgefährdeter Vögel
- Betriebsregulierung (bedarfsgerecht) mit Hilfe des Einsatzes technischer (Kamera)-Systeme zur Vogelerkennung
- Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Windpark zur Minimierung des Kollisionsrisikos
- Schaffung bzw. Erhalt geeigneter Nahrungs- oder Brutgebiete außerhalb des Windparks
- Akustische Reize zur Erhöhung der Aufmerksamkeit
- Radarbasierte Betriebsregulierung

Allgemein ist das Interesse an wirksamen Vermeidungsmaßnahmen sowohl von Seiten der Betreiber als auch von Seiten der Behörden und Gutachterbüros sehr hoch. Auf Basis der Priorisierung und über den Abgleich mit Expertinnen und Experten sind vor allem Untersuchungskonzepte zu Lenkungsmaßnahmen (Vermeidung von Anlockung, Weglockung) und zur bedarfsgerechten Betriebsregulierung (Abschaltung bei Bewirtschaftungsereignissen, automatisierte Systeme zur Erfassung und Abschaltung) von hohem Interesse.

5. Auf dieser Grundlage wurden Untersuchungskonzepte für die Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen „Betriebsregulierung (Abschaltung) bei bestimmten landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsereignissen“ und zur Wirksamkeit von „Lenkungsmaßnahmen“ (Quantifizierung von Habitatpräferenzen im Raumnutzungsverhalten kollisionsgefährdeter Greifvögel in Abhängigkeit der Verteilung und Qualität von Nahrungsgebieten) entwickelt.

Der Nachweis einer Wirksamkeit von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen ist methodisch sehr anspruchsvoll. Die Quantifizierung des Kollisionsrisikos birgt Prognoseunsicherheiten, Kollisionen selbst sind ein seltenes Ereignis und das Verhalten der betroffenen Vogelarten ist komplex und von vielen sich überlagernden Faktoren abhängig. Hieraus ergibt sich, dass Kollisionsraten für sich genommen kein geeigneter Parameter für die Beurteilung der Wirksamkeit von diesbezüglichen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen sind. Zudem fehlen häufig Grundlagenkenntnisse zur Populations- oder Verhaltensbiologie der jeweiligen Arten. Daher wird empfohlen, den Nachweis der Wirksamkeit einer Vermeidungsmaßnahme – bei Großvögeln – über die Flugaktivität und das Verhalten im Risikoraum zu führen, aus welchen sich Hinweise auf die Höhe bzw. eine wahrscheinliche Verminderung des Tötungsrisikos ergeben.

Für die Entwicklung der beiden vorgelegten Untersuchungskonzepte wurden folgende

Schritte berücksichtigt: Fragestellung, Ergebnisdarstellung und Analysen, Erforderliche Daten und Methodik sowie Hinweise zur Auswahl von Untersuchungsgebieten.

1 Einleitung

Der Betrieb von Windenergieanlagen (WEA) kann zu Tötungen oder Störungen von Vögeln führen und damit ggf. gegen die Regelungen des besonderen Artenschutzes nach § 44 Abs. 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) verstoßen. Vor dem Hintergrund einer hohen und vermutlich weiter steigenden Anzahl an WEA sowie der damit verbundenen zunehmenden Inanspruchnahme von Standorten, die eine besondere Bedeutung als Lebensraum geschützter Vögel haben, werden immer häufiger projektbezogene Verminderungs- und Vermeidungsmaßnahmen erforderlich, um artenschutzrechtliche Konflikte, insbesondere Kollisionskonflikte zu entschärfen bzw. zu vermindern. Hierdurch soll die Verletzung der artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände vermieden werden.

Die Art und Ausgestaltung von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen sind projektspezifisch im Zuge der Windenergieplanungen zu entwickeln. Dafür sind die projektspezifischen Auswirkungen zu ermitteln. Eine mögliche Erhöhung des Tötungsrisikos durch Kollisionen mit den WEA und die erforderlichen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen unterscheiden sich grundsätzlich von anderen durch Infrastrukturmaßnahmen (z. B. Kollisionen im Zusammenhang mit Straßenbauprojekten). Durch die sich mit hoher Geschwindigkeit im Luftraum bewegenden Rotorblätter der WEA besteht potenziell ein Kollisionsrisiko durch den Betrieb der WEA. Das Risiko ist unter Berücksichtigung des Artenspektrums, des artenschutzrechtlichen Konfliktpotenzials und der ökologischen Umstände (u. a. Landschaftsmorphologie, Nahrungshabitate) vor Ort spezifisch zu bewerten. So sind insbesondere im Zuge der Genehmigung in der Regel die als windenergiesensibel eingestuftten Vogelarten, deren Vorkommen und das Raumnutzungsverhalten (insbesondere der Brutvögel) im Vorhabengebiet zu berücksichtigen.

Bei der Konzeption von Maßnahmen zur Vermeidung der Verbotstatbestände des § 44 Abs. 1 Nr. 1 an WEA kommt der Frage der Prognosesicherheit für die zu erwartende Wirksamkeit der Maßnahmen eine zentrale Rolle zu. Eine nicht ausreichende Sicherheit hinsichtlich der Wirksamkeit der Maßnahme (Prognosesicherheit) kann dazu führen, dass trotz des Vorsehens entsprechender Maßnahmen die genannten artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände als erfüllt angesehen werden, was dann zu einer Versagung der Genehmigung führen kann. Die Konzeption der Vermeidungsmaßnahmen muss also sicherstellen, dass die Prognose der Nichterfüllung der Verbotstatbestände fachlich hinreichend belastbar ist. Derzeit fehlt es jedoch an Empfehlungen zu Methoden, mit Hilfe derer diese Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen überprüft werden kann.

Vor diesem Hintergrund hat das BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN) die Firma BIOCONSULT SH, Husum mit den Unterauftragnehmern ANUVA GbR, Nürnberg und ARSU GmbH, Oldenburg mit dem Projekt „Methodenentwicklung für artenschutzrechtliche Untersuchungen zur Wirksamkeit von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen von Windenergieanlagen auf die Avifauna“¹ beauftragt.

Ziel des Vorhabens ist primär die Auswahl untersuchungswürdiger Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen und die Schaffung von Grundlagen für die Verbesserung des Wissensstandes zur Wirksamkeit dieser Maßnahmen. Dies erfolgt einerseits durch eine Auswertung vorhandener Literatur und andererseits durch die Entwicklung eines Untersu-

¹<https://www.natur-und-erneuerbare.de/projekt Datenbank/projekte/wirksamkeit-vermeidungs-und-minderungsmaßnahmen>

chungskonzeptes zur Überprüfung der Wirksamkeit von im Projekt prioritär forschungswürdig eingestuften Maßnahmentypen. Eine abschließende Beurteilung der Wirksamkeit bzw. Unwirksamkeit von Maßnahmen ist jedoch nicht Ziel der Studie.

Das zu entwickelnde Untersuchungskonzept konzentriert sich auf aktive Vermeidungsmaßnahmen (z. B. Vermeidung von Anlockung, Weglockung, Vergrämung und Betriebsregulierung) sowie im Hinblick auf Repowering auch auf Fragen der räumlichen Anordnung und der WEA-Eigenschaften. Im Vordergrund des Projektes stehen damit Maßnahmen zur Verminderung und Vermeidung von Kollisionen. Die Störungs- bzw. Vergrämungswirkung von WEA steht hier nicht im Fokus und kann primär nur durch die Standortwahl minimiert werden, wobei auch Fragen zur Anordnung und den WEA-Eigenschaften, insbesondere der WEA-Höhe und der Beleuchtung, zu berücksichtigen wären.

Es wird an dieser Stelle schon hervorgehoben, dass bei Windenergieplanungen die Vermeidung bzw. Verminderung von negativen Auswirkungen durch eine geeignete Standortwahl an erster Stelle steht. Im Rahmen dieses Projekts wird diese grundsätzliche Möglichkeit der Konfliktvermeidung nicht vertiefend bearbeitet, da die Standortwahl zum einen als grundsätzlich wirksam angesehen werden kann, d. h. eine Überprüfung nicht erforderlich ist, und zum anderen diese Planungsebene nicht im Fokus des Projektziels steht.

Das Projekt besteht aus zwei Modulen, welche in den folgenden Kapiteln dargelegt sind:

- Recherche zum allgemeinen Wissensstand sowie Auswahl geeigneter Maßnahmen, die für eine Überprüfung ihrer Wirksamkeit durch Felduntersuchungen in Frage kommen bzw. priorisiert werden (Kap. 2 bis 5),
- Entwicklung eines Untersuchungskonzeptes zur Überprüfung der Wirksamkeit ausgewählter Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen (Kap. 5).

Die Methodik und Zwischenergebnisse wurden im Verlauf des Projekts im Rahmen eines Expertenworkshops am 31. Mai 2017 diskutiert und an zwei Terminen des „Vernetzungskolloquiums im BfN-Forschungsbereich Naturschutz und Erneuerbare Energien“ beim BfN in Leipzig vorgestellt.

2 Recherche zum allgemeinen Wissenstand sowie Auswahl zu untersuchender Maßnahmen - Vorgehensweise

2.1 Hintergrund

Für die Genehmigung von Bau und Betrieb einer WEA sind wie bei allen Eingriffen in Natur und Landschaft mögliche Vermeidungsmaßnahmen zu prüfen. Dies gebietet bereits § 15 Abs. 1 BNatSchG generell in Bezug auf alle Schutzgüter des Naturhaushalts. Im Hinblick auf die Vogelfauna gelten zudem die strengeren Regelungen des besonderen Artenschutzes aus § 44 BNatSchG. Neben anderen Tierarten gilt für die Vogelfauna, dass u.a. Fang, Verletzung, Tötung (§ 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG), erhebliche – also populationsrelevante – Störungen (§44 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG) und die Beschädigung oder Zerstörung von Fortpflanzungs- oder Ruhestätten (§44 Abs. 1 Nr. 3 BNatSchG) verboten sind. Wie einleitend (Kap. 1) vorgestellt, stehen die Vermeidung der Störung (Nr. 2) und der Zerstörung oder Beschädigung von Lebensstätten (Nr. 3) nicht im Fokus dieser Arbeit, da die hierfür gebotene Vermeidung in erster Linie durch die Standortwahl erfolgt, deren Wirksamkeit nicht in Frage steht.

Viel häufiger stellt sich in der Praxis die schwierige Frage, wie die Tötung von Vögeln während des Betriebs von WEA vermieden werden kann. Dabei wird vom Gesetzgeber kein Nullrisiko gefordert. In § 44 Abs. 5 Satz 2 Nr. 1 BNatSchG wird erläutert, dass ein Verstoß gegen „das Tötungs- und Verletzungsverbot nach Absatz 1 Nummer 1 nicht vor[liegt], wenn die Beeinträchtigung durch den Eingriff oder das Vorhaben das **Tötungs- und Verletzungsrisiko für Exemplare der betroffenen Arten nicht signifikant erhöht** und diese Beeinträchtigung **bei Anwendung der gebotenen, fachlich anerkannten Schutzmaßnahmen nicht vermieden** werden kann“. Damit ist klargestellt, dass bei einem vorhandenen Tötungsrisiko Vermeidungsmaßnahmen zum einen geboten sind und zum anderen auch geeignet sein können, selbst bei einem gewissen verbleibenden Restrisiko die gesetzliche Forderung zu erfüllen. Dreh- und Angelpunkt ist dabei, dass die Maßnahmen fachlich anerkannt sind und damit Einigkeit über deren Wirksamkeit bestehen muss. Dieser Aspekt bildet daher den Fokus dieses Forschungsvorhabens. Aus diesem Grund wird hier hauptsächlich der aktuelle Wissensstand zur Wirksamkeit von Maßnahmen zusammengestellt, die dazu dienen, das Tötungsrisiko von Vögeln durch den Betrieb von WEA zu senken. Daher beschränkte sich die Recherche bzw. Analyse der Literatur auf die Artengruppe der Vögel und es erfolgte eine Konzentration auf den Verbotstatbestand der Tötung (§ 44 Abs. 1, Nr. 1 BNatSchG).

Die aus der Genehmigungspraxis sowie aus der Literatur bekannten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen wurden dabei in vier Themenkomplexe unterteilt:

- Kleinräumige räumliche Anordnung von WEA sowie WEA-Eigenschaften,
- Vermeidung der Anlockung, Weglockung,
- Vergrämung,
- Betriebsregulierung, welche u. a. auch im Rahmen eines „adaptive management“ (Köppel et al., 2014) angepasst werden kann.

Für zahlreiche Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen im Rahmen von Windenergieprojekten liegen Wirksamkeitsbelege jedoch nicht vor. An die Anerkennung der Wirksamkeit müssen aber weiterhin hohe Anforderungen gestellt werden. Vor allem für solche Ver-

meidungs- und Minderungsmaßnahmen, welche in der täglichen Verwaltungspraxis häufig angewendet werden, ist es erforderlich, das hierzu vorhandene Wissen zu aktualisieren. Es muss zudem bewertet werden, ob die bestehenden Wirksamkeitsbelege bzw. Expertenmeinungen ausreichen, oder ob diese Einschätzungen mit großen Unsicherheiten versehen sind und somit weitere Untersuchungen veranlasst sind. Der Nachweis einer Wirksamkeit von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen ist dabei nicht trivial; das Kollisionsrisiko lässt sich nicht quantifizieren, Kollisionen selbst sind ein seltenes Ereignis, das Verhalten der betroffenen Vogelarten ist komplex und von vielen, sich überlagernden Faktoren abhängig. Zudem fehlen häufig Grundlagenkenntnisse zur Populations- oder Verhaltensbiologie der jeweiligen Arten. Solche Untersuchungen sind daher aufwändig und können in der Regel nicht im Rahmen von einzelnen Windenergieprojekten erbracht werden. Die vorliegende Studie soll deswegen erfolgversprechende Forschungsansätze aufzeigen, die zu fachlich anerkannten Vermeidungs- und Schutzmaßnahmen führen, welche dann im Sinne von § 44 Abs. 5 Nr. 1 BNatSchG geeignet wären, dem Tötungsverbot genüge zu leisten. Der Wert solcher Wirksamkeitsnachweise ergibt sich unmittelbar für die Genehmigungspraxis für den Bau und Betrieb von Windenergieanlagen.

Für die weitere Erforschung der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen kann anschließend zur Diskussion gestellt werden, in welchen Fällen artspezifisch untersucht werden muss, bzw. in welchen Fällen auch indirekte Hinweise (hier Habitatparameter) einen Wirksamkeitsbeleg darstellen. Für eine Untersuchung, die einen Wirksamkeitsbeleg einer Maßnahme liefern kann, i. d. R. wissenschaftliche Dauerbeobachtungen (Monitoring), definieren z. B. Garniel & Mierwald (2013) folgende Voraussetzungen:

„Ob Erfassungen von Tier- und Pflanzenarten als Ergänzung zur Funktionskontrolle zur Planungssicherheit beitragen können, hängt u. a. vom ökologischen Verhalten der betrachteten Arten oder von der Prognosesicherheit der Maßnahmenwirksamkeit ab und lässt sich daher nicht generell beantworten.

Ein aussagekräftiges Monitoring von Tier- und Pflanzenarten setzt u. a. voraus,

dass Verhalten und ökologische Ansprüche der zu beobachtenden Arten ausreichend bekannt sind,

dass ein eindeutiger kausaler Zusammenhang zwischen dem Vorkommen bzw. Nicht-Vorkommen der Art und den Eigenschaften der Maßnahmen besteht (diese Voraussetzung ist z. B. bei Pflanzenarten und Tierarten mit gut erforschtem ökologischen Verhalten und räumlich begrenzten Aktionsräumen gegeben),

dass eindeutige Kriterien zur Beurteilung des Maßnahmen Erfolgs (ggf. mit Hilfe von Schwellen) definiert sind, die einen Handlungsbedarf auslösen,

dass sich die zu erfassenden Tiere im betroffenen Raum ausreichend stetig aufhalten (je seltener eine Tierart ist und je größer ihr Aktionsraum ist, umso geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich Tiere dieser Art am Maßnahmenort aufhalten),

dass die beobachteten Indikatoren ein zuverlässiges und frühzeitiges Erkennen von bevorstehenden Fehlentwicklungen ermöglichen, d. h. zu einem Zeitpunkt, zu dem Gegenmaßnahmen („Plan B“) noch rechtzeitig umgesetzt werden können.“

[...]

Da der Artbestand von einer Vielzahl von vorhabensexternen Parametern beeinflusst wird, sind Habitatparameter in vielen Fällen zuverlässigere Indikatoren für die Qualität einer

Maßnahme als das Auftreten der Arten selbst.“

So ist hinsichtlich Vermeidungsmaßnahmen, durch die eine Verringerung des Tötungsrisikos belegt werden soll, z. B. zu entscheiden, ob hierzu als Indikator die artbezogene Flugaktivität ausreicht, oder ob tatsächlich eine Erfassung der Mortalität direkt erfolgen muss.

2.2 Methodisches Vorgehen zur Bewertung und Auswahl der zu untersuchenden Maßnahmen

Das Vorgehen erfolgt in vier Schritten:

- Kap. 2.2.1: Sichtung und Bewertung der verfügbaren Literatur;
- Kap. 2.2.2: Formulierung von Hypothesen (hergeleitet aus der Literatur zu den Vermeidungsmaßnahmen) und Evidenzbewertung dieser Hypothesen auf der Basis des dargestellten Wissensstandes (Ergebnisse in Kap. 3.1 bis 3.9);
- Kap. 2.2.3: Resultierende Empfehlungen, welche Vermeidungsmaßnahmen in der Planungspraxis vorrangig berücksichtigt werden sollen (Ergebnisse ebenfalls in Kap. 3.1 bis 3.9);
- Kap. 2.2.4: Priorisierung empfohlener Vermeidungsmaßnahmen für ein Untersuchungskonzept zur Verbesserung des Wissensstandes hinsichtlich ihrer Wirksamkeit (Ergebnisse in Kap. 4).

Die Zwischenergebnisse dieser Auswertungen mündeten im Rahmen eines Projekt-Workshops am 31.5.2017 im BfN Leipzig in eine Rückkopplung mit namhaften Experten aus Fachbehörden, Naturschutzinstitutionen und Fachbüros. In diesem Workshop wurden Hinweise zu Daten, Erfahrungswerten oder verwirklichten Monitoring-Ergebnissen und Effizienzkontrollen von Genehmigungsaufgaben gesammelt, welche derzeit in der Regel weder systematisch erfasst, noch veröffentlicht werden.

2.2.1 Sichtung und Bewertung der verfügbaren Literatur

Als Grundlage zu dieser Recherche wurde der aktuelle Wissenstand genutzt, welcher beispielsweise in Bulling et al. (2015) sowie u. a. in May (2015) und Arnett & May (2016) veröffentlicht ist. Es wurde vor allem von Bulling et al. (2015) ein große Bandbreite an Vermeidungsmaßnahmen recherchiert, kategorisiert, teilweise unter dem Aspekt Effektivität bewertet und auf Aussagen der Rechtsprechung zu den Maßnahmen hin geprüft. Dieser Katalog stellt daher neben weiteren Quellen eine wesentliche Grundlage dar, auf welcher weitere Schritte der Recherche in diesem Projekt aufbauen. Es wurden darüber hinaus Grundlagenwerke zu diesem Thema wie z. B. Runge et al. (2009), Bernotat & Dierschke (2016) oder (MKULNV Nordrhein-Westfalen, 2013; MULNV NRW & LANUV, 2017) herangezogen. Des Weiteren erfolgte eine Literaturrecherche in den ökologischen Fachzeitschriften, in welchen die wesentlichen internationalen Veröffentlichungen und Institutionen berücksichtigt werden (z. B. SNH 2014, Proceedings der jeweiligen Conferences on Wind Energy and Wildlife (CWW) in 2011, 2013 und 2015 sowie die in den USA ansässigen Institutionen wie z. B. das American Wind and Wildlife Institute (AWWI) (American Wind Wildlife Institute (AWWI), 2015), sowie das National Wind Coordinating Collaborative (NWCC - www.nationalwind.org). Aufbauend darauf erfolgte eine aktualisierende und bewertende Sichtung der nationalen und internationalen Literatur zu Projekten und Studien zur Wirksamkeit von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen sowie der Erlässe und Leitfäden der Bundesländer, in welchen ebenfalls Maßnahmen beschrieben sind. Hierfür wurden eine

projektinterne Literaturdatenbank eingerichtet (Software „mendeley“, <https://www.mendeley.com>). Die verwendete Literatur wurde in separaten Excel-Tabellen ausgewertet. Projektbezogene interne Gutachten („graue Literatur“) konnten aus Gründen der Praktikabilität und fehlender oder schwieriger Zugänglichkeit nicht berücksichtigt werden. Die Ergebnisse dieser Gutachten können aber häufig bereits eine Bewertung oder Berücksichtigung in den gesichteten Gerichtsurteilen gefunden haben.

Als Grundlage für die im nächsten Schritt erfolgende Einstufung der Evidenz von Hypothesen, die den jeweiligen Maßnahmentypen zugrunde liegen, war es erforderlich, die Aussagekraft der recherchierten Literaturquellen im Hinblick auf die Wirksamkeit der betrachteten Maßnahme einzustufen. Bei dieser Bewertung der Aussagekraft der Einzelquellen wurden folgende Merkmale der Studien bzw. Publikationen geprüft:

- Gab es einen Vergleich mit Maßnahme/ohne Maßnahme?
- Wurde eine – belastbare – statistische Auswertung durchgeführt?
- Wie hoch war die Stichprobengröße (Anzahl WEA/Wiederholungen)?
- Wurden das Habitat und/oder die Topographie berücksichtigt?
- Wurde eine – standardisierte – Kollisionsopfersuche durchgeführt?
- Wurden bei der Kollisionsopfersuche Korrekturfaktoren (Verweildauer Kadaver, Suchereffizienz etc.) berücksichtigt?
- Wurden Untersuchungen zur Flugaktivität durchgeführt?

Aufgrund der hohen Bandbreite der betrachteten Studien mit gänzlich unterschiedlichen Untersuchungsansätzen, der Vielzahl von Kriterien an sich sowie der Ausprägung der einzelnen Kriterien war es nicht möglich, eine vollständig systematische Auswertung vorzunehmen. Der Einstufung der Quellen anhand der genannten Kriterien lagen daher folgende Prinzipien zugrunde:

- Es wurde aus der Summe und/oder der Intensität einzelner Unterpunkte ein möglichst nachvollziehbares, aber doch teilweise subjektives Gesamturteil abgeleitet.
- Ein bloßer Maßnahmenvorschlag ohne empirische Feldstudie konnte keine hohe Aussagekraft erreichen.
- Die seltenen Telemetrie-Studien mit detaillierten Raumnutzungs-Auswertungen oder umfangreiche Suchen nach Kollisionsopfern haben in der Regel eine hohe Aussagekraft erhalten.

Jede Einzelquelle erhielt somit – in Bezug auf ihren Beitrag für die Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen – eine Einstufung ihrer Aussagekraft hinsichtlich des betrachteten Maßnahmentyps in der Differenzierung „gering“, „mittel“ oder „hoch“. Diese Bewertung findet sich, gruppiert nach zugehörigen Hypothesen, in Tab. 9 im Anhang A1.

Es wird hier noch einmal betont, dass die Einstufung der Aussagekraft der Einzelquellen qualitativ zu verstehen ist und lediglich angeben soll, inwiefern die Einzelquelle zur Unterstützung bzw. zum Beleg der Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahmen beiträgt.

Über die oben beschriebene Literatur hinaus wurden 23 Urteile gesichtet. Eine Auswertung dieser Urteile bzw. eine einheitliche Ableitung von Regeln z. B. zur Feststellung eines signifikant erhöhten Tötungsrisikos unserer Ansicht nach nicht möglich. Das liegt daran, dass

Urteile stets Einzelfallentscheidungen auf Grundlage verschiedener Aspekte sind und i.d.R. auf das Urteil von Fachbehörden vertraut wird.

2.2.2 Formulierung von Hypothesen zur Wirkung von Vermeidungsmaßnahmen und ihre Evidenzbewertung

2.2.2.1 Formulierung von Hypothesen

Aufgabe war es, für die Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen, die in der recherchierten Literatur behandelt worden sind, den Nachweis der Wirksamkeit zu prüfen. Hierzu wurde die „Wirksamkeit von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen“ in Hypothesen umformuliert; gleichzeitig wurden aus der Vielzahl der Maßnahmen solche zusammengefasst, welche sich unter einer Hypothese subsummieren ließen. Die so entwickelten 43 Hypothesen wurden wiederum in acht Themenkomplexe zusammengefasst (vgl. Kap. 3).

Zur Illustration der Hypothesenformulierung von Vermeidungsmaßnahmen sei hier die Vermeidungsmaßnahme: „Abschaltung einer WEA bei bestimmten Bewirtschaftungsereignissen (Mahd, Ernte...)“ aufgeführt. Sie impliziert beispielsweise die Hypothese „Die Abschaltung einer WEA bei bestimmten Bewirtschaftungsereignissen (Mahd, Ernte,...) reduziert das Kollisionsrisiko“. In dieser Form gelesen, konnte anhand der publizierten Daten abgeschätzt werden, wie hoch der Wahrheitsgehalt (Evidenzgrad) einer solchen Hypothese ist, das heißt, wie gut sie belegt ist.

Einschränkend musste berücksichtigt werden, dass Zusammenhänge in der Naturwissenschaft von sehr vielen Faktoren und von der Streuung biologischer Daten abhängig sind und sich daher einer systematischen, experimentellen Überprüfung häufig entziehen. Zum Verständnis von Zusammenhängen wäre es erforderlich, die Wirksamkeit z. B. einer bestimmten Bewirtschaftungsform im Gefahrenbereich einer WEA von anderen Einflussgrößen wie der Witterung oder den häufig wechselnden Aktivitätszentren von Vögeln zu trennen. Dies ist jedoch i. d. R. durch Experimente in der Natur nicht umsetzbar. Zudem war zu bedenken, dass belastbare Aussagen in der Naturwissenschaft erst mit großen Stichprobenzahlen möglich sind, die aus verschiedenen Gründen in verhaltensbiologischen Untersuchungen nur selten erreicht werden können. So kann einerseits ein Untersuchungsaufwand nicht unbegrenzt erhöht werden; andererseits kann von bestimmten Vogelarten nur eine begrenzte Zahl an Individuen vorhanden sein bzw. für Untersuchungen herangezogen werden können. Dies schränkt die Bewertungsmöglichkeiten ein und hat wiederum Auswirkungen auf die Untersuchungskonzepte bezüglich deren Umfangs.

2.2.2.2 Evidenzgraduierung von Hypothesen

Der Begriff „Evidenz“ wird hier im Sinne von Wahrheitsanspruch einer Hypothese verstanden, d. h. als Maß dafür, wie gut die Hypothese durch Untersuchungsergebnisse belegt ist. Für die Bewertung der Evidenz der Hypothesen wurde in Anlehnung an SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN), 2015) eine Graduierung entwickelt, die auf Basis der zu jeder Hypothese zugehörigen Einzelquellen abgeleitet wird.

Die Graduierung findet in ähnlicher Weise in der medizinischen Forschung bei der Beurteilung von Behandlungsmethoden und Studien Anwendung. Auch in diesem Themenfeld haben die Institutionen, die Empfehlungen für den Einsatz von bestimmten Heilmethoden herausgeben sollen, das Problem zu lösen, dass nicht alle Behandlungsmethoden, die noch nicht zweifelsfrei durch mehrere Studien mit hoher Signifikanz als wirksam nachge-

wiesen worden sind, auch tatsächlich verworfen werden dürfen. Das liegt daran, dass die Variabilität bei der Reaktion der Patienten sehr hoch ist und der Heilungsprozess von vielen Einflussgrößen gesteuert wird, die häufig nicht voneinander zu trennen sind. Ferner können nicht für alle Methoden umfangreiche statistische Versuchsreihen durchgeführt werden. Folglich werden auch übereinstimmende, positive Expertenerfahrungen für die Bewertung einer Methode und damit auch einer Hypothese, nämlich, dass eine bestimmte Behandlungsmethode heilsam ist, für die Evidenzgraduierung herangezogen. Daher eignete sich diese Methode gut dafür, Studien und Publikationen auf dem Gebiet der Naturschutzforschung zu beurteilen, da diese, wie oben geschildert, mit ähnlichen Herausforderungen in Bezug auf die naturwissenschaftliche Belastbarkeit umgehen müssen. Die Berücksichtigung übereinstimmender Expertenmeinungen ist dabei nicht nur in der Medizin Praxis, sondern wurde z.B. auch von Runge et al. (2009) eingesetzt, um die Wirksamkeit vorgezogener Ausgleichsmaßnahmen, sogenannter CEF-Maßnahmen zu bewerten.

Von den verschiedenen Graduierungssystemen wurde für diese Auswertung SIGN (s.o.) gewählt, welches häufig für qualitativ hochwertige Leitlinien (sogenannte „S3-Leitlinien“) in der Medizin eingesetzt wird. Nachdem zur Untersuchung der Gefährdung von Vögeln durch Windenergieprojekte eine deutlich geringere Anzahl statistisch abgesicherter Studien existiert als in der Medizin, wurde die Graduierung an die Bedürfnisse in der Naturschutzforschung angepasst. Die Evidenzgraduierung wird in Tab. 1 erläutert.

Tab. 1: Evidenzgraduierung der Hypothesen für dieses Vorhaben in Anlehnung an SIGN

Studientyp	Beschreibung
M++	Qualitativ hochwertige Meta-Analysen, systematische Übersichten (reviews) von Studien mit Versuch-Kontroll-Vergleichen (Abk.: RCT, engl.: Randomized Controlled Trial) auf Grundlage von statistisch abgesicherten Zufallsverteilungen der Stichproben, mit sehr geringem Risiko systematischer Fehler
M+	Gut durchgeführte Metaanalysen, systematische Übersichten von RCTs mit geringem Risiko systematischer Fehler
M-	Meta-Analysen, systematische Übersichten von RCTs mit hohem Risiko systematischer Fehler
S++	Qualitativ hochwertige systematische Übersichten von Fall-Kontroll-Studien mit sehr geringem Risiko systematischer Verzerrungen und hoher Wahrscheinlichkeit, dass die Beziehung „Maßnahme-Wirkung“ ursächlich ist.
S+	Gut durchgeführte Fall-Kontroll-Studien mit niedrigem Risiko systematischer Verzerrungen und moderater Wahrscheinlichkeit, dass die Beziehung „Maßnahme-Wirkung“ ursächlich ist.
S-	Fall-Kontroll-Studien mit hohem Risiko systematischer Verzerrungen und bedeutendem Risiko, dass die Beziehung „Maßnahme-Wirkung“ nicht ursächlich ist; z.T. widersprüchliche Studienergebnisse
F+	Nicht analytische Studien, z. B. Fallberichte, Fallserien mit überwiegend einheitlicher Tendenz zu einer positiven Korrelation zwischen Maßnahme und Wirkung.
F-	Nicht analytische Studien, z. B. Fallberichte, Fallserien mit z.T. widersprüchlichen Aussagen zur Beziehung „Maßnahme-Wirkung“.
E++	Übereinstimmende Expertenempfehlung in mehreren Leitfäden und Arbeitshilfen, z. B. der Länder oder des Bundes, Nennung in Forschungsberichten, Arbeitspapieren oder Publikationen mit begleitenden Expertenkreisen, -workshops
E+	Expertenempfehlung in einzelnen Arbeitshilfen, Leitfäden oder Publikationen mit begleitendem Expertenkreis oder Qualitätssicherung durch Expertenausschuss (peer-review), keine nachvollziehbar begründeten Er widerungen durch andere Experten bekannt.
E-	Einzelne Expertenmeinung, z.T. im Widerspruch zu anderen Expertenmeinungen

Erläuterung Studientyp:

- M:** Metaanalysen, die Studienergebnisse systematisch ausgewertet haben
- S:** Fall-KontrollStudien

F: nicht analytische Einzelfallstudien
E: Expertenmeinung

Erläuterung Farbe:

Einschätzung von Kenntnisstand und Begründung einer Hypothese = Evidenzgrad

grün:	hoch
grau:	mittel
rötlich	gering

Die Beurteilung einer Hypothese erfolgte dabei nicht auf Basis einer einzelnen, am besten bewerteten Studie, sondern über die Gesamtschau der Einzelquellen zu jeder Hypothese. Hierzu wurden sämtliche Einzelquellen, welche Aussagen zu einer bestimmten Hypothese enthalten, zusammengestellt; die Aussagen dieser Einzelquellen einschließlich der vorgenommenen Bewertung der Qualität und Plausibilität dieser Einzelquellen zusammen führen zum Evidenzgrad einer Hypothese.

Wie aus Tab. 1 ersichtlich, wurde die Evidenz bei Vorliegen von Metastudien (M) und Fall-Kontroll-Studien (S) jeweils in drei Stufen unterteilt. Bei Vorliegen von ausschließlich nicht analytischen Einzelfallstudien (F) ergab eine solch feine Differenzierung keinen relevanten Informationsgewinn; nicht analytische Einzelfallstudien sind ohnehin bereits wenig belastbar und somit können sie in der Zusammenschau lediglich eher für eine Hypothese sprechen, wenn sie überwiegend einheitliche Tendenzen einer positiven Korrelation zeigen; umgekehrt sprechen nicht analytische Einzelfallstudien mit widersprüchlichen Ergebnissen für eine negative Hypothesen-Einschätzung. Aufgrund der Häufigkeit und der sehr unterschiedlichen Qualität publizierter Expertenmeinungen (E) lohnte in diesem Bereich wiederum eine Dreistufigkeit, da in dieser Kategorie von der einzelnen Expertenmeinung – womöglich im Widerspruch zu anderen – bis zum Leitfaden auf Bundesebene, der mit einem Gremium anerkannter Experten abgestimmt ist und damit den Erfahrungsschatz eines größeren Teams bündelt, eine große Spannweite liegen kann.

Je mehr belastbare Einzelquellen mit ähnlichen Ergebnissen für eine Hypothese sprechen, desto höher wurde deren Evidenzgrad bewertet und damit die Wahrscheinlichkeit, dass die zugehörige Vermeidungsmaßnahme wirksam ist. Umgekehrt führten z. B. mehrere Einzelquellen mit widersprüchlichen Aussagen zu einem niedrigeren Evidenzgrad einer Hypothese. Bei widersprüchlichen Aussagen von Einzelquellen bestimmen diejenigen mit einer höheren Qualität bzw. Aussagekraft den Evidenzgrad. Aus diesem Grund kann fallweise einem Expertenvotum auch ein höheres Gewicht eingeräumt werden, insbesondere bei übereinstimmenden Erfahrungsberichten, als z. B. vermeintlich höherwertigen Fall-Kontrollstudien mit begrenzter Aussagekraft.

2.2.3 Empfehlungen, welche Vermeidungsmaßnahmen in der Planungspraxis berücksichtigt werden sollen

Als nächster Schritt wurde auf Basis der Evidenzeinstufung einer Hypothese eine Empfehlung für den Einsatz der dazugehörigen Vermeidungsmaßnahme in der Praxis ausgesprochen. Der Empfehlungsgrad wurde jedoch nicht ausschließlich aus der Evidenzeinstufung der Hypothese abgeleitet, sondern es wurden weitere Aspekte herangezogen. So wurde v. a. berücksichtigt, ob die positiven Wirkungen einer Maßnahme mögliche negative Wirkungen überwiegen oder ob z. B. eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit nach aktuellen Gesichtspunkten gegen einen hohen Empfehlungsgrad sprechen könnte. Dabei war die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht im Sinne einer differenzierten Gegenüberstellung von Er-

trag und Aufwand zu verstehen; es konnten in diesem Rahmen lediglich absehbar sehr hohe Kosten gegen einen derzeitigen Einsatz einer Maßnahme sprechen, die nach aktuellen Kenntnissen offensichtlich in keinem vernünftigen Verhältnis zur Investition eines Windparks stehen bzw. den Betrieb eines Windparks wahrscheinlich unwirtschaftlich machen (Unverhältnismäßigkeit). Dieses Kriterium wurde aufgrund der ihm innewohnenden erheblichen Prognoseunsicherheit sehr restriktiv eingesetzt. Zuletzt könnten weitere Gründe, wie z. B. die erhebliche Beeinträchtigung des Landschaftsbildes oder erhebliche Störungen, die z. B. von Vergrämungs-Maßnahmen ausgehen, gegen eine positive Empfehlung sprechen. Die vorliegenden Ergebnisse sind aus vorgenannten Gründen und sich ständig weiterentwickelnder Technik und Rahmenbedingungen als nicht abschließend zu betrachten.

Unter Berücksichtigung aller vorgenannten Aspekte wird die jeweils resultierende Empfehlung zu einer Vermeidungsmaßnahme stichpunktartig begründet.

Tab. 2: Empfehlungsgrade für in der Planungspraxis zu berücksichtigende Vermeidungsmaßnahmen

Grad	Beschreibung
A	Starke Empfehlung: „Soll“ Evidenzeinschätzung hoch und die positiven Wirkungen der Maßnahme überwiegen voraussichtlich die negativen. Unverhältnismäßig hohe Kosten oder Betriebseinschränkungen sind nicht zu erwarten.
B	Empfehlung offen: „Kann“; Empfehlung für weitere Forschung Evidenzeinschätzung mittel und die positiven und negativen Folgen der Maßnahme sind zumindest ausgewogen, nach aktuellem Stand der Technik und Wissenschaft sind keine unverhältnismäßig hohen Kosten oder Betriebseinschränkungen zu erwarten.
C	Empfehlung gegen eine Anwendung: „Sollte nicht“ Evidenzeinschätzung gering und negative Folgen der Maßnahme übertreffen sehr wahrscheinlich die positiven Wirkungen oder nach aktuellem Stand der Technik und Wissenschaft ist die Maßnahme sehr wahrscheinlich mit unverhältnismäßig hohen Kosten bzw. Betriebseinschränkungen verbunden.

An dieser Stelle ist zu betonen, dass es sich hierbei nur um ganz generelle Empfehlungen handeln kann, die keinerlei Aussagen dazu treffen, ob in einem konkreten Einzelfall die jeweilige Maßnahme angemessen ist und ob damit eine signifikante Erhöhung des Tötungsrisikos tatsächlich vermieden kann. Die Vereinbarkeit mit den rechtlichen Vorgaben ist für jeden Standort einzelfallbezogen zu prüfen.

2.2.4 Priorisierung empfohlener Vermeidungsmaßnahmen für ein Untersuchungskonzept

Mit der Liste der Vermeidungsmaßnahmen, welche einen Empfehlungsgrad von „A“ oder „B“ erhalten haben, wurden dann solche Maßnahmen, deren Wirksamkeit oder Detailfragen zur Ausgestaltung der Maßnahme im Rahmen weiterer Forschung überprüft werden sollte, nach vier Kriterien gewichtet (Tab. 3). Im Ergebnis (siehe Kap. 4.2) ergibt sich hieraus ein Ranking, anhand dessen diejenigen Maßnahmentypen identifiziert werden können, für welche vordringlicher Untersuchungsbedarf besteht.

Die vier in Tab. 3 aufgeführten Kriterien werden jeweils dreistufig bewertet (nicht zutreffend – zutreffend – sehr zutreffend). Für die Gesamtbewertung erfolgt eine Aufsummierung der vier Einzelbewertungen, die sich entsprechend zwischen den Extremwerten 4 x „nicht zutreffend“ (4-mal minus) und 4 x „sehr zutreffend“ (8-mal plus) bewegen kann.

Tab. 3: Priorisierung der Maßnahmen zur Auswahl für die Entwicklung eines Forschungskonzepts

Vermeidungsmaßnahme bzw. Hypothese XY	
Kriterium	Bewertung*
Wirksamkeit ist noch nicht ausreichend belegt <i>Stichpunktartige Begründung bzw. Erläuterung</i>	-/+ / ++
Details der Umsetzung wie z. B. zeitliche oder räumliche Dimensionen etc. sind noch unklar <i>Stichpunktartige Begründung bzw. Erläuterung</i>	-/+ / ++
Nachweis der Wirksamkeit über absehbaren Projektzeitraum (1-3 Jahre) mit vertretbaren Mitteln erfolversprechend <i>Stichpunktartige Begründung bzw. Erläuterung</i>	-/+ / ++
Maßnahme im Projektfall auf Grundlage des aktuellen Kenntnisstandes zu Wissenschaft und Technik mit vertretbarem Mittelaufwand und ohne unverhältnismäßige Ertragseinbußen umsetzbar <i>Stichpunktartige Begründung bzw. Erläuterung</i>	-/+ / ++
Gesamtwertung der Priorität durch Aufsummierung der vier Einzelbewertungen	4 x minus bis 8 x plus**

* - nicht zutreffend, + zutreffend; ++ sehr zutreffend

** die Spanne reicht von 4 x nicht zutreffend (4-) bis 4 x sehr zutreffend (8+);

die Anzahl von vergebenen „-“ oder „+“ - Zeichen wurde dabei mathematisch addiert, wobei z. B. galt:

1 x „-“ plus 1 x „+“ ergibt „0“, oder 1 x „++“ plus 1 x „+“ ergibt „3+“

Aus den am höchsten priorisierten Maßnahmen wurden diejenigen ausgewählt, für die im hier durchgeführten Projekt ein Untersuchungskonzept entwickelt werden soll (s. Kap. 4 und 5). Dabei wird auch das Ergebnis der Priorisierung des Expertenworkshops berücksichtigt (s. Kap. 4.1).

3 Evidenzbewertung von Hypothesen zur Wirksamkeit von Vermeidungsstrategien

Nachstehend erfolgt zunächst eine Darlegung der einzelnen Hypothesen hinsichtlich ihrer Unterstützung durch die angegebene Literatur und ihrer zusammenfassenden Evidenzgraduierung gemäß den Kriterien in Kap. 2.2.2. Hierzu werden die acht Themenkomplexe getrennt betrachtet (Kap. 3.1 bis Kap. 3.8). Anschließend erfolgt in Kap. 3.9 eine zusammenfassende Übersicht der erzielten Evidenzeinstufungen sowie eine Auswertung hinsichtlich der Empfehlungsgrade in Bezug auf weitergehende Untersuchungen. Das vollständige Ergebnis dieser Arbeitsschritte ist in Tab. 6 (Kap. 3.9) dokumentiert.

Für jede Hypothese erfolgt in diesem Kapitel eine zusammenfassende textliche Erläuterung, die einen Überblick über die zu Rate gezogene Literatur gibt. Als Ergebnis wird eine Bewertung der Evidenz der Hypothese vorgenommen, die auf den in Kap. 2.2.2.2 dargelegten Kriterien beruht und letztlich eine zusammenfassende Bewertung der Aussagekraft der einzelnen Literaturquellen darstellt, die in ihrer Gesamtheit in Tab. 9 im Anhang A.1 aufgeführt ist. Weiterhin erfolgt für jede Hypothese eine Empfehlung, ob die betrachtete Maßnahme für die Verwendung in der Praxis empfohlen werden kann. Die methodischen Grundlagen hierzu sind in Kap. 2.2.3 dargelegt worden.

3.1 Themenkomplex I „Räumliche Anordnung“

Der Themenkomplex „räumliche Anordnung“ umfasst den Einfluss der Anordnung der einzelnen WEA innerhalb eines Windparks (sog. „micrositing“) auf das Kollisionsrisiko von Vögeln. Die Standortwahl (sog. „macrositing“) wird hier hingegen nicht betrachtet (s. Kap. 1). Für den Themenkomplex wurden fünf Hypothesen formuliert.

3.1.1 Hypothese 1: Die Anordnung von WEA in Clustern reduziert das Kollisionsrisiko gegenüber der Anordnung in Reihen.

Gemäß verschiedenen Autoren hat die Anordnung von WEA in kompakten Windparks (Clustern) gegenüber der Anordnung in Reihen einen Einfluss auf die Kollision von Vögeln mit Rotorblättern. Zur dieser Hypothese treffen insgesamt sieben ausgewertete Quellen eine Aussage. Es handelte sich dabei um fünf wissenschaftliche Untersuchungen, eine Literaturstudie und einen behördlichen Leitfadens.

In diesen Quellen wird überwiegend die positive Wirkung der Anordnung in Clustern zur Verringerung des Kollisionsrisikos herausgestellt. Die Aussagen beruhen teilweise auf konkreten Kollisionsuntersuchungen, teilweise aber auch lediglich auf Raumnutzungsbeobachtungen. In Bezug auf konkrete Kollisionszahlen und Raumnutzungsuntersuchungen liefern insbesondere Untersuchungen aus dem Altamont Pass Wind Resource Area Ergebnisse (Smallwood et al., 2008; Smallwood & Thelander 2004; Thelander et al. 2003). In diesen Untersuchungen wird wiederholt betont, dass an Turbinen in Reihenanordnung eine signifikant höhere Schlagopferzahl gefunden wurde. Ergänzend stellen Larsen & Madsen (2000) sowie Pruett et al. (2009) eine stärker negative Wirkung durch Reihenanordnung für verschiedene Artengruppen in Bezug auf Habitatverluste durch die Errichtung von WEA und daraus resultierendes Ausweichverhalten fest. Kikuchi (2008) und U.S. Fish and Wildlife Service (2003) empfehlen auf Grundlage einer Literaturstudie deutlich kompaktere Windparks. Die Quellen, die zu der genannten Hypothese eine Aussage treffen, stimmen insgesamt deutlich miteinander in ihrer Präferenz für stärker geclusterte Windparks überein.

Für die Hypothese wurde die Evidenzstufe „F+“ (Einzelfallstudien, hoch) vergeben. Über-

wiegend handelt es sich bei den Quellen um Fallserien unter Berücksichtigung von Kollisionszahlen sowie aus Raumnutzungsbeobachtungen abgeleitete Annahmen. Ein wissenschaftlich gut belastbares Untersuchungsdesign lag in keinem Fall vor, da ein experimentelles Untersuchungsdesign in Bezug auf die Fragestellung schwierig umzusetzen ist (Vergleich verschiedener Anordnungen an demselben Standort).

Die Hypothese wird einheitlich bestätigt; eine eindeutige, wissenschaftlich belastbare Untersuchung liegt jedoch nicht vor. Auf Basis der übereinstimmenden Aussagen kann die Anordnung von WEA in Clustern bei der Planung von neuen Windparks befürwortet werden (Empfehlung „A“, soll eingesetzt werden), sofern der Zuschnitt der verfügbaren Fläche dies zulässt.

3.1.2 Hypothese 2: Die Errichtung von WEA-Attrappen am Rand von Windparks reduziert das Kollisionsrisiko gegenüber Windparks ohne Attrappen.

Diese Hypothese entstammt einem Vorschlag von Smallwood & Thelander (2004) auf der Basis von Beobachtungen im Altamont Pass Wind Resource Area, wonach an randlichen WEA ein höheres Kollisionsrisiko gegeben ist. Eine gezielte Untersuchung zu dieser Fragestellung, etwa die Erprobung einer solchen Attrappe, wurde jedoch nicht durchgeführt. In keiner anderen Quelle wurde auf einen solchen Vorschlag Bezug genommen. Aus den genannten Gründen erhält die Hypothese die Evidenzstufe „E-“ (Einzelne Expertenmeinung, gering).

Eine Anwendung bei der Planung von Windparks kann, auch aufgrund der Störwirkung auf das Landschaftsbild in der relativ dicht besiedelten deutschen Kulturlandschaft, nicht empfohlen werden (Empfehlung „C“, sollte nicht eingesetzt werden).

3.1.3 Hypothese 3: Die Größe des Abstands zwischen einzelnen WEA bzw. Windparks wirkt sich signifikant auf das Kollisionsrisiko aus.

Zu dieser Hypothese treffen insgesamt acht ausgewertete Quellen eine Aussage. Es handelt sich um fünf wissenschaftliche Untersuchungen, eine Literaturstudie sowie zwei behördliche Leitfäden.

Die betrachteten Quellen treffen zum Einfluss der Abstände zwischen WEA häufig gegensätzliche Aussagen, die vermutlich von stark unterschiedlichen Untersuchungsdesigns, Vogelarten und Windparksituationen herrühren. So stellen Rasran & Dürr (in: Hötter et al., 2013) in kleineren Windparks mehr Kollisionsopfer unter Greif- und Großvögeln pro WEA fest als in größeren und weisen außerdem darauf hin, dass peripher gelegene WEA - welche in kleineren Windparks naturgemäß relativ häufig vorkommen – eine höhere Anzahl Kollisionen verursachen. Walker et al. (2005) beobachteten ein stärkeres Ausweichverhalten beim Steinadler bei kompakter angeordneten Windparks als bei isolierteren WEA. Smallwood et al. (2008) empfehlen auf Grundlage von Raumnutzungsbeobachtungen gezielt freie Flächen in Windparkgebieten zu erhalten, da diese von Greifvögeln bevorzugt genutzt würden. Steinborn & Reichenbach (2011) empfehlen auf Grundlage von Planbeobachtungen zum Kranichzug ausreichende Korridore zwischen Windparks frei zu erhalten. Eine ähnliche Empfehlung spricht der Leitfaden Schleswig-Holstein (LANU, 2008) hinsichtlich der Errichtung von Windparks in Blöcken mit dazwischen liegenden Korridoren aus. Auch The Nebraska Wind and Wildlife Working Group (2013) empfiehlt größere Abstände. Hull et al. (2013) beobachteten in Australien bei Keilschwanzadlern und Weißbauchseeadlern, dass die Vögel gezielt die Zwischenräume innerhalb von Windparks nutzen, um sich

den WEA möglichst wenig anzunähern. Dementsprechend führen größere Abstände zu effektiveren Ausweichmöglichkeiten. Morrison (2006) stellt die Vermutung auf, dass unregelmäßige Abstände zwischen WEA das Kollisionsrisiko erhöhen. Es wird insgesamt bestätigt, dass mit der Größe des Abstands zwischen WEA oder Windparks das Kollisionsrisiko sinkt, die Ergebnisse beruhen aber hauptsächlich auf Raumnutzungsbeobachtungen und nicht auf konkreten Kollisionsopferstudien.

Die Hypothese erhält die Evidenzstufe „F+“ (Einzelfallstudien, hoch), da überwiegend Fallstudien mit zumindest teilweise konkreten Kollisionszahlen durchgeführt wurden. Da die Ergebnisse unter anderem art- und situationsabhängig sind, wird die Hypothese trotz auftretender Widersprüche nicht negativ bewertet. Nach aktuellem Kenntnisstand kann der Abstand zwischen einzelnen WEA und Windparks eine Rolle für das Kollisionsrisiko spielen und sollte somit bei der Planung neuer Windparks situationsabhängig berücksichtigt werden (Empfehlung „B“, kann eingesetzt werden).

3.1.4 Hypothese 4: Die Anordnung von WEA parallel zur Hauptflugrichtung senkt das Kollisionsrisiko gegenüber der Anordnung quer zur Hauptflugrichtung.

Zu dieser Hypothese machen zwölf ausgewertete Quellen Aussagen. Bei einer Quelle handelte es sich um eine wissenschaftliche Untersuchung, bei vier weiteren um Literaturstudien. Bei den übrigen sieben Quellen handelt es sich um behördliche Leitfäden.

Die betrachteten Quellen bewerten eine Anordnung parallel zur Hauptflugrichtung ausnahmslos positiv. Kollisionsuntersuchungen liegen jedoch nicht vor. Entsprechende Empfehlungen zur Beachtung der Hauptflugrichtung wurden in Literaturstudien von Drewitt & Langston (2006), Hötter (2006) sowie Hötter et al. (2004) ausgesprochen. Ebenso wird hierauf in Empfehlungen und Leitfäden der Länder Hessen, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein Bezug genommen (HMUELV & HMWVL, 2012; LANU, 2008; MKULNV & LANUV, 2013; MWKEL et al., 2013; PNL, 2012; STMUG, 2011). Dies gilt auch für den U.S. Fish and Wildlife Service (2003) und die Nebraska Wind and Wildlife Working Group (2013).

Da zu dieser Hypothese keine Kollisionsuntersuchungen vorliegen und es sich bei der überwiegenden Anzahl der Quellen um Literaturstudien und behördliche Leitfäden handelt, diese jedoch alle die positive Wirkung herausstellen, wurde die Evidenzstufe „E++“ (Einzelne Expertenmeinung, hoch) vergeben. Allerdings ermöglichen die rechtlichen Vorgaben bei der Windparkplanung in der Praxis wenig Spielraum für stark unterschiedliche Windparklayouts. Trotzdem gilt die Empfehlung, die Anordnung der WEA parallel zur Hauptflugrichtung nach Möglichkeit umzusetzen. Die Wirksamkeit ist allerdings nicht abschließend geklärt und vermutlich situations- (z. B. Standort im Zugkorridor oder in Nahrungshabitat) und artabhängig (Empfehlung „B“, kann eingesetzt werden).

3.1.5 Hypothese 5: Die Vermeidung von Trichtereffekten führt zu einem verringerten Kollisionsrisiko.

Zu dieser Hypothese wurden von sechs Quellen Aussagen gemacht. Bei fünf Quellen handelte es sich um wissenschaftliche Untersuchungen, bei einer um eine Literaturstudie.

Die ausgewerteten Quellen betonen insgesamt die hohe Bedeutung linearer Strukturen und die daran anzupassende Platzierung von WEA, allerdings können lediglich zwei Quellen tatsächlich signifikante Kollisionsunterschiede an unterschiedlichen Standorten / Konstellationen am Altamont Pass Wind Resource Area feststellen; die Durchführung einer experi-

mentellen Studie fehlt naturgemäß (Smallwood & Thelander, 2004; Thelander et al., 2003). Tellería (2009) leitet ein erhöhtes Kollisionsrisiko von beobachteten Zugrouten und der Platzierung von WEA in bedeutsamen Pässen ab. Drewitt & Langston (2006) betonen auf Grundlage einer Literaturlauswertung ebenfalls die hohe Bedeutung linearer Strukturen der Geländemorphologie. Zwei weitere Quellen beziehen sich hauptsächlich auf Fledermäuse und sind somit nur begrenzt aussagekräftig für die gewählte Fragestellung (Kelm et al., 2014; Heim et al. in: Köppel & Schuster, 2015). Der Hypothese kann die Evidenzstufe „F+“ (Einzelfallstudien, hoch) zugeordnet werden. Derzeit ist die Vermeidung von Trichtereffekten für die praktische Planung von Windparks aufgrund mangelnder Kenntnisse bezüglich der Avifauna nicht zwangsläufig eine effektive Maßnahme; es wird die Empfehlung „B“ (kann eingesetzt werden) vergeben.

3.1.6 Fazit zum Themenkomplex „Räumliche Anordnung“

Ein konkreter Untersuchungsbedarf im Hinblick auf unterschiedliche räumliche Anordnungen ergibt sich nicht. Dies beruht zum einen darauf, dass in Deutschland aufgrund der i. d. R. nur relativ kleinen Windparkflächen Alternativen in der WEA-Anordnung nur sehr eingeschränkt bestehen (im Gegensatz zu den USA, woher auch die meisten der zitierten Untersuchungen stammen). Zum anderen lassen sich keine unterschiedlichen WEA-Konstellationen an demselben Standort miteinander vergleichen. Diese Möglichkeit kann sich lediglich im Zuge von Vorher-Nachher-Untersuchungen bei Repowering-Vorhaben ergeben, zumindest hinsichtlich der Vergrößerung der Abstände zwischen den WEA, wobei sich dabei jedoch die Herausforderung der Differenzierung bezüglich der gleichzeitigen Änderung mehrerer WEA-Eigenschaften ergibt (siehe Hypothesen 8 und 9).

Es ist zu empfehlen, dass die räumliche Platzierung und Anordnung von Windparks sowohl bei Neuvorhaben als auch Repowering-Vorhaben aufgrund regionalplanerischer, aber auch naturschutzfachlicher Einschätzungen nach aktuellem Stand des Wissens erfolgt. Neben der Recherche zu Brut- und Rastplätzen könnten hierzu auch z. B. Konfliktpotenzialkarten genutzt werden, welche aufgrund von Topographie und Vogelzug- oder Flugaktivitätsprognosen eine Zonierung vornehmen, wie sie z. B. für die Schweiz vorliegt (Liechti et al., 2012).

3.2 Themenkomplex II „WEA-Eigenschaften“

Unter „WEA-Eigenschaften“ fallen alle baulichen und strukturellen Eigenschaften einer WEA, die einen Einfluss auf das Kollisionsrisiko von Vögeln haben können. Dazu gehören vor allem die Mast- und Turmgestaltung, Nabenhöhe, unterer Rotordurchgang und Rotordurchmesser sowie die Gestaltung der Rotorblätter. Für den Themenkomplex wurden sechs Hypothesen formuliert, wobei eine Hypothese in zwei Unter-Hypothesen geteilt wurde.

3.2.1 Hypothese 6: WEA in Rohrturmbauweise führen zu einem geringeren Kollisionsrisiko im Vergleich zur Gitterturmbauweise.

Zu dieser Hypothese machten insgesamt zwölf ausgewertete Quellen Angaben. Es handelt sich bei fünf Quellen um wissenschaftliche Untersuchungen, dazu kommen eine Literaturstudie, zwei Vermeidungspläne sowie vier behördliche Leitfäden.

Überwiegend befürworten die Quellen die Rohrturmbauweise, was zum Teil auch mit signifikant geringeren Kollisionsraten unterstützt wird. Letzteres gilt v. a. für die Untersuchung

von Osborn et al. (2000). Begründet wird dies meist mit dem Wegfall von Möglichkeiten des Ansitzens oder Nestbaus für Vögel bei geschlossenen Rohrtürmen, so auch Anderson et al. (2004) und Dürr & Rasran (2014); beide Untersuchungen konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Kollisionsraten feststellen. Dürr & Rasran (2014) betonen, dass bei WEA mit einer hohen Gesamthöhe der Einfluss der Ansitzmöglichkeiten bei Gittermasten vermutlich gering ist, da zum größten Teil nur Ansitze im unteren Mastdrittel genutzt werden. Mehrere behördliche Leitfäden und Richtlinien empfehlen die Rohrturmbauweise (LANU, 2008; NAS, 2007; U.S. Fish and Wildlife Service, 2003; Wildlife Service, 2005), ebenso Curry & Kerlinger (1998) auf Grundlage einer Literaturstudie, sowie die Nebraska Wind and Wildlife Working Group (2013). Die Rohrturmbauweise wird auch in Plänen zur Vermeidung von Kollisionen genannt (Stantec Consulting Services, 2012). Im Gegensatz zu den übrigen Untersuchungen konnten Thelander et al. (2003) eine signifikant höhere Schlagopferzahl an WEA in Rohrturmbauweise im Altamont Pass Wind Resource Area feststellen. Hull & Muir (2013) führen unterschiedliches Vermeidungsverhalten zweier australischer Adlerarten auf unterschiedliche Turbinendesigns zurück, benennen aber keine konkreten Bauweisen.

Der Maßnahmenhypothese kann die Evidenzstufe „F+“ (Einzelfallstudien, hoch) zugeordnet werden, da viele Fallstudien insbesondere im nordamerikanischen Raum, wo Gittermasten in größerem Umfang Anwendung finden, durchgeführt wurden. Wissenschaftlich belastbare Untersuchungen liegen jedoch nicht vor, aber die Ergebnisse / Einschätzungen bestätigen in der Mehrzahl die Hypothese. Auf Grundlage der genannten Untersuchungsergebnisse kann die bisherige Praxis in Bezug auf die Mastbauweise als empfehlenswert betrachtet werden (Empfehlung „A“, soll eingesetzt werden).

3.2.2 Hypothese 7: Die Mastfarbe hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko.

Zu dieser Hypothese machten sieben ausgewertete Quellen Aussagen. Bei zwei Quellen handelt es sich um wissenschaftliche Untersuchungen, bei vier Quellen um behördliche Leitfäden und bei einer Quelle um ein Gerichtsurteil.

Eine Kollisionsgefahr von den WEA-Masten geht vor allem für die Artengruppe der Hühnervögel sowie einzelne Singvogelarten, darunter vor allem Grauammer und Neuntöter, aus (Worm, 2014). Alle Quellen befürworten eine farbliche Markierung des WEA-Mastes zur Wahrnehmbarkeit für Vögel. Insbesondere Worm (2014) konnte signifikante Effekte der Farbgebung hinsichtlich des Mast-Anflugs einiger Vogelarten feststellen; eine grüne Markierung scheint einen stark reduzierenden Einfluss auf das Kollisionsrisiko durch eine verbesserte Wahrnehmung bei Fasanen, Grauammern und Neuntöttern zu haben. Dürr (2011) konnte ähnliche Ergebnisse auf Grundlage einer Analyse der bundesweiten Schlagopferkartei ermitteln, ebenfalls für Sing- und Hühnervögel. Leitfäden und Empfehlungen für die Bundesländer Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland beinhalten entsprechende Empfehlungen für einen grünen Anstrich (STMUG 2011; MWKEL et al. 2013; MUV 2013; PNL 2012). Ein Gerichtsurteil des VG Köln vom 25.10.2012 betont die Maßnahme zum Schutz der Grauammer (VG Köln, 2013). Da bezüglich der Hypothese überwiegend behördliche Leitfäden Aussagen machen, die wenigen wissenschaftlichen Studien aber gute Ergebnisse liefern, erhält die Hypothese sowohl die Evidenzbewertung „E++“ (Einzelne Expertenmeinungen, hoch) als auch „F+“ (Einzelfallstudien, hoch).

Die Maßnahme kann zumindest bei Offenlandstandorten und in Bezug auf Feldvögel als wirksam und in der Praxis verbreitet angesehen werden (Empfehlung „A“, sollte eingesetzt

werden). Für weitere Artengruppen sowie für Waldstandorte bestehen jedoch noch keine hinreichenden Kenntnisse hinsichtlich der Farbgebung vor einem baumbestandenen Hintergrund.

3.2.3 Hypothese 8: Mit zunehmender Nabenhöhe der WEA steigt das Kollisionsrisiko.

Anmerkungen zu den Hypothesen 8 bis 10:

Folgende WEA-Abmessungen beeinflussen in unterschiedlicher Weise das Kollisionsrisiko, ihr Einfluss lässt sich jedoch nur schwer untereinander abgrenzen:

- die Nabenhöhe bzw. die Gesamthöhe der WEA;
- die untere Durchgangshöhe des Rotors;
- der Rotordurchmesser und damit die vom Rotor überstrichene Fläche.

Zu dieser Hypothese machen insgesamt 18 ausgewertete Quellen Aussagen. Dazu gehören 13 wissenschaftliche Untersuchungen, zwei Literaturstudien sowie zwei behördliche Leitfäden.

Sechs Studien sprechen für eine Zunahme des Kollisionsrisikos mit steigender Nabenhöhe, wobei lediglich drei Studien tatsächlich auf Kollisionsopferzahlen zurückgreifen können (De Lucas et al., 2008; Smallwood & Thelander, 2004; Thelander et al., 2003). Everaert (2014) betont art- und standortspezifische Unterschiede, die einen größeren Einfluss ausüben können als die Höhe der WEA. Der U.S. Fish And Wildlife Service (2003) sowie die Nebraska Wind and Wildlife Working Group (2013) empfehlen bei erhöhtem Risiko eine Anpassung der Höhe ohne konkrete Angabe einer Bevorzugung bestimmter Höhen. Mammen et al. (in: Hötter et al. 2013) betonen außerdem starke saisonale Unterschiede, können aber zugleich keine signifikanten Unterschiede zwischen verschiedenen Nabenhöhen feststellen. Dies gilt auch für Anderson et al. (2004) und Krijgsveld et al. (2009), sowie für eine Literaturstudie von Barclay et al. (2007). Darüber hinaus wurde in einigen Untersuchungen das Gegenteil festgestellt. So schlussfolgern Smallwood et al. (2009) geringere Kollisionsraten durch höhere Nabenhöhen. Miosga et al. (2015) vermuten auf Grundlage von Telemetriedaten, dass Uhus zumindest im Tiefland kaum in der Rotorhöhe großer WEA fliegen. Rasran & Dürr (in: Hötter et al. 2013) betonen trotz des vermutlich höheren Risikos für einzelne Arten den Vorteil der geringeren WEA-Zahl durch ein Repowering mit großen aber wenigen WEA. Die Literaturstudie von Manville (2005) erwähnt eine Reduktion von Kollisionen durch höhere WEA.

Die Aussagen der Quellen zu dieser Hypothese divergieren insgesamt deutlich. Es erscheint dabei notwendig, zwischen verschiedenen Vogelarten und Standorten zu differenzieren, worauf einige Quellen auch explizit hinweisen; so können hohe Nabenhöhen mit einer Erhöhung des unteren Rotordurchgangs einhergehen, was für einige Greifvogelarten das Kollisionsrisiko senkt; andererseits beeinträchtigen größere WEA den Luftraum oberhalb von 100 m mehr. Da die Effekte für verschiedene Arten sehr unterschiedlich und somit hinsichtlich der Hypothese auch widersprüchlich ausfallen, wird die Evidenzstufe „F-“ (Einzelfallstudien, gering) vergeben.

Insbesondere mit Blick auf die widersprüchlichen Aussagen und die Notwendigkeit der stärkeren Differenzierung hinsichtlich der betrachteten Vogelart(en) und Standorte erscheinen weitere Untersuchungen sinnvoll. Eine Empfehlung konkreter Nabenhöhen für die Praxis kann aufgrund dieser starken Artabhängigkeit nicht pauschal ausgesprochen werden. Hier gilt es vielmehr fallbezogen die Effektivität einer veränderten Nabenhöhe zu bewerten (Empfehlung „B“, kann eingesetzt werden).

3.2.4 Hypothese 9: Die Höhe des unteren Rotordurchgangs beeinflusst das Kollisionsrisiko.

Diese Hypothese ist nicht isoliert von anderen WEA-Abmessungen zu sehen; ein höherer unterer Rotordurchgang kann durch einen geringen Rotor-Durchmesser oder durch eine große Nabhöhe verursacht sein. In Deutschland werden aktuelle in der Regel WEA mit über 100 m Nabhöhe und einem Rotor von ca. 100-110 m Durchmesser errichtet. Solche WEA können einen unteren Rotordurchgang von ca. 50 m-90 m haben und damit über dem Luftraum liegen, in welchem viele Vogelarten, hier insbesondere Weihen, schwerpunktmäßig aktiv sind.

3.2.5 Hypothese 10: Mit zunehmendem Rotordurchmesser der WEA steigt das Kollisionsrisiko.

Vier Quellen wurden für diese Untersuchung ausgewertet. Es handelte sich um drei wissenschaftliche Studien und eine Literaturstudie. Es gilt die Annahme, dass vor allem für Vogelarten, die keine Meidung von WEA zeigen, das Kollisionsrisiko mit der Vergrößerung der vom Rotor überstrichenen Fläche steigt. Für Greifvögel konnten signifikant größere Kollisionsraten bei größeren Rotordurchmessern ermittelt werden (Rasran & Dürr in: Hötker et al. 2013). Anderson et al. (2004) vermuten außerdem auf Grundlage von Kollisionsopfern des nächtlichen Vogelzugs ein größeres Kollisionsrisiko. Walters et al. (2014) betonen allerdings, dass die Auswirkungen von großen Objekten in der Landschaft bisher kaum verstanden sind. Eine wissenschaftlich belastbare Aussage zum Kollisionsrisiko insbesondere für die Bedingungen in Deutschland liegt nicht vor. Für diese Hypothese kann die Evidenzstufe „F+“ (Einzelfallstudien, hoch) vergeben werden.

Gemessen daran erscheinen weitere Untersuchungen in diesem Zusammenhang insbesondere auch mit Blick auf unterschiedliche Vogelartengruppen sinnvoll. Ein Untersuchungskonzept wäre im Rahmen von Repowering-Vorhaben möglich, muss allerdings zusätzliche Änderungen weiterer WEA-Eigenschaften berücksichtigen; so steigen bei Verwendung größerer Rotoren häufig die Nabhöhe sowie die Abstände zwischen den WEA. Bezüglich des Rotordurchmessers kann keine pauschale praxisbezogene Empfehlung ausgesprochen werden. Sinnvoll ist hingegen eine art- und fallbezogene Einschätzung (Empfehlung „B“, kann eingesetzt werden).

3.2.6 Hypothese 11: Eine Färbung der Rotorblätter hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko.

Für diese Hypothese liegen neun wissenschaftliche Untersuchungen vor.

Dabei werden sehr unterschiedliche Aussagen zu farblichen Markierungen von Rotorblättern getroffen. Dies liegt zum einen an den unterschiedlichen betrachteten Vogelarten, zum anderen an unterschiedlichen Markierungstypen. Einige Markierungen (Streifen, einzelne schwarze Rotorblätter etc.) können für einige Arten als wirksam angesehen werden (Hodos 2003; Hodos et al. 2001; McIsaac 2001). UV-Markierungen scheinen dagegen insgesamt wenig erfolgversprechend (Doyle et al., 2014; Habberfield & St. Clair, 2016; Hunt et al., 2015; M. D. Strickland et al., 2001; D.P. Young et al., 2003). Bei den Studien handelt es sich zumeist um Laboruntersuchungen. Eine Untersuchung in einem Windpark durch Smallwood & Karas (2009) konnte keinen Einfluss von Markierungen auf Mortalitätsraten feststellen, was allerdings auch mit einer zu geringen Stichprobenzahl begründet wurde. Aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsformen wurde Evidenzstufe „F-“ (Einzelfallstudien, gering) mit Bezug auf Fallstudien vergeben.

Die uneinheitlichen und nur teilweise aussagekräftigen Ergebnisse legen die Notwendigkeit weiterer gezielter Untersuchungen zum Themenbereich nahe, um für ein breiteres Artenspektrum belastbare Aussagen zu erhalten. Ein Untersuchungskonzept zur Erprobung der Effektivität verschiedener Markierungen mit der Ausnahme von UV-Markierungen ist grundsätzlich denkbar, sofern hierzu die WEA-Hersteller bereit sind und die Kennzeichnungsvorgaben hinsichtlich der Luftfahrtsicherheit eingehalten werden (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015). Eine Studie müsste Rückschlüsse aus dem Verhalten der Vögel ziehen, indem man z. B. dieselben Individuen an demselben Standort verschiedenen Markierungen aussetzt. Eine Messung z. B. der Annäherungsdistanzen an unterschiedlich markierte WEA ist mit hinreichender Genauigkeit nur mit räumlich hochauflösenden Telemetriedaten möglich, nicht jedoch mit visueller Beobachtung. Dafür wird eine ausreichende Zahl an besenderten Individuen benötigt. Insofern werden vertiefte Untersuchungen zu dieser Hypothese nicht empfohlen. Für die Praxis kann die Maßnahme nur bedingt empfohlen werden, da zwar vereinzelte positive Effekte durch Rotorblätterfärbung festgestellt wurden, die Mehrheit der Untersuchungen jedoch keine deutlichen Effekte feststellen konnte. Einschränkungen aufgrund der Regeln zur Beachtung der Luftfahrtsicherheit bestehen (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015). Auch bezüglich der Art und Weise der Markierung kann derzeit keine Empfehlung ausgesprochen werden. Insgesamt kann diese Maßnahme aufgrund eher geringer Realisierungschancen nur eingeschränkt empfohlen werden, es liegen jedoch keine Gründe vor, von der Maßnahme ausdrücklich Abstand zu nehmen (Empfehlung „B“, kann eingesetzt werden).

3.2.7 Hypothese 12: Höhere Rotorgeschwindigkeiten erhöhen das Kollisionsrisiko.

Für diese Hypothese machen fünf ausgewertete Quellen Aussagen. Es handelt sich um drei Studien, sowie um zwei Literaturstudien.

Anmerkung: eine geringere Umdrehungszahl einer WEA erzeugt zumindest bei menschlichen Betrachtern den Eindruck, dass die Rotorgeschwindigkeit geringer ist, allerdings bewirkt der damit i. d. R. zusammenhängende größere Rotordurchmesser, dass die Außengeschwindigkeiten der Rotorspitzen immer noch sehr hoch sind.

Die Aussagen der Quellen sind wenig eindeutig, tendieren aber zu einer Bestätigung der Hypothese. Thelander et al. (2003) stellen einen signifikanten Zusammenhang zwischen schnelleren Rotorumdrehungen und Kollisionsraten her, können diesen aber aufgrund von Autokorrelationen mit anderen WEA-Eigenschaften nicht als gesichert ansehen. Smallwood & Thelander (2004) beobachteten, dass Greifvögel näher an langsamer drehende WEA heranflogen. Smallwood & Karas (2009) sowie auch die NAS (2007) vermuten bei größeren WEA und damit einhergehenden geringeren Rotorgeschwindigkeiten ein geringeres Kollisionsrisiko. Manville (2005) schlussfolgert auf Grundlage einer Literaturstudie ebenfalls ein geringeres Kollisionsrisiko durch größere, langsamer drehende WEA, wobei hier allerdings eine ganze Reihe von Untersuchungen mit sehr unterschiedlichen Aussagen herangezogen wurde. Insgesamt erhält die Hypothese die Evidenzstufe „F+“ (Einzelfallstudien, hoch), da sich Aussagen vor allem auf Fallstudien stützen.

Moderne WEA haben eine energetisch optimierte Rotorgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der lokalen Windgeschwindigkeit. Diese wird nicht sinnvoll manipulierbar sein, insofern erscheint ein Untersuchungskonzept der Wirksamkeit einer Geschwindigkeitsreduktion als Vermeidungsmaßnahme aufgrund fehlender Machbarkeit nicht empfehlenswert. Für die Praxis kann die Maßnahme nicht als sinnvoll bewertet werden; einerseits ist der positive Effekt eher vage, weil auch geringe Umdrehungszahlen aufgrund heutiger Rotorblattlängen

an den Rotorspitzen zu hohen Geschwindigkeiten führen, andererseits ist anzunehmen, dass die Wirtschaftlichkeit erheblich beeinträchtigt würde (Empfehlung „C“, sollte nicht eingesetzt werden).

3.2.8 Fazit zum Themenkomplex „WEA-Eigenschaften“

Ein Untersuchungsbedarf zum Themenkomplex „WEA-Eigenschaften“ besteht, vor allem weil einige WEA-Eigenschaften (z. B. unterer Rotordurchgang oder Rotordurchmesser) wahrscheinlich einen Einfluss auf das Kollisionsrisiko haben, aber bisher ungenügend untersucht sind. Änderungen in den WEA-Eigenschaften im Sinne eines experimentellen Designs können jedoch – abgesehen evtl. von Anstrichen des Turms und ggf. auch der Rotoren – nicht ohne weiteres vorgenommen werden. Das Thema spielt jedoch bei Repowering-Vorhaben durchaus eine Rolle.

Im Fazit lassen sich folgende Untersuchungsansätze identifizieren:

- Gezielte Vorher-Nachher-Untersuchungen über den Einfluss unterschiedlicher WEA-Abmessungen auf das Kollisionsrisiko, durchführbar bei Repowering-Vorhaben;

3.3 Themenkomplex III „Vermeidung von Anlockung: Flächenbewirtschaftung, Windparkgestaltung, Beleuchtung“

Die Senkung des Kollisionsrisikos durch eine Vermeidung der Anlockung in einen Windpark oder zu einzelnen WEA kann durch die Gestaltung des unmittelbaren Umgebungsbereiches der WEA (Mastfuß, Zuwegung, Ruderalflächen), durch die Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Nutzflächen in WEA-Nähe sowie durch die Art und Weise der Beleuchtung (Kennzeichnung der WEA für Flugzeuge) gesteuert werden. Für den Themenkomplex wurden acht Hypothesen formuliert.

3.3.1 Hypothese 13: Eine für Greifvögel (Kleinsäuger) unattraktive Gestaltung des WEA-Mastfußbereichs reduziert das Kollisionsrisiko.

Diese Hypothese wurde schon sehr frühzeitig formuliert und ist in die meisten Länder-Leitfäden aufgenommen worden. Die Hypothesen-Bewertung stützt sich auf sechs nationale und internationale Quellen (Cordeiro et al., 2013; Hessischer VGH, 2013; Hötter et al., 2006; Mammen et al., 2014; Morrison, 2006; OVG Weimar, 2007).

Die plausible Annahme, dass Mastfußbrachen einen besonders geeigneten Lebensraum für Kleinsäuger darstellen und dort für Groß- und Greifvögel inmitten hoch aufgewachsener landwirtschaftlicher Flächen gut erreichbar sind und somit eine entsprechende Attraktionswirkung entfalten, wurde allerdings bisher nicht durch entsprechende Studien belegt.

Insgesamt erhält die Hypothese die Evidenzbewertung „E-“ (Expertenmeinung, gering).

Mittlerweile hat sich die Bauweise der Mastfüße geändert: Aktuell errichtete WEA haben i. d. R. keinen bewachsenen Erdhügel als Mastfuß mehr, sondern werden als Betonfläche gestaltet, welche für Vögel unattraktiv ist. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen reichen bis zum Betonsockel, ungenutztes Brachland entsteht nur noch in vergleichsweise geringem Umfang auf den mit Mutterboden überdeckten Teil des Betonsockels. Somit ist anzunehmen, dass neue WEA ebenfalls in dieser Art und Weise errichtet werden. Die Maßnahme erhält entsprechend die Empfehlung „B“ (kann eingesetzt werden).

3.3.2 Hypothese 14: Die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im

Windpark beeinflusst das Kollisionsrisiko.

Unter dieser Hypothese, die in ihrer Formulierung allgemein gehalten ist, ist eine Vielfalt von Maßnahmen subsummiert (s. auch Hypothese 21, Kap. 3.4.1). In diesem Rahmen existieren zum Teil sehr spezifische Maßnahmenvorschläge, welche die Wirkung des Anbaus einzelner Feldfrüchte für einzelne Vogelarten benennen (z. B: "Verzicht des Anbaus von Wintergerste in der unmittelbaren Umgebung von WEA reduziert das Kollisionsrisiko für Wiesenweihen"), welche sich aber dennoch so stark unterscheiden, dass sie nicht zusammengefasst werden können. Für einen Überblick wurden im Folgenden neun spezifische Unterhypothesen (Einzelmaßnahmen) gelistet, welche dann meist nur durch eine Einzelquelle belegt werden. Die Richtung der Aussage („reduziert das Kollisionsrisiko“ oder „erhöht das Kollisionsrisiko“) spielt dabei keine Rolle.

1. Zeitpunkt von Ernte oder Mahd im Windpark in Bezug zum Umfeld beeinflusst das Kollisionsrisiko (Hötter et al., 2013) (Studientyp S);
Der Zeitpunkt von Ernte oder Mahd in Relation zum Umfeld ist eine wesentliche Stellgröße für die Vogelflugaktivität/Kollisionsrisiko durch Nutzung der Flächen als Nahrungshabitat insbesondere von Greifvögeln.
2. Grünland -oder Luzerneanbau, wenn diese häufig gemäht werden, erhöhen im Windpark das Kollisionsrisiko für einige Greifvogelarten (Mammen et al., 2014) (Studientyp S) bzw. Flächennutzung der WEA-Standorte durch ausschließlich Grünland senkt Kollisionsrisiko (VGH München, 2016) (Studientyp E);
Die Art der Grünlandbewirtschaftung (Dauergrünland oder Ackergras u. ä.; insbesondere mehrjährige Kulturen) ist maßgeblich für die Entwicklung von Kleinsäugerbeständen und damit für die Attraktivität als Nahrungshabitat für Greifvögel.
3. Verzicht des Anbaus von Wintergerste in der unmittelbaren Umgebung von WEA reduziert das Kollisionsrisiko für Wiesenweihen (Grajetzky & Nehls, 2014) (Studientyp S);
Aufgrund des frühen Schossbeginns der Wintergerste ist diese attraktiv für die Bruthabitatwahl der Wiesenweihe. Bei der relativen Seltenheit von Gerste kann eine hohe Lenkungswirkung durch ein Angebot außerhalb von WP erreicht werden.
4. Nutzung des Bereichs um die WEA in Form von landwirtschaftliche Monokulturen um WEA senken das Kollisionsrisiko (VG Köln, 2013) (Studientyp E);
Unspezifisch formulierte Maßnahme; Monokulturen haben unterschiedliche Attraktivitätsgrade. Einzelne Feldfrüchte sind spezifisch hinsichtlich der maschinellen Landbearbeitung im Jahresgang zu bewerten, insbesondere auch hinsichtlich ihrer Wuchshöhe während der Brutzeit.
5. Ein Habitatmanagement, das Anlockung vermeidet, reduziert das Kollisionsrisiko (U.S. Fish and Wildlife Service, 2003) (Studientyp E);
Präzisierungen finden sich bei weiteren Maßnahmen der Flächenbewirtschaftung. Ein Habitatmanagement im WP ist grundsätzlich zielführend.
6. Anbau von Mais oder anderer unattraktiver Feldfrüchte im Umfeld der WEA senkt das Kollisionsrisiko (VG Minden, 2011) (Studientyp F) bzw.
Die Landwirtschaft bestimmt mit der Wahl der Feldfrüchte das Kollisionsrisiko (OVG Magdeburg, 2012), (Studientyp E); Maßnahme ist als Teil eines übergeordneten Flächenmanagements sinnvoll, welches ggf. als Brut- und Nahrungshabitat attraktive Flächen außerhalb des WP anbietet.
7. Unattraktive Gestaltung für Greifvögel durch z. B. Anbau von Getreide oder Raps und

der Nicht-Anbau von Feldgras reduziert das Kollisionsrisiko (OVG Nordrhein-Westfalen, 2009) (Studientyp E);

Maßnahmen sollten versuchen, das Kollisionsrisiko mehrerer Lebensphasen von Greifvögeln zu verringern. Insbesondere die Altvogelmortalität ist bei langlebigen Vogelarten für den Populationserhalt wesentlich.

8. Flächenbewirtschaftung: Deckung bietende Vegetation oder Gegenstände im Windpark, welche für Beutetiere der Greifvögel (Kleinsäuger, Vögel) attraktiv sind, erhöhen das Kollisionsrisiko (Ocotillo Express LLC, 2011) (Studientyp E);

Räumliche Ausdehnung des Maßnahmenvorschlages ist möglicherweise auf den Mastfuß, Steinhäufen auf Zuwegung u. ä. bezogen. Im Rahmen eines ausgedehnteren Managementansatzes sollten auch kleinräumige Requisiten/Biotope einbezogen werden.

Gesicherte Ergebnisse liefern grundsätzlich projektbezogene Telemetriestudien, so z. B. am Rotmilan (Mammen et al., 2014) und an der Wiesenweihe (Grajetzky & Nehls, 2014).

Entsprechend den teils sehr spezifischen Maßnahmenvorschlägen reicht der Evidenzgrad für die übergeordnete Hypothese von S+ (Fall-Kontroll-Studie, mittel) bis E+ (Expertenmeinung, mittel). Demgemäß fällt eine Empfehlung für die Praxis auch unterschiedlich aus. Trotz der mangelnden Spezifität der Maßnahmen wird für die gesamte Hypothese aufgrund ihrer Plausibilität und ihrer weiten Verbreitung in Leitfäden u.ä. der Empfehlungsgrad „A“ (sollte eingesetzt werden) vergeben. Hinsichtlich eines Untersuchungsbedarfs wird angemerkt, dass es grundsätzlich eine Herausforderung sein wird, quantitative Ergebnisse hinsichtlich der Flugaktivität mit und ohne Maßnahmen und somit zur Wirksamkeit dieser Vermeidungsmaßnahme zu erreichen. Im konkreten Fall wird der Erfolg von Konzepten auch an der Umsetzbarkeit der Koordination von Landeigentümern und Windkraft-Betreibern gemessen werden (s. auch Hypothese 21, Kap. 3.4.1).

3.3.3 Hypothese 15: Vermeidung von Misthäufen bzw. organische Düngung im Windpark reduziert das Kollisionsrisiko.

Die Telemetrie von Seeadlern (Hötter et al., 2013) identifizierte für ein Individuum eine erhöhte Gefährdung aufgrund von zu frisch auf Äcker ausgebrachtem Dung. Darin können sich tote Ratten oder je nach Herkunft auch andere Tier Teile (z. B. von Hühnern und Kühen) befunden haben, welche Aasfresser wie Seeadler und Rotmilane anzieht. Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „F-“ (Fallstudie, gering).

Von Misthäufen ist bekannt, dass diese auch aufgrund von Aas bzw. vermehrtem Auftreten von Kleinsäufern ggf. attraktiv für Greif- und Eulenvögel sein können. Vermeidet man deren Ausbringung, so ist eine wirksame Vermeidung einer Anlockung auch ohne wissenschaftliche Studien logisch nachvollziehbar, andererseits ist ein Verbot organischer Düngung wenig realistisch; es wird daher lediglich die Empfehlungsstufe „B“ (kann eingesetzt werden) vergeben.

3.3.4 Hypothese 16: Die Bekämpfung bzw. Regulierung von Kleinsäufern im Windpark verringert das Kollisionsrisiko.

Maßnahmen zur Bekämpfung bzw. Regulierung (Vergiftung) von Kleinsäufern im Windpark sind bisher nur aus Nordamerika bekannt. Ab 1997 wurden im Altamont Pass Wind Resource Area Rodentizide eingesetzt, um durch die Verminderung der Kleinsäugerpopulation eine Senkung des Kollisionsrisikos von Steinadlern herbeizuführen. Telemetriestudien am Steinadler von Thelander et al. (2003) und Smallwood & Thelander (2004) konnten da-

gegen keine Wirksamkeit nachweisen, wiesen aber darauf hin, dass der Einsatz von Rodentiziden zu unerwünschten Wirkungen auf das Ökosystem führen. Die Hypothese erhält aufgrund der mangelnden Belege für eine Wirksamkeit die Evidenzbewertung „F-“ (Fallstudie, gering). Es wird allerdings darauf hingewiesen, dass der Einsatz von Rodentiziden in den USA als überwiegende Expertenmeinung in Leitfäden wiedergegeben wird.

Diese Maßnahme wird naturschutzfachlich als sehr fragwürdig eingestuft und sollte nicht weiter verfolgt werden (Empfehlung „C“; sollte nicht eingesetzt werden).

3.3.5 Hypothese 17: Beseitigung von Kadavern (Wild- und Nutztiere), keine kalbenden/lammenden Muttertiere im Windpark verringert das Kollisionsrisiko.

Die Beseitigung von Kadavern (Wild- und Nutztiere) im Windpark wird in sechs Quellen thematisiert (USFWS 2003; De Andaluca, 2009; Martin et al., 2012; Ocotillo Express LLC, 2011; Sinclair & DeGeorge, 2016; David P Young & Tidhar, 2012). Auch die Maßnahme des Verzichts auf kalbende/lammende Muttertiere im Windpark wird dieser Hypothese zugeordnet; damit soll das Angebot von Totgeburten und Nachgeburten im Windpark verringert werden, welches aasfressende Greifvögel und Geier anzieht (Ocotillo Express LLC, 2011). Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „E++“ (Expertenmeinung, hoch).

In Deutschland ist gesetzlich festgelegt, dass landwirtschaftliche Nutztiere, welche außerhalb von Gebäuden zu Tode kommen, zu beseitigen sind (Tierkörperbeseitigungsgesetz [TierKGB] bis 2004, seither das Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz [TierNebG]). Für Kadaver von Wildtieren gibt es keine Regelung. Die intensive landwirtschaftliche und jagdliche Nutzung in Deutschland stellt eine schnelle Entsorgung von Kadavern bereits weitgehend sicher. Für die Praxis kann in Bezug auf kalbende/lammende Muttertiere die Bewertung „B“ (kann eingesetzt werden) vergeben werden, hinsichtlich der Beseitigung von Kadavern wird die Maßnahme in Deutschland i. d. R. nicht relevant bzw. notwendig sein (Bewertung „C“ – sollte nicht eingesetzt werden).

3.3.6 Hypothese 18: Die Vermeidung von Steinhäufen im Windpark reduziert das Kollisionsrisiko.

Steinhäufen dienen insbesondere Kleinsäugetern als Schutz vor Fressfeinden. Die in zwei Quellen thematisierte Maßnahme, durch die Vermeidung von Steinhäufen im Windpark das Kollisionsrisiko zu senken, wurde für Windparks in Nordamerika vorgeschlagen (Ocotillo Express LLC, 2011; S. Smallwood & Spiegel, 2005). Hier entstanden Steinhäufen häufig bei der Errichtung von WEA in Bergrücken (z. B. Altamont, Kalifornien) und in wüstenähnlichen Gebieten. Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „E++“ (Expertenmeinung, hoch).

In Deutschland befinden sich zumindest im Norddeutschen Tiefland die meisten WEA in geröllarmen landwirtschaftlichen Nutzflächen zumeist ohne Steinhäufen. Damit kann diese Hypothese in Deutschland nur sehr eingeschränkt untersucht werden. Es wird aufgrund der geringen Kenntnisse und Bedeutung die Empfehlungsstufe „B“ (kann eingesetzt werden) vergeben.

3.3.7 Hypothese 19: Betretungsverbote vermeiden Auffliegen und verringern das Kollisionsrisiko.

Betretungsverbote zur Vermeidung von Störungen und infolgedessen dem Auffliegen von Vögeln wurden vom U.S. Fish and Wildlife Service zur Reduktion des Kollisionsrisikos vor-

geschlagen (USFWS 2005). Allerdings gibt es bisher in Deutschland keine Hinweise oder auch Erwähnungen in Leitfäden, welche solche Störeffekte durch Betretungsverbote oder z. B. landwirtschaftliche Aktivitäten thematisieren. Denkbar sind mögliche Störeffekte in Konstellationen, in denen hohe Rastbestände regelmäßig im Windpark oder der direkten Umgebung vorkommen. Insgesamt ist eine Durchsetzbarkeit und Kontrolle von Betretungsverboten fraglich; Belege für die Vermeidung von Vogelkollisionen liegen nicht vor. Die Evidenzbewertung der Hypothese wurde mit „E+“ (Expertenmeinung, mittel) eingestuft (und gilt eigentlich nur für die USA).

Ein Nachweis der Wirksamkeit ist nicht gegeben, außerdem ist die Maßnahme in Deutschland nicht umsetzbar, sodass die Empfehlung „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) vergeben wird.

3.3.8 Hypothese 20: Die Vermeidung von WEA-Kennzeichnung – hier Beleuchtung – im Windpark verringert das Kollisionsrisiko.

Die Beleuchtung („Befeuerung“) von Gondelgehäusen und Masten wird aus Gründen der Luftfahrtsicherheit angewendet, um WEA zu kennzeichnen (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015). Zehn Quellen thematisieren die Wirksamkeit unterschiedlicher Lichtfarbe und Lichtdauer auf das Vogelverhalten (Arizona Game and Fish Department, 2009; Ballasus et al., 2009; Desholm, 2006; Erickson et al., 2001; Gehring et al., 2009; Hötker et al., 2006; Kerlinger et al., 2010; Kerns & Kerlinger, 2004; Morrison, 2006; U.S. Fish and Wildlife Service, 2012).

Bei Gesamthöhen > 100 m kann für die Tageskennzeichnung zwischen rot-weiß gestreiften Rotorblättern oder einem weißen Blinklicht auf dem Gondelgehäuse gewählt werden, nachts wird ein sogenanntes gedoppeltes Feuer W, rot (blinkend) auf dem Gondelgehäuse genutzt, und bei Gesamthöhen von > 150 m weitere rote Dauerbeleuchtungsebenen am Mast (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015). Vor allem in Norddeutschland zeigen die Liste der Kollisionsopfer („DÜRR-Liste“) und die Ergebnisse PROGRESS-Studie (Grünkorn et al., 2016) keine besondere Gefährdung nachtaktiver Vögel. Das Artenspektrum des zahlenmäßig bedeutenden nächtlichen Breitfrontenzugs nordischer Zugvögel (insbesondere Drosseln) spiegelt sich nur in sehr geringem Maß in beiden Fundlisten wider. Ergebnisse aus der Schweiz von WEA auf einem Bergkamm zeigen allerdings, dass in solchen Situationen der Nachtzug eher betroffen ist (J. Aschwanden & Liechti, 2016).

Lichtfarben und Lichtdauer von Markierungen von WEA an Land haben aufgrund der Vielzahl und Dichte weiterer Lichtquellen eine vermutlich nur geringe Auswirkung auf das Verhalten nachts fliegender Vögel. Auf See kann das Beleuchtungsregime isolierter Offshore-WP einen größeren Einfluss auf das Verhalten von Vögeln haben. In den besonders gefährdenden Situation von schlechtem Wetter oder schlechter Sicht können über Land fliegende Vögel landen, über See fliegende Vögel werden dann von Leuchtquellen angezogen, haben aber keine Landemöglichkeit. Es ist allerdings bisher nicht gelungen, die Effekte von Lichtintensität, -farbe, -blinkrhythmus und abstrahlung unabhängig von anderen Faktoren zu untersuchen (Blew et al., 2012; Projekt AVILUX, BMWi FKZ 0325189A/B; Hill et al., 2012). Es gilt die Aussage, dass weniger Beleuchtung sicherlich weniger Anziehung von nachts ziehenden Vögeln bewirkt; die Befeuerung des WEA-Masten mit nicht-blinkenden roten Leuchten ist kritisch zu beurteilen. In Nordamerika wurde nachgewiesen (für Funkmasten und WEA), dass blinkende Lichter eine geringere Anziehung ausüben als

Dauerlicht (Gehring et al., 2009; Kerlinger et al., 2010).

Insgesamt erhält die Hypothese die Evidenzbewertung „S+“ (Fall-Kontroll-Studien, mittel).

Wie in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015) erläutert, ist seit 2016 eine bedarfsgesteuerte Nachtkennzeichnung zugelassen und wird in den Bundesländern unterschiedlich gefördert.

Vor allem im Rahmen der in Deutschland möglichen bedarfsgesteuerten Nachtkennzeichnung ist diese Maßnahme auch bei der mittleren Evidenzgrad zu empfehlen; da sie aber derzeit noch sehr teuer ist, gilt die Empfehlung „B“ (kann eingesetzt werden).

3.3.9 Fazit zum Themenkomplex „Vermeidung von Anlockung: Flächenbewirtschaftung, Windparkgestaltung, Beleuchtung“

Der Themenkomplex „Vermeidung von Anlockung“ steht in einem engen thematischen Zusammenhang mit der nachfolgend beschriebenen „Weglockung“ (Kap.3.4). Eine Reduktion des Kollisionsrisikos wird gerade mit einer Kombination der Themenkomplexe erreicht werden können.

Von den acht Hypothesen in diesem Themenkomplex scheiden die Hypothesen 15 bis 18 aus, welche im Wesentlichen in Nordamerika zum Einsatz kommen bzw. in Deutschland nicht relevant sind. Drei Hypothesen betreffen landwirtschaftliche Nutzung innerhalb von Windparks; diese Maßnahmen sind zum Teil sehr spezifisch, zum Teil eher allgemein gehalten; zwischen einem Management, welches einen Windpark so gut wie vollständig unattraktiv macht bis zu vereinzelt Maßnahmen gibt es eine große Bandbreite. Gemeinsam ist diesen Maßnahmen, dass eine quantifizierbare Wirksamkeit schwer zu belegen ist. Auch hinsichtlich der Beleuchtung ist eine Wirksamkeit schwer zu belegen, eine Reduzierung der Beleuchtung wird trotzdem empfohlen.

3.4 Themenkomplex IV „Weglockung: Habitat- und Ernährungsoptimierung abseits der WEA bzw. Windparks“

Für diesen Themenkomplex wurden zwei Hypothesen formuliert.

3.4.1 Hypothese 21: Die Schaffung von Nahrungs- oder Bruthabitaten außerhalb von Windparks senkt das Kollisionsrisiko.

Unter dieser Hypothese, die wie Hypothese 14 (Kap. 3.3.2) in ihrer Formulierung allgemein gehalten ist, ist eine Vielfalt von Maßnahmen subsummiert, welche die Wirksamkeit von Managementmaßnahmen außerhalb von Windparks wie der Schaffung von Nahrungshabitaten untersuchen (BayWEE, 2016; Breuer et al., 2015; Camina, 2011; Cordeiro et al., 2013; Mammen et al., 2014; Martínez-Abraín et al., 2012; OVG Nordrhein-Westfalen, 2009; Paula et al., 2011; PNL, 2012; VG Kassel, 2015; 12 Quellen: Walker et al., 2005; Wilson et al., 2015) sowie weitere, welche das Management des Bruthabitats betrachten (3 Quellen: PNL 2012, Grajetzky & Nehls, 2014; Lindeiner, 2014). Es existieren zum Teil sehr spezifische Maßnahmenvorschläge, welche sich aber dennoch so stark unterscheiden, dass sie nicht zusammengefasst werden. Für einen Überblick wurden im Folgenden neun spezifische Unter-Hypothesen (Einzelmaßnahmen) gelistet, welche dann meist nur durch eine Einzelquelle belegt werden.

1. Die Schaffung von Nahrungshabitaten außerhalb von Windparks senkt das Kollisionsrisiko – in dieser allgemeinen Form Bestandteil einiger Fallstudien und vieler Leitfäden;

Studientyp F und E;

Die Anlage von geeigneten Nahrungshabitaten wie z. B. Grünlandbewirtschaftung mit Staffelmahd (Dauergrünland oder Ackergras u. ä.; insbesondere mehrjährige Kulturen) schafft Strukturen für Kleinsäuger und ermöglicht die Erreichbarkeit dieser Beute, womit die Flugaktivität von Groß- und Greifvögeln aus dem Windpark heraus gelockt wird. Das Ausmaß der Lenkungswirkung und der Senkung des Kollisionsrisikos wurde bisher kaum quantifiziert.

2. Die Schaffung bzw. Erhaltung ausreichender Brutgebiete ohne WEA mit geeigneten Vegetationsstrukturen als Bruthabitat (z. B. Wintergerste) senkt das Kollisionsrisiko (für Wiesenweihe); Studientyp F;

Die Lage geeigneter Brut- und Nahrungsflächen in Bezug zum WP bedingt die Aufenthaltsdauer auch von windkraftsensiblen Großvogelarten und hat entscheidenden Einfluss auf deren Kollisionsrisiko. Das Ausmaß der Lenkungswirkung und der Senkung des Kollisionsrisikos wurde bisher kaum quantifiziert.

3. Die Förderung der Kaninchenpopulation abseits der Gefährdung senkt das Kollisionsrisiko. Studientyp F;

Die für den Steinadler (Einzelprojekt) in den USA vorgeschlagene Methode ist aufgrund der großen Ausdehnung des Home Range wenig effizient.

4. Die Schaffung von künstlichem Nahrungsangebot durch Futterplätze außerhalb des WP senkt das Kollisionsrisiko; Studientyp S;

Wirkung der Maßnahme wurde mehrfach nachgewiesen, allerdings ist die Maßnahme für Geier entwickelt, hingegen bei territorialen Greifvögeln ggf. nur eingeschränkt anwendbar.

5. Die Teilentnahme von Bäumen eines zuvor aufgeforsteten Gebietes ist geeignet, Jagd-/Nahrungshabitat für Steinadler zu sein und senkt das Kollisionsrisiko. Studientyp F; Wirksamkeit für Steinadler nachgewiesen; in der Praxis aufgrund der großen Ausdehnung des Steinadler home range ggf. wenig effizient.

6. Der Erhalt von Altholzbeständen außerhalb des WP als Bruthabitat senkt das Kollisionsrisiko; Studientyp F;

Für baumbrütende Greifvögel kann ggf. eine Lenkungswirkung erzielt werden.

7. Das Angebot von Kunsthorsten außerhalb des WP senkt das Kollisionsrisiko; Studientyp S; Für Adler und Störche kann eine Lenkungswirkung erzielt werden, für z. B. Rotmilane und andere Arten ist jedoch das Nistangebot weniger limitierend.

Entsprechend den teils stark spezifischen Maßnahmenvorschlägen reicht der Evidenzgrad für die übergeordnete Hypothese von F+ (Einzelfallstudien, hoch) bis E+ (Expertenmeinung, mittel). Während eine positive Wirkung solcher Maßnahmen wahrscheinlich ist, ist die Wirksamkeit an sich bisher - vor allem quantitativ – nicht belegt. Zahlreiche Managementvorgaben für landwirtschaftliche Nutzflächen und für Altholzbestände in Wäldern soll die Attraktivität für Vögel abseits von WEA erhöhen. Es wird der Anbau einzelner Feldfrüchte, aber auch die zeitliche Abfolge von maschineller Landbearbeitung (vor allem Mahd) vorgeschlagen, um die Flugaktivität zu lenken und das Kollisionsrisiko zu senken. Als punktuelle Maßnahmen werden u. a. das Angebot von Kunsthorsten und ausgelegte Fleischabfälle („Geier-Restaurants in Spanien“) vorgeschlagen.

Entsprechend fällt eine Empfehlung für die Praxis auch unterschiedlich aus. Trotz der man-

gelnden Spezifität der Maßnahmen wird für die gesamte Hypothese der Empfehlungsgrad „A“ (sollte eingesetzt werden) vergeben, in Übereinstimmung mit den Vorgaben in zahlreichen Leitfäden der Bundesländer. Hinsichtlich eines Untersuchungsbedarfs wird angemerkt, dass es grundsätzlich eine Herausforderung sein wird, quantitative Ergebnisse hinsichtlich der Flugaktivität mit und ohne Maßnahmen und somit zur Wirksamkeit dieser Vermeidungsmaßnahme zu erreichen. Im konkreten Fall wird der Erfolg von Konzepten auch an der Umsetzbarkeit der Koordination von Landeigentümern und Windkraft-Betreibern gemessen werden (s. auch Kap. 3.3.2 - Hypothese 14: Die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Windpark beeinflusst das Kollisionsrisiko.).

3.4.2 Hypothese 22: Artgenossen-Attrappen locken Vögel auf ungefährdete Flächen und senken das Kollisionsrisiko.

Die Methode wurde für Meerestenten für Offshore-WP vorgeschlagen (LARSEN & GUILLEMETTE 2007). Es wird daher die Evidenzstufe „E+“ (Expertenmeinung, mittel) vergeben. Eine Übertragbarkeit auf landgebundene Rastvögel ist nicht gegeben, weil bei vielen windkraftsensiblen Zielarten eine Lockwirkung von Artgenossen nicht anzunehmen ist. Bei einer einförmigen Meeresoberfläche haben Artgenossen eine sehr viel höhere Lenkungswirkung, wenn ihr Vorkommen zum Beispiel auf Muschelbestände am Meeresboden hinweisen kann. Das Ausbringen von Artgenossen-Attrappen ist allerdings eine altbekannte Jagdmethode zum Anlocken von Enten, Gänsen oder Rabenvögeln, wobei es sich jedoch nicht um besonders kollisionsgefährdete Arten handelt.

Ein Untersuchungskonzept wird nicht vorgeschlagen. Für die Praxis von onshore Windparks wird die Empfehlungsstufe „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) vergeben, da ein konkreter Minderungserfolg im Hinblick auf das Kollisionsrisiko nicht erwartet werden kann.

3.4.3 Fazit zum Themenkomplex „Weglockung: Habitat- und Ernährungsoptimierung abseits der WEA bzw. Windparks“

Der Themenkomplex „Weglockung“ steht in einem engen thematischen Zusammenhang mit dem zuvor beschriebenen Themenkomplex „Vermeidung von Anlockung“ (Kap.3.3). Eine Reduktion des Kollisionsrisikos wird gerade mit einer Kombination der Themenkomplexe erreicht werden können. Die Hypothese 21 gehört aktuell zu den häufigsten von den Naturschutzbehörden geforderten Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen, und es liegen hierzu art- bzw. artgruppenbezogene Untersuchungen vor allem zu Groß- und Greifvögeln vor; eine Quantifizierung der Wirksamkeit wurde allerdings auch in diesem Maßnahmenkomplex noch nicht erreicht.

3.5 Themenkomplex V „Vergrämung – akustisch“

Für den Themenkomplex „Vergrämung – akustisch“ wurden fünf, für den Themenkomplex „Vergrämung – visuell“ sechs Hypothesen formuliert.

Insbesondere im Bereich der Sicherung von Flughäfen, aber auch in der Landwirtschaft haben sich akustische Vergrämungsmaßnahmen von Vögeln bewährt (z. B. www.vogelabwehr.de). Inwiefern sich akustische Vergrämungsmaßnahmen zur Reduktion von Kollisionen von Vögeln an WEA eignen, ist bislang jedoch nur wenig untersucht.

3.5.1 Hypothese 23: Der Einsatz von bio-akustischen Warnrufen, künstlichen Knallgeräuschen und ggf. Ultraschall kann das Kollisionsrisiko reduzieren.

Die Hypothese wird in insgesamt vier Quellen, alles Literaturstudien (Reviews), behandelt.

Der Einsatz von bio-akustischen Vergrämungsgeräuschen wurde bereits mehrfach als effektiv beurteilt (Gilsdorf et al., 2003; May et al., 2015), was auch in Bulling et al. (2015) und Biehl et al. (2017) so aufgegriffen wird. Bei Tauben, Amseln, Krähen und Gänsen zeigte der Einsatz von artspezifischen Warnrufen bessere Ergebnisse als der Einsatz von Pyrotechnik oder Ultraschall. Jedoch konnten auch Anlockwirkungen, z. B. bei Möwen beobachtet werden. Die akustische Qualität der Rufe spielt eine große Rolle (Bulling et al., 2015).

Ob der Einsatz von bio-akustischen Geräuschen, insbesondere Warnrufen, bei allen Vogelarten wirkt, ist nicht geklärt; Bulling et al. (2015) weisen darauf hin, dass der Einsatz für Arten ohne artspezifischen Warnruf nicht geeignet ist. Auch das Ausmaß von Gewöhnungen ist bislang nicht ausreichend untersucht. May et al. (2015) empfehlen, bio-akustische Geräusche daher nur dann einzusetzen, wenn sich ein Vogel in der unmittelbaren Gefahrenzone befindet. Es wird vermutet, dass Warnrufe schnell ihre Wirkung verlieren, wenn diese nicht mit einer weiteren negativen Verstärkung einhergehen (Baxter & Allen; Cook et al. 2008 in Swaddle et al., 2016).

Die Wirksamkeit bio-akustischer Geräusche – vor allem im Kontext der Sicherung von Flughäfen - zur Vergrämung von Vögeln ist bereits in einigen Fällen belegt, lässt jedoch Fragen offen (langfristige Gewöhnung, Reaktionen bei verschiedenen Vogelarten). Eine insbesondere auch dauerhafte Wirksamkeit ist noch nicht geklärt.

Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „F+“ (Einzelfallstudien, hoch).

Inwiefern der Einsatz akustischer Vergrämungsmaßnahmen an WEA zu einer Reduktion des Kollisionsrisikos führt, ist bislang nicht untersucht. Grundsätzlich ist zu bedenken, dass der Einsatz von bio-akustischen Geräuschen auch weitere Arten beeinflussen könnte. Es ist nicht ausgeschlossen, dass gezielte und kurzfristig eingesetzte bio-akustische Maßnahmen wirksam sind, ggf. bedarfsgerecht in Kombination mit optischen Systemen zu automatisierten Erkennung der Annäherung kollisionsgefährdeter Arten. Derzeit kann aufgrund der fehlenden Nachweise zur Wirksamkeit für die Praxis nur die Empfehlung „B“ (kann eingesetzt werden) ausgesprochen werden. Weitere Restriktionen können aus der mangelnden Akzeptanz der örtlichen Bevölkerung sowie aus den zusätzlichen Störwirkungen, die ebenfalls artenschutzrechtlich zu prüfen sind, erwachsen.

3.5.2 Hypothese 24: Lautere Rotorblattgeräusche reduzieren das Kollisionsrisiko.

Diese Hypothese wird von drei Quellen behandelt. Es handelt sich um eine Studie, eine Literaturstudie und eine Empfehlung.

Dooling (2002) und Sorg (2013) vermuten, dass lautere Rotorblattgeräusche die Wahrnehmbarkeit für Vögel erhöhen und somit das Kollisionsrisiko verringern. Geräusche, die von Wind und Rotorblättern ausgehen, liegen in einem niedrigen Frequenzbereich und sind somit für Vogelarten nicht oder nur schlecht wahrnehmbar (Dooling 2002). Durch eine Geräuschemission im gut hörbaren Frequenzbereich von Vögeln (2-4 kHz) könnte die Wahrnehmbarkeit der Rotorblätter für Vögel erhöht werden und Kollisionen reduziert werden. Entsprechende Konstruktionen an WEA, die den Luftstrom bei der Drehung der Rotoren nutzen, um einen akustischen Signalton zu erzeugen, werden von Sorg (2013) vorgeschlagen. Auch May et al. (2015) erwähnen die Arbeit von Dooling (2002) in ihrer Literaturstudie,

ohne jedoch deren Wirksamkeit weiter zu bewerten.

Ein Beleg der Wirksamkeit dieser Maßnahme liegt nicht vor, mögliche Gewöhnungseffekte sind nicht auszuschließen. Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „F-“ (Fallstudien, gering).

Bei der Planung von WEA wird heutzutage eine projekt-bezogene Schallprognose erstellt, welche die Emission hinsichtlich der Zulässigkeit bewertet und somit zu bestimmten Abständen zu Siedlungen führt. Zumindest wo diese Abstände erforderlich sind, also in besiedelten Gebieten, erscheint es nicht genehmigungsfähig, die Geräuschemission von WEA-Rotoren zu erhöhen. Um eine solche Maßnahme bei Windparks in großer Entfernung zu Siedlungsbereichen einzusetzen, muss sowohl die Wirksamkeit als auch die Wirkung auf Nicht-Zielarten untersucht werden.

Unter diesen Voraussetzungen wird der Einsatz von Rotorblättern mit einer höheren Geräuschemission und die Entwicklung eines Untersuchungskonzepts für nicht sinnvoll erachtet. Auch für den Einsatz in der Praxis kann diese Maßnahme vermutlich aufgrund der erheblichen Störpotenziale nicht empfohlen werden. Es wird die Empfehlung „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) ausgesprochen.

3.5.3 Hypothese 25: Einsatz von wechselnden Geräuschen und unterschiedlichen Anwendungsmustern reduzieren das Kollisionsrisiko.

Diese Thematik wurde in zwei Quellen, beides Reviews, behandelt. Der Einsatz von Lärm zur Vergrämung von Vögeln wird grundsätzlich als effektiv eingestuft, auch wenn nach relativ kurzer Zeit Gewöhnung eintrat und somit der Vergrämungseffekt nachließ (Bishop et al., 2003). Der Ansatz, verschiedene Geräusche und Abspielintervalle einzusetzen, verspricht möglicherweise längerfristige Wirksamkeit.

Vergrämungsmaßnahmen unter Einsatz von unterschiedlichen Geräuschemissionen mit unterschiedlichen Abspielintervallen (Warnrufe und Pyrotechnik) führten bei einem Versuch auf einem Campingplatz zu einer Reduktion von Kanadagänsen von 96% (Mott & Timbrock 1988 in Gilsdorf et al., 2003). Um ggf. eine Gewöhnung reduzieren, wird empfohlen, Gasakanonen regelmäßig umzustellen und die Feuerungsintervalle zu variieren (Harris & Davis in Bishop et al., 2003), es ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass Gewöhnung letztendlich doch eintritt. Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „F+“ (Einzelfallstudien, hoch).

An WEA ist hinsichtlich eines Einsatzes wechselnder Geräuschemissionen bislang nichts bekannt. Sowohl Gewöhnung als auch die Störwirkung auf Mensch und Tier sprechen gegen einen Einsatz. Eine fall-gesteuerte Anwendung, z. B. im Bereich der automatischen Vogelerkennung (DTBird, Radar), könnte dagegen in Betracht gezogen werden. Dementsprechend kann die Empfehlungsstufe „B“ (kann eingesetzt werden) für spezifische Fallkonstellationen (keine lärmempfindlichen Nutzungen im Umfeld, seltener Einsatz nach vorheriger Gefahrenerkennung etc., vgl. Hypothese 26) vergeben werden.

3.5.4 Hypothese 26: Fallbezogene akustische Reize sind geeignet, Vögel zu Ausweichreaktionen zu bringen und somit das Kollisionsrisiko zu senken.

Versuche an Zebrafinken zeigten, dass Objekte (in dem Fall ein Japannetz) eher wahrgenommen wurden, wenn die Vögel mit plötzlich ertönenden akustischen Signalen auf das Hindernis aufmerksam gemacht wurden (Ingrassia, 2016). Auch Dooling (2002) zielt in seiner Studie über Hörvermögen von Vögeln und Geräuschemissionen von WEA auf eine

bessere Wahrnehmbarkeit der Gefahr, wenn diese für die Vögel hörbar ist. Bei Effizienzkontrollen des Systems DTBird in der Schweiz wurden Warnsignale nur dann ausgelöst, wenn Vögel (vorrangig Raben- und Greifvögel) einer WEA näher als 100 m kamen; in solchen Fällen wurden Ausweichreaktionen beobachtet (Hanagasioglu et al., 2015). Weitere systematische Untersuchungen an WEA sind bislang nicht erfolgt, die geprüften Quellen geben Hinweise auf eine mögliche Wirkung. Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „S+“ (Fall-Kontroll-Studie, mittel).

Die Wirksamkeit des fallbezogenen Einsatzes von akustischen Reizen im direkten Gefahrenbereich einer WEA wird als potenziell möglich eingestuft. Gewöhnungseffekte sind unklar, insbesondere wenn das Umfeld der WEA regelmäßig von einem oder mehreren Individuen genutzt wird. Die Empfehlungsstufe „B“ (kann eingesetzt werden) wird daher für die Maßnahme vergeben.

3.5.5 Hypothese 27: Eine durchgehende Geräuschkulisse zwischen 2-10 Hz reduziert das Kollisionsrisiko.

Diese Hypothese wird durch eine Studie von Swaddle et al. (2015) gestützt. Die Autoren konnten einen Rückgang von 82% der Anwesenheit von Vögeln auf einem Flugplatz nachweisen, auf dem eine durchgehende Geräuschkulisse mit einem Rauschen im Frequenzbereich der Vogelkommunikation von 2-10 kHz auf einem räumlich begrenzten Gebiet installiert wurde. Die Hypothese erhält daher die Evidenzbewertung „S+“ (Fall-Kontroll-Studie, mittel).

Da ein Windpark in der Regel eine größere Fläche in Anspruch nimmt und im Gegensatz zu einem Flugplatz kein abgesperrter Bereich ist, sondern Teil der freien Landschaft, scheint eine Geräuschkulisse nicht mit den übrigen Zielen und Funktionen der freien Landschaft vereinbar. Zudem wäre mit der Reduktion der Kollision ein Verlust von Lebensraum verbunden, der nicht unerheblich einzustufen ist (s. auch Hypothese 24 in Kap. 3.5.2). Für die Praxis kann die Maßnahme daher nicht empfohlen werden und erhält die Bewertungsstufe „C“ (sollte nicht eingesetzt werden).

3.5.6 Fazit zum Themenkomplex „Vergrämung – akustisch“

Die Wirksamkeit von akustischen Vergrämungsmaßnahmen ist nur in wenigen Fällen belegt, Fragen der Gewöhnung sind ungeklärt. Darüber hinaus birgt eine Erhöhung von Lärmemissionen in Siedlungsnähe ein Konfliktpotenzial. Akustische Vergrämung als dauerhafte Vermeidungsmaßnahme ist bisher in deutschen Windparks nicht etabliert. Eine fall-bezogene akustische Vergrämung ist in einigen optischen Überwachungs-Systemen integriert.

Effektive akustische Vergrämung (s. folgende Kapitel für visuelle Vergrämung) muss dahin bewertet werden, dass sie zwar das Tötungsrisiko ggf. senkt, dafür aber andere Verbotsstatbestände auslösen kann, insbesondere das Störungsverbot gemäß § 44 (1) Nr. 2 BNatSchG). Zudem können weitere Restriktionen infolge mangelnder Akzeptanz der örtlichen Bevölkerung bestehen.

3.6 Themenkomplex VI „Vergrämung – visuell“

3.6.1 Hypothese 28: Einsatz von UV-Licht (zur Sichtbarmachung oder zur Vergrämung) reduziert das Kollisionsrisiko.

Es wurden zwei Quellen ausgewertet, in beiden Fällen handelt es sich um Fall-Studien.

Blackwell et al. (2012) konnten beim Einsatz von Licht einer Wellenlänge von 380–400 nm (hier beginnt der kurzwellige UV-Bereich) an Flugzeugen ein Ausweichverhalten bei Kanadagänsen feststellen und halten somit den Einsatz von Licht für geeignet, Vogelschlag zu reduzieren. Hunt et al. (2015) konnten bei einem Feld-Versuch bei Greifvögeln dagegen keine Reaktionen auf UV-Licht feststellen. Aussagekräftige Quellen, die den Einsatz von UV-Licht an WEA zur Vergrämung von Vögeln untersuchten, fehlen. Aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse der beiden Fall-Studien erhält die Hypothese die Bewertung „F-“ (Fallstudie, gering). Aufgrund ungeklärter Wirksamkeit sowie ungeklärter ökologischer Effekte wird für die Emission von UV-Licht die Empfehlungsstufe „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) vergeben.

3.6.2 Hypothese 29: Stroboskopische, blitzende oder drehende Suchscheinwerfer reduzieren das Kollisionsrisiko.

Diese Hypothese wird in zwei Quellen, beides Reviews, behandelt. Biehl et al. (2017) weisen darauf hin, dass visuelle Vergrämung mittels pulsierendem, stroboskopischen Lichtern sowie Suchscheinwerfern kaum untersucht sind. May et al. (2016) halten eine Vergrämungswirkung dagegen für möglich und sehen grundsätzlich ein Potenzial hinsichtlich nachtaktiver Arten, insbesondere wenn entsprechende Lichtreize gezielt ausgelöst werden (z. B. Einsatz von Radar oder videobasierten Erkennungssystemen). Zu bedenken sind etwaige Störungen im Siedlungsbereich und möglicherweise auch die Tatsache, dass durch den Blend-Effekt und daraus resultierende Desorientierung der Vögel Kollisionen auch begünstigt werden könnten. Die Hypothese erhält daher die Evidenzbewertung „E-“ (Expertenmeinung, gering).

Aufgrund dieser Evidenz-Bewertung und weiterer ungeklärter Fragen – auch hinsichtlich einer ökologischen Wirkung - eines Einsatzes dieser visuellen Vergrämung wird die Empfehlung „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) vergeben.

3.6.3 Hypothese 30: Abspannseile mit bird flight diverters (BFD) an WEA reduzieren das Kollisionsrisiko

Ein Untersuchungsdesign zur Wirksamkeit von Abspannseilen an WEA liegt aus einer Quelle von Strickland et al. (2005) vor. Er verweist darauf, dass in einer Studie von Orloff & Flannery (1992, zitiert in Strickland et al., 2005) keine Kollisionen an Funktürmen mit Abspannseilen erfasst werden konnten, andere Studien berichten hingegen von Kollisionen mit den Abspannseilen selbst (Winkelmann 1992 in Strickland et al., 2005). Die Hypothese wird mit der Evidenzstufe „F-“ (Fallstudie, gering) bewertet.

Aktuell werden an großen WEA keine Abspannseile genutzt, allerdings existieren Abspannseile an einigen Typen kleiner Windenergieanlagen (KWEA), welche – per Definition - Gesamthöhen von bis zu 50 m erreichen können. Es fehlen jedoch jegliche Studien oder Hinweise zu deren Wirksamkeit. Ob dadurch Flüge im Rotorblattbereich, und somit im eigentlichen Gefahrenbereich reduziert werden können, ist fraglich. Eine Übertragung der Wirksamkeit dieser BFD an Höchst- oder Hochspannungsleitungen ist ebenfalls fraglich, da andere BFD zum Einsatz kommen und die Umstände nicht vergleichbar sind.

Eine Empfehlung wird daher nicht ausgesprochen (Bewertungsstufe „C“ – sollte nicht eingesetzt werden).

3.6.4 Hypothese 31: Der Einsatz von Laser reduziert das Kollisionsrisiko.

Zum Einsatz von Laser wurden vier Quellen ausgewertet, bei denen es sich ausschließlich um Reviews handelt. So stellten Bulling et al. (2015) fest, dass Laser bereits mehrfach erfolgreich zur Vergrämung eingesetzt wurden. Der Einsatz ist jedoch auf schwache Lichtverhältnisse beschränkt und muss zur Vergrämung einzelner Vögel gezielt auf empfindliches Gewebe gerichtet werden, es wurden auch Verletzungen beobachtet. Der Einsatz von energiereichen Lasern löste z. B. bei Stockente, Silbermöwe und Star eine Reaktion aus (Lustick et al., 1973 nach Harris und Davis 1998)). In einer Studie von Blackwell et al. (2003, zitiert in Bulling et al., 2015) konnten über 96 % der Kanadagänse auf einem Flugplatz zumindest temporär vertrieben werden. May et al. (2015) stuft den Einsatz von Lasern als wirkungsvoll in Nahrungs- und Rastgebieten von Vögeln ein. Auch Bishop et al. (2003) zitieren mehrere Studien, in denen der Einsatz von Laser erfolgreich zur Vergrämung von Kormoranen eingesetzt wurde und schätzt die Methode als effektiv ein. Die Hypothese erhält die Evidenzstufe „S+“ (Fall-Kontroll-Studien, mittel).

Der Einsatz von Lasern wird von allen Autoren insbesondere bei schlechten Sichtverhältnissen oder in der Dunkelheit als wirksam eingestuft. Die Wirkung ist jedoch nicht bei allen Arten gleich. Der Laser muss zielgerecht auf empfindliche Bereiche der Vögel gerichtet werden, was bei fliegenden Individuen schwierig ist und nicht automatisiert werden kann. Zudem wurden Verletzungen an Vögeln beobachtet, was bei einer Vermeidungsmaßnahme zum Schutz einer Art artenschutzrechtliche Probleme aufwirft. Laser sind zudem weit sichtbar und können weitere Störwirkungen für andere Arten, für Siedlungsbereiche oder für den Flugverkehr haben. Eine weitere Untersuchung der Wirksamkeit ist daher nicht sinnvoll. Nach derzeitigem Wissensstand kann auch keine Empfehlung für die Praxis gegeben werden (Bewertungsstufe „C“ – sollte nicht eingesetzt werden).

3.6.5 Hypothese 32: Der Einsatz von UV-Lasern reduziert das Kollisionsrisiko.

Der mögliche Einsatz von UV-Lasern wird in einer Quelle erwähnt. Es handelt sich hierbei um ein Review, in welchem May et al. (2015) darauf hinweisen, dass der Einsatz von UV-Lasern, der für den Menschen nicht sichtbar ist, noch nicht getestet wurde. Die Auswirkungen von UV-Lasern auf Vögel sind demnach völlig unbekannt, so dass es keine Hinweise auf eine mögliche Wirksamkeit zur Vergrämung oder Auswirkungen auf die Gesundheit gibt (sowohl bei Vögeln als auch beim Menschen). Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „E-“ (Expertenmeinung, gering).

Aufgrund des geringen Wissenstandes wird die weitere Verfolgung dieser Maßnahme nicht weiter in Erwägung gezogen. Der Einsatz in der Praxis kann auch nicht empfohlen werden und wurde mit „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) eingestuft.

3.6.6 Hypothese 33: Elektromagnetische Strahlung reduziert das Kollisionsrisiko.

Aussagen zum Einsatz von elektromagnetischer Strahlung wurden in zwei Quellen getroffen (Reviews). Bulling et al. (2015) weisen darauf hin, dass der Einsatz von elektromagnetischer Strahlung zur Vergrämung von Vögeln noch untersucht wird. May et al. (2015) sind der Auffassung, dass elektromagnetische Strahlung nur in so hoher Intensität Wirkungen bei Vögeln hervorrufen kann, dass eine Gefährdung der Gesundheit des Tieres aber auch von Menschen zu befürchten wäre. Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „E-“ (Expertenmeinung, gering).

Für die Praxis wird die Bewertungsstufe „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) vergeben.

3.6.7 Fazit zum Themenkomplex „Vergrämung – visuell“

Visuelle Vergrämung wirft - wie die akustische Vergrämung – neben der potenziellen Wirksamkeit weitere Fragen auf. Beeinträchtigungen durch Licht in Siedlungsnähe bergen ein Konfliktpotenzial sowie mögliche direkte Schädigungen von Tieren (Zielarten und andere Arten) und ggf. sogar Menschen. Darüber hinaus muss bewertet werden, ob andere artenschutzrechtliche Verbotstatbestände betroffen sind.

3.7 Themenkomplex VII „Betriebsregulierung“

Dieser Themenblock behandelt sämtliche Vermeidungsmaßnahmen, welche auf Abschaltungen von WEA unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen basieren. Für den Themenkomplex wurden eine Hypothese ohne und fünf mit dem Einsatz automatisierter Monitoring-/Detektions-Systeme geprüft.

Anmerkungen zu den Hypothesen 34 bis 39:

Es steht außer Zweifel, dass eine WEA, die sich nicht dreht, das Kollisionsrisiko für fast alle Vogelarten senkt; eine Ausnahme stellen hier lediglich Arten aus der Gruppe Hühnervogel sowie einige Singvogelarten dar, von denen bekannt ist, dass sie auch mit dem WEA-Mast kollidieren (s. Hypothese 7 in Kap. 3.2). Bei der Beurteilung einer Betriebsregulierung muss wesentlich geklärt werden, ob das Maß der Reduktion des Kollisions- und somit des Tötungsrisikos a) messbar ist, und b) in einem vertretbaren Verhältnis zum Aufwand steht (Grundsatz der Verhältnismäßigkeit).

3.7.1 Hypothese 34: Eine Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen reduziert das Kollisionsrisiko.

Bei den Quellen handelt es sich um zwei Reviews und fünf Empfehlungen; zudem wurden drei Gerichtsurteile, die sich mit dieser Thematik befassen, gesichtet. In vier der ausgewerteten Quellen wird eine Abschaltung von WEA bei bestimmten Bewirtschaftungsereignissen wie z. B. Mahd oder Ernte diskutiert.

Es wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass Greifvögel (z. B. Rotmilan) Flächen überdurchschnittlich stark zur Nahrungssuche aufsuchen, wenn diese frisch geerntet oder anderweitig bearbeitet (z. B. Pflügen oder Grubbern) werden, da hierbei Beutetiere aufgescheucht und für die Vögel zudem leicht sichtbar bzw. erreichbar werden. Zahlreiche Studien belegen eine erhöhte Anziehungskraft solcher Flächen auf verschiedene heimische Greifvogelarten (Janine Aschwanden et al., 2005; Hötker et al., 2013; Mammen et al., 2014; Trierweiler, 2010) (s. auch Kap. 3.3 und 3.4 und insbesondere Kap.3.3.2 - Hypothese 14: Die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Windpark beeinflusst das Kollisionsrisiko.).

Biehl et al. (2017) und Bulling et al. (2015) betrachten daher die Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen als Möglichkeit, Kollisionen zu vermeiden. In den Leitfäden der Bundesländer werden hierzu bereits Empfehlungen ausgesprochen. Mammen et al. (2014), NLT (2014) sowie Kifl (2014) empfehlen z. B. eine Abschaltung bei verschiedenen Bewirtschaftungsereignissen auf Flächen im Umkreis von 200 m um eine WEA für mindestens 3 Tage von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang; das LLUR in Schleswig-Holstein beauftragt in Projekten, in denen durch die hohe Flugaktivität ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko ermittelt wurde, eine Abschaltung von bis zu 5 Tagen, sobald in einem Umkreis von 500 m um eine WEA eine Bewirtschaftung stattfindet. Aktuell macht die Län-

derarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten dazu ebenfalls Vorschläge².

In Gerichtsurteilen wurde die Wirksamkeit von Abschaltungen von WEAs bei bestimmten Bewirtschaftungsereignissen nicht grundsätzlich angezweifelt. Jedoch empfand der Hessische VGH die Tagabschaltung nach der Mahd allein als nicht ausreichend, um Kollisionen zu vermeiden (Hessischer VGH, Beschluss vom 17.12.2013 – 9 A 1540/12.Z). Das VGH Baden-Württemberg bemängelte in seinem Beschluss vom 06.06.2016 3 S 942/16, dass sich die Vorgaben der Abschaltzeiten nicht an die Empfehlungen des LUBWs halten.

Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „F+“ (Einzelfallstudien, hoch).

Die Wirksamkeit einer Abschaltung ist unzweifelhaft für Vogelarten, welche mit den Rotoren kollidieren können. Für die Praxis erhält die Maßnahme daher die Empfehlungsstufe „A“ (sollte eingesetzt werden). Hinsichtlich der Ausgestaltung des Maßnahmenkonzeptes im Detail (in Verbindung mit welcher landwirtschaftlicher Bewirtschaftung, der zu betrachtende Umkreis um eine WEA und die Zeitdauer der Abschaltung) besteht jedoch noch weiterer Untersuchungsbedarf, wie auch die unterschiedlichen Empfehlungen zeigen.

3.7.2 Hypothese 35: „Shut-down on demand“ - Gezieltes Abschalten einzelner WEAs in windparkspezifischen Gefahrensituationen bzw. -bereichen als adaptives Management (bei Annäherung Zielarten, bestimmten Witterungsbedingungen, z. B. Thermik etc.) - reduziert das Kollisionsrisiko.

Diese Hypothese wird in drei Reviews sowie drei Studien untersucht. Die Hypothese beruht auf der Idee, dass einzelne WEA temporär dann abgeschaltet werden, wenn sich ein Vogel im Gefahrenbereich, also im näheren Umfeld der Rotorblätter oder des Windparks befindet bzw. WEA zu bestimmten Zeiten in einem Gebiet eine besondere Gefährdung für bestimmte Arten darstellen. Die Wirksamkeit wurde in einer Studie von De Lucas et al. (2012) im Windparks in Südspanien zur Reduktion von Kollisionen von Gänsegeiern bereits belegt und wird in den weiteren Quellen als effektiv erachtet.

In dem Windpark Barao S. Joao in Portugal wurde im Rahmen einer Fallstudie unter Einsatz von Feldornithologen und Radar in den Jahren 2010 und 2011 Abschaltungen einzelner WEA in Gefahrensituationen vorgenommen (Repas et al., 2012). Abschaltungen wurden von einer Person auf Grundlage der Beobachtungen hierfür eingesetzter Ornithologen vorgenommen. Es wurden keine Kollisionen dokumentiert, die Ertragseinbußen blieben insgesamt gering (Repas et al., 2012).

Hoover (2002) empfiehlt aufgrund der Ergebnisse seiner Studie an Rotschwanzbussarden in den USA eine zeitweise (z. B. bei bestimmten Witterungsverhältnissen wie starken Winden) Abschaltung von WEAs an Hanglagen, da diese aufgrund des Flugverhaltens der Art eine besondere Gefahr für die Arten darstellen können.

Biehl et al. (2017) bewerten die Wirksamkeit von shutdown on demand als effektiv. Auch (BirdLife International, 2015) verweisen auf die Effektivität der Maßnahme und stützen sich hierbei auf die Ergebnisse der Studie von (De Lucas et al., 2012). Bulling et al. (2015) und Arnett & May (2016) behandeln in ihren Metastudien diese Vermeidungsmaßnahme, allerdings ohne eine abschließende Bewertung der Wirksamkeit.

Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „S+“ (Fall-Kontroll-Studien, mittel).

2 <http://www.vogelschutzwarten.de/downloads/2017lagvsw1-1.pdf>

Die Wirksamkeit einer Abschaltung ist unzweifelhaft für Vogelarten, welche mit den Rotoren kollidieren können. Für die Praxis sollte die Maßnahme daher in Betracht kommen (Empfehlungsstufe „A“). Es ist zu entscheiden, ob die Maßnahmendetails (bei welcher Entfernung des Vogels wird abgeschaltet, wie lange wird abgeschaltet, welche Belastung [bremsen, austrudeln etc.] ist technisch zumutbar etc.) Gegenstand weiterer Untersuchungen sein sollten. Um eine solche Maßnahme in der Praxis zu etablieren, ist nach Auffassung von BirdLife International (2015) auch die Entwicklung einer Methode nötig, welche Aussagen über die zu erwartenden Ertragseinbußen zulässt.

3.7.3 Hypothese 36: Betriebsregulierung zu Zeiten hoher Abundanz/Aktivität reduziert das Kollisionsrisiko.

Es wurden insgesamt sechs Quellen sowie vier Gerichtsurteile durchgesehen, die sich mit dieser Thematik befassen. Dabei geht es um Zeiten hoher Zugvogelaktivität oder erhöhter Aktivität in Brut- oder Überwinterungsgebieten von Vögeln.

De Lucas et al. (2008) konnten in einer Studie keinen Zusammenhang von erhöhter Abundanz bzw. Flugaktivität von Vögeln und erhöhten Kollisionen an WEA feststellen. Aschwanden et al. (2016) konnten eine Erhöhung der Kollisionsrate während der Zugzeit ermitteln, jedoch schienen die Kollisionsereignisse nicht immer unmittelbar im Zusammenhang mit kurzfristig hohen Zugintensitäten im Höhenbereich der WEA zu stehen. Die Zusammenhänge sind komplex, wobei wetterbedingte Sichtverhältnisse eine große Rolle spielen dürften.

Bulling et al. (2015) halten die Maßnahme „Abschaltungen zu Zeiten hoher Abundanz“ grundsätzlich für wirkungsvoll, verweisen jedoch darauf, dass die Effizienz der Maßnahme – auch unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten - von der Präzision des definierten Zeitraums abhängt (May et al., 2015). Dieser Zeitraum kann abhängig von Standort und Art variieren (Smallwood & Thelander 2005 in Bulling et al., 2015).

In Deutschland werden Abschaltzeiten für Vögel bereits umgesetzt, z. B. zu Zeiten mit verstärktem Kranichzug, zur Brutzeit der Wiesenweihe (in einem definierten Raum), bei landwirtschaftlichen Aktivitäten im definierten Umkreis einer WEA (s. oben).

In der Rechtsprechung wird die Maßnahme als geeignet betrachtet. So hielt das VG Oldenburg (Beschluss vom 07.07.2015 – 6 L 38/16) eine Abschaltung von WEAs während der Tageszeit im Zeitraum vom 24.6. – 1.8. zum Schutz der Wiesenweihe für zumutbar. Auch das VG Minden (Urteil vom 08.08.2016 – 1 L 1155/16) beurteilte eine Abschaltung im Zeitraum der Jungenaufzucht des Schwarzstorches als geeignet und angemessen. Eine Abschaltung von WEAs an Haupt- und Massenzugtagen von Kranichen wurde vom VG Aachen (Beschluss vom 02.09.2016 – 6 L 38/16) nicht beanstandet, das VG Koblenz (Urteil vom 05.11.2015 – 4 K 1106/14.KO) betrachtete eine Abschaltung zu Haupt- und Massenzugtagen von Kranichen aufgrund von fehlender Bestimmtheit (ungenauere Angaben zu Wetterlagen etc.) als formell rechtswidrig.

Die Hypothese wird mit der Evidenzstufe „F+“ (Einzelfallstudie, hoch) bewertet.

Die Wirksamkeit einer Abschaltung ist unzweifelhaft für Vogelarten, welche mit den Rotoren kollidieren können, es kann in jedem Fall die Empfehlungsstufe „A“ (sollte eingesetzt werden) vergeben werden. Es existiert für diese konkrete Hypothese jedoch eine hohe Anzahl von unterschiedlichen Rahmen-Bedingungen. So müssten Schwellenwerte für „hohe Abundanz“ klarer definiert werden als auch Wirkungsradien von WEA. Aber auch weitere

Faktoren, wie das Flugverhalten in unterschiedlichen Jahreszeiten oder der Einfluss verschiedener Witterungsverhältnisse müssen mit berücksichtigt werden. Es muss unterschieden werden zwischen aktuell ermittelter Abundanz (Zählung, Registrierung) oder vermutterter Abundanz (landwirtschaftliche Aktivitäten, Zugzeiten). Hinsichtlich der Machbarkeit müssen Ertragseinbußen betrachtet werden. Insbesondere im Hinblick auf diese Fragen und die entsprechende Identifizierung zugehöriger Abschaltparameter (z. B. Witterung) besteht für die Überprüfung der Wirksamkeit Untersuchungsbedarf (s. auch Präambel zu diesem Kapitel Betriebsregulierung).

3.7.4 Hypothese 37: „Geofences“ – (virtuelle Grenzzäune) reduzieren das Kollisionsrisiko.

Sheppard et al. (2015) entwickelten ein Geofence Warnsystem, welches am Kalifornischen Kondor getestet wurde. Dieses System soll grundsätzlich auch für andere Großvögel (z. B. große Greifvögel, Kraniche) einsetzbar sein. Die Tiere sind mit GPS-Empfängern und Mobilfunksendern ausgestattet, welche über die Mobilfunknetze ein Warnsignal senden, wenn sich die Tiere dem Windpark nähern, also einen virtuell definierten Grenzzaun passieren, woraufhin der Vogel gezielt verfolgt werden kann und die WEA ggf. abgeschaltet werden können. Die Wirksamkeit wird durch die mögliche Echtzeitverfolgung und dadurch gezielte Abschaltung als hoch eingeschätzt. Technisch funktionierte das System, Kollisionen wurden bislang nicht dokumentiert.

Für den OWEF (Ocotillo Wind Energy Facility) in Texas wurde 2011 ein umfangreiches Monitoringprogramm zur Reduzierung des Kollisionsrisikos für den Steinadler entworfen (Ocotillo Express LLC 2011), das unter anderem auch die Telemetrie zur vollständigen Überwachung der im näheren Umfeld brütenden Tiere umfasste, um gezielt Abschaltungen vorzunehmen, wenn sich ein Individuum im Gefahrenbereich befindet. Erfahrungen mit dem geplanten Monitoring Programm wurden in der vorliegenden Publikation (Ocotillo Express LLC 2011) nicht berichtet.

Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „F+“ (Einzelfallstudien, hoch).

Für die Umsetzung von „geofences“ ist die langfristige Anbringung von Sendern an kollisionsgefährdeten Vögeln und damit deren Fang (ggf. auch mehrerer Individuen) nötig. Es besteht zudem das Risiko, dass bei Verlust oder Schaden der Sender ein erneuter Fang erforderlich würde. Soll das Kollisionsrisiko zuverlässig gesenkt werden, so müsste sicherzustellen sein, dass tatsächlich alle vom Windpark gefährdeten Vögel auch einen Sender erhalten, da dieses System Tiere ohne einen solchen nicht schützen kann.

Diese Maßnahme ist aufgrund des erheblichen Aufwandes, der mit ihr verbunden ist, nur für den Schutz einzelner Tiere sinnvoll. Dafür bieten sich stark gefährdete oder vom Aussterben bedrohte Arten mit geringer Brutpaardichte und großen Aktionsräumen, vergleichbar den oben genannten Arten Kondor oder Steinadler an. Bei diesen Arten ist im Umfeld eines Windparks nicht mit zu vielen Individuen zu rechnen, so dass der Aufwand für Fang und Versehen mit Sendern überschaubar bleibt. Aufgrund der großen Aktionsräume dieser Tiere wäre ferner auch nicht zu erwarten, dass sie ständige Abschaltungen der WEA auslösen würden. Trotz eines hohen Aufwandes werden daher durch diese Maßnahme in der Regel nur Einzeltiere bestimmter Arten geschützt; eine Umsetzung ist nur in Ausnahmefällen realisierbar.

Eine generelle Empfehlung dieser Maßnahme für den Betrieb von WEA in Deutschland ist daher nicht sinnvoll (Empfehlungsstufe „C“ – sollte nicht eingesetzt werden). Allerdings

kann sich die Maßnahme anbieten, wenn damit in einem Raum einzelne Brutpaare der oben erwähnten Kategorien besonderen Schutz erfahren sollen. So könnten z. B. einzelne Brutpaare vom Seeadler oder Schreiadler wirksam vor der Kollision mit nahegelegenen Windparks geschützt werden.

3.7.5 Hypothese 38: Der Einsatz von Radar zur Steuerung von WEA-Abschaltungen reduziert das Kollisionsrisiko.

Diese Hypothese wird von 11 Quellen unterstützt. Es handelt sich um 4 Empfehlungen, 2 Reviews, 3 Studien sowie zwei produktspezifische Artikel zu dem System „BirdScan“ der Schweizer Firma Swiss Birdradar Solution AG (SwissRadar.com).

Durch den Einsatz von Radar in Windparks ist es möglich, Vogelaktivitäten innerhalb oder im Umkreis von Windparks zu erkennen; gezielte Abschaltungen aufgrund solcher Ergebnisse sind machbar. Biehl et al. (2017) berichten von Studien in Portugal (Repas et al., 2012; Tomé et al., 2015), bei denen der Einsatz von radarbasierter Abschaltung erfolgreich zur Vermeidung von Kollisionen mit ziehenden Großvögeln (v. a. Geier, Schwarzstorch, Greifvögel, insg. 36 Arten) eingesetzt wurde, wobei den Autoren zufolge die Ertragseinbußen vertretbar blieben. Dabei wurde das Radarsystem in Kombination mit Fachleuten eingesetzt, die nach Warnmeldungen den Luftraum optisch überprüften und dann Abschaltungen auslösen konnten. Nach Aussage der Autoren blieb mit diesem System die Mortalität bei Null.

Bei einer Studie von Zakrajsek & Bisonette (2001) (DeTect) konnte die Vogelaktivität im Bereich eines Flugplatzes ermittelt werden und Vögel in unterschiedliche Größenklassen eingeteilt werden. Auf dieser Grundlage wurden dann verschiedene Kollisionsgefährdungsgrade ermittelt. Zur Vermeidung von Vogelschlag an Flugzeugen in Australien wird Radar ebenfalls zur Risikoeinschätzung herangezogen (International Bird Strike Committee IBSC; www.int-birdstrike.com; hier Vortrag McKee (2010)); Angaben, inwiefern Vogelschlag durch den Einsatz von Radar tatsächlich reduziert wurde, werden jedoch nicht gemacht.

Die Industrie hat bereits verschiedene Radar-Systeme auf den Markt gebracht, die speziell zur Erfassung von Vögeln unterschiedlicher Größenklassen entwickelt wurden. Das Radar-System „Merlin“ von DETECT wird von der Firma selbst für den Einsatz in Windparks empfohlen (Merritt et al., 2008). Ein radarbasiertes System (MERLIN SCADA-R) zur Vermeidung von Kollisionen von Gänsegeiern an WEA wird unter anderem im Windpark Torsa´s El Pino in Südwest-Spanien eingesetzt (Voltura et al., 2012). Inwiefern hier Kollisionen verringert wurden, wird vom Autor jedoch nicht genannt. Davenport & Kelly (2008) empfehlen den Einsatz von MERLIN SCADA auch für ziehende Singvögel sowie Wasservogelkolonien, ohne jedoch auf konkrete Fallbeispiele einzugehen. Für den Windpark OWEF in Texas ist ein aufwendiges Monitoringprogramm zur Reduzierung des Kollisionsrisikos von Steinadlern geplant (Ocotillo Express LLC, 2011), bei dem neben dem Prinzip der „geofences“ (s. Kap.3.7.4) ebenfalls das Radar-System MERLIN sowie eine radarbasierte Videoverfolgung einzelner Vögel zum Einsatz kommen soll. Informationen, inwiefern das Projekt umgesetzt wurde und ob die Maßnahmen erfolgreich sind, sind in der Publikation von Ocotillo Express LLC (2011) nicht genannt.

In der Schweiz soll das Radargerät „BirdScan“ zum Einsatz kommen, um Vogelzugaktivität zu erfassen und WEA gezielt abzuschalten (Laukenmann, 2014). Jorio (2013) berichtete, dass die Schweizer Sektion von BirdLife in der Methode Potenzial sieht, jedoch darauf hinweist, dass der Effizienzbeweis noch erbracht werden muss.

Ein wesentlicher Nachteil radarbasierter Systeme ist, dass sie nicht in der Lage sind, einzelne Vögel sicher auf Artniveau zu identifizieren oder die genaue Anzahl von Individuen zu ermitteln (BirdLife International, 2015).

Die Hypothese wird mit der Evidenzstufe „F+“ (Einzelfallstudien, hoch) bewertet.

Aufgrund der bereits erzielten Erfolge sowie dem Stand und der Entwicklung der Technik sollte das Potenzial von Radareinsatz weiterhin getestet werden, insbesondere für nachtaktive Vogelarten (z. B. Uhu) können hier möglicherweise geeignete Maßnahmen entwickelt werden. Für die Praxis kann aufgrund der noch in Entwicklung befindlichen Technik die Empfehlung „B“ (kann eingesetzt werden) ausgesprochen werden. Dabei ist der Erfolg stark von den Gegebenheiten der Einzelfallsituation abhängig. Der Einsatz von Radargeräten muss aktuell noch von Fachpersonal begleitet werden, das annähernde Vögel sicher erkennt und entscheidet, ob die WEA abgeschaltet werden sollen, oder durch optische Systeme ergänzt werden, die das Gleiche leisten können (vgl. Kap. 3.7.6). Es sei denn, es wird für spezifische Fallkonstellationen genutzt, z. B. für den Schutz größerer Vogelschwärme oder bestimmter Großvögel auf dem Zug (Größenklassen können z. B. von manchen Systemen detektiert werden, s.o.), bei denen die Arterkennung jedes einzelnen Individuums, nicht von Bedeutung ist.

3.7.6 Hypothese 39: Der Einsatz von automatischen Monitoring- und Erkennungssystemen (Kamera) (z. B. DTBird®, IdentiFlight) reduziert das Kollisionsrisiko.

Anmerkung:

Es werden im Folgenden zwei Systeme beispielhaft vorgestellt, welche zum Zeitpunkt der Berichterstellung schon bekannt waren. Derzeit werden weitere solche Systeme entwickelt, können aber noch nicht umfassend bewertet werden. In KNE (2018) werden die aktuellen Systeme vorgestellt; diese Synopse wird ständig weiter entwickelt.

39a) DTBird

In 7 der gesichteten Quellen wird der Einsatz von DTBird als mögliches Instrument zur Vermeidung von Kollisionen behandelt. Es handelt sich um 2 Empfehlungen, 2 Studien, 2 Reviews sowie ein Gerichtsurteil.

Der Einsatz dieses automatischen, videobasierten Erkennungssystems, das bei Bedarf Warnsignale (Echtzeitübertragung bei einem Vogel im Gefahrenbereich) abgibt oder den Betrieb der WEA stoppt, wurde in mehreren Studien erprobt (Hanagasioglu et al. 2015, May et al. 2012). Bei beiden Studien wurden grundsätzlich gute Ergebnisse erzielt, jedoch kommt es häufig zu Fehllarmen, ausgelöst durch Flugzeuge, Insekten oder andere Faktoren. Hingegen waren Fälle, in welchen ein Vogel im Bereich der Videokamera vom System nicht erkannt wurde, wesentlich seltener. Neben der Erkennung von Vögeln bietet das System auch die Möglichkeit, das Verhalten von Vögeln im Nahbereich der WEA sowie Reaktionen auf Warnsignale zu erfassen (May et al. 2012).

In Schweden wurde DTBird 2015 an einer Anlage in der Nähe von Lundsbrunn in einem Pilotprojekt eingesetzt. Litsgård (2016) hielten den Einsatz aufgrund der erfassten Ergebnisse für geeignet. Zwar ließen sich Kollisionen nicht zu 100 % vermeiden, jedoch würde das Kollisionsrisiko wesentlich reduziert; über die Anzahl von Fehllarmen machen Litsgård et al. (2016) keine Angaben.

Nach eigenen Angaben wird das System DTBird aktuell in 15 Windparks in acht Ländern

eingesetzt; die Fähigkeit, potenzielle Kollisionen zu erkennen, wird für alle Vogelarten zwischen 98,4 und 99,8 % angegeben (DTBird, 2015).

Vergleichsstudien von tatsächlichen Kollisionen an WEA mit und ohne DTBird sind derzeit nicht bekannt.

Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „F+“ (Einzelfallstudie, hoch).

Das VGH München (Urteil 29.03.2016 - 22 B 14.187) sah in einem Urteil aus dem Jahr 2016 in dem Einsatz von DTBird allerdings keine taugliche Maßnahme, das Tötungsrisiko zu reduzieren, da dieses nach damaliger Auffassung der Staatlichen Vogelschutzwarte im Bayerischen Landesamt noch nicht praxistauglich sei.

Im Hinblick auf mögliche Weiterentwicklungen des Systems und auf Basis der positiven Erfahrungen in oben zitierten Studien, kann die Maßnahme für die Praxis mit der Kategorie „B“ (kann eingesetzt werden) empfohlen werden. Für den konkreten Einzelfall wäre jedoch plausibel darzulegen, dass das System mit der bekannten örtlichen Raumnutzung durch kollisionsgefährdete Vogelarten arbeiten kann und die prognostizierten Abschalthäufigkeiten und –zeiten technisch realisiert werden können. Über ein Monitoring könnten dann verbliebene Unsicherheiten in Bezug auf die Wirksamkeit überprüft werden, sofern klare Optionen zur Nachbesserung formuliert würden.

39b) IdentiFlight

Über das autonome Monitoring und Erkennungssystem IdentiFlight wurde lediglich eine Literaturquelle gefunden; hierbei handelt es sich um die Vorstellung des Systems durch den Betreiber selbst (RES Group, 2015). IdentiFlight basiert auf der Vogelerkennung mit Kamerasystemen und ist in den USA vor allem für den Einsatz der Erkennung von Adlerarten konzipiert. Neutrale Studien oder Hinweise zur Wirksamkeit liegen nicht vor. Die Autoren heben die Fähigkeit hervor, verschiedene Adlerarten sicher zu identifizieren (genannt werden Weißkopfseeadler, Steinadler) und sie beispielsweise von Truthahngiern zu unterscheiden. Das System soll die Flexibilität besitzen, weitere Artspezifikationen zu ergänzen.

Die Evidenzstufe für die Hypothese wird auf Basis der ausgewerteten Quelle mit „E+“ (Expertenmeinung, mittel) bewertet.

Im Hinblick auf mögliche Weiterentwicklungen und unter der Prämisse, dass die Fähigkeit plausibel dargelegt werden kann, dass die in einem spezifischen Plangebiet zu schützenden Vogelarten von dem System sicher erkannt werden kann dessen Einsatz empfohlen werden.

Es wird daher die Empfehlungsstufe „B“ (kann eingesetzt werden) vergeben, allerdings wäre der Einsatz bis auf weiteres sicher mit einem Monitoring zu begleiten und ein sicherer Plan B zu nennen, wenn die Wirksamkeit sich nicht erweisen sollte.

3.7.7 Fazit zum Themenkomplex „Betriebsregulierung“

Es werden Betriebsregulierungen ohne und mit dem Einsatz automatisierter Monitoring- und Detektionssysteme angewendet. Dabei ist unzweifelhaft, dass eine WEA, die sich nicht oder nur sehr langsam dreht, das Kollisionsrisiko für fast alle Vogelarten senkt (s. oben). Fünf der sechs Maßnahmen werden auf der aktuellen Grundlage für den Einsatz empfohlen (Kat. A und B). Für die Genehmigungspraxis muss im Einzelfall geprüft werden, ob die konkret betroffenen und relevanten Vogelarten von den Systemen erkannt werden können

und ob ggf. zusätzliche Maßnahmen getroffen werden müssen, wie die Überwachung der Wirksamkeit über ein Monitoring und ein sicherer Plan B als Rückfallebene, wenn sich die gewünschte Wirkung nicht einstellen sollte.

Für mögliche Untersuchungskonzepte rücken weniger der Effekt der Abschaltung an sich, sondern vielmehr die zu definierenden Anforderungen und Rahmenbedingungen in den Vordergrund.

3.8 Themenkomplex VIII „Sonstige“

Unter diesen Themenkomplex fallen derzeit vier Systeme bzw. Hypothesen, welche den bisherigen sieben Themenkomplexen nicht zuzuordnen sind.

3.8.1 Hypothese 40: Der Einsatz von Wetter-Radar zur Erkennung von größeren Vogelbewegungen reduziert das Kollisionsrisiko.

Der Einsatz von Wetterradarstationen kann als Vorhersageinstrument genutzt werden, z. B. um Nächte mit erhöhter Vogelzugintensität zu identifizieren und um häufig genutzte Zugrouten zu identifizieren. Auf dieser Datengrundlage können gezielte Abschaltungen von WEA veranlasst werden. Unter anderem ist es in den USA jetzt schon möglich, aus den Daten der fest stationierten Wetterradarsysteme Massenvogelzug zu erkennen (z. B. Dokter et al., 2011; Gauthreaux et al., 2008).

Die Hypothese erhält daher die Evidenzbewertung „F+“ (Einzelfallstudien, hoch).

Um Aussagen zur Wirksamkeit einer solchen Maßnahme zu erhalten, müssen zahlreiche weitere Faktoren berücksichtigt werden wie z. B. ein Schwellenwert für „hohe Vogelzugintensität“, eine Höhenverteilung der erfassten Zugaktivitäten sowie die Frage, ob Echtzeitdaten verfügbar gemacht werden können. Ob sich das Kollisionsrisiko unter Einsatz eines solchen Vorhersageverfahrens tatsächlich reduziert, ist bisher nicht untersucht. Weiterhin ist fraglich, ob solch ein System für einzelne Windenergieplanungen realistisch nutzbar ist. Für Windparks, die innerhalb von Zugrouten liegen, kann der Einsatz sinnvoll sein. Eher ist jedoch denkbar, solche Ergebnisse zu einer Unterstützung einer großmaßstäblichen Planung zu nutzen (z. B. Liechti et al. 2013). Aktuell ist die Nutzung von Wetterradardaten zur Reduzierung von Kollisionen auf der Projektebene nicht machbar. Es wird die Empfehlung „B“ (kann eingesetzt werden) gegeben. Zwar dürfte die sehr spezifische Eignung zur Erkennung des Massenvogelzugs aus artenschutzrechtlicher Sicht in den meisten Planfällen nicht ausreichend für eine Genehmigung sein, aber es könnte in speziellen Fällen durchaus geeignet sein, wenn gerade der Vogelzug der relevante zu minimierende Risikofaktor sein sollte.

In Europa wurde für die Nutzung von Wetterradardaten zur Detektion von Vogelzug ein eigenes Projekt durchgeführt (s. www.enram.eu); das Potenzial besteht z. B. darin, Vogelzug auf der einen Seite zu modellieren und Vorhersagen zu erarbeiten, auf der anderen Seite in Echtzeit den Vogelzug zu beobachten und für möglicherweise risikoreiche Situationen (hohe Zugintensität in geringer Höhe) Warnungen herauszugeben (Shamoun-Baranes et al., 2016). Generell wird weitere Forschung in diesem Bereich für sinnvoll gehalten, da z. B. der Massenvogelzug von Kleinvögeln ein bislang noch unterschätztes Tötungsrisiko bei der Querung eines Windparks bergen könnte und dieses mit einer funktionierenden Vorhersage und Abschaltung in Hauptaktivitätsphasen sicher zu einer Reduktion der Gefahr beitragen könnte; für WEA auf See ist ggf. eine Anwendung vorgesehen.

3.8.2 Hypothese 41: Ein webbasiertes Vorhersagemodell reduziert das Kollisionsrisiko.

Dieser Ansatz wird in einer Quelle behandelt. Shamoun-Baranes et al. (2008) stellen in ihrer Studie zwei webbasierte Vorhersagemodelle zu Vogelaktivitäten und zur Erkennung von räumlich und zeitlich bestimmten Risikobereichen vor. Die Modelle basieren auf Datensammlungen aus Studien, teils auch auf Radarerfassungen. Die aufbereiteten und ausgewerteten Daten werden in Form von Konfliktkarten im Internet zur Verfügung gestellt. Die Autoren halten solche Modelle für geeignet, Kollisionen z. B. mit Flugzeugen durch bessere Kenntnisse und gezielte Vorhersagen zu reduzieren.

Die Hypothese erhält die Evidenzbewertung „E+“ (Expertenmeinung, mittel).

Modellierte Risikokarten zu Vogelaktivitäten können auch im Bereich der Regionalplanung sinnvoll sein (Liechti et al., 2013), stellen allerdings keine Vermeidungsmaßnahme dar, welche nach Errichtung von Windparks genutzt werden kann.

Für die Anwendung als direkt wirksame Vermeidungsmaßnahme beim Betrieb eines konkreten Windparks wird daher die Empfehlungsstufe „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) vergeben.

3.8.3 Hypothese 42: Abschaltung der WEA bzw. angepasstes Management bei Überschreiten einer definierten Schlagopferzahl einer Art reduziert das Kollisionsrisiko.

Dalthorp & Huso (2015) erläutern ein modellbasiertes System zur Reduzierung von Kollisionen; WEA werden dann abgeschaltet, wenn eine definierte Schlagopferzahl einer Art erreicht wird. Dieses System, erstellt in Kooperation mit dem U.S. Fish and Wildlife Service (US FWS), ist auf die artenschutzrechtlichen Bedingungen in den USA abgestimmt; es erläutert die theoretische Ableitung möglicher Schwellenwerte und die Rahmenbedingungen, unter denen diese Anwendung finden könnten. Es ist nicht bekannt, ob sich das System schon in der Anwendung befindet.

Aufgrund fehlender Praxisbezogenheit erhält diese Studie vorerst die Evidenzbewertung „E-“ (Expertenmeinung, gering).

Für eine Anwendung in Deutschland wäre ein Abgleich mit dem hier gültigen Artenschutzrecht erforderlich. Potenziell wird mit solch einem System ein „adaptive management“ beschrieben; das würde auch dazu führen, dass die Genehmigungen von WEA beinhalten, dass Abschaltungen aufgrund von Schwellenwerten verändert werden können oder dass zusätzliche Vermeidungsmaßnahmen ergriffen werden müssen; auch für diesen Aspekt müsste die rechtliche Lage geprüft werden.

Aufgrund der ungeklärten artenschutzrechtlichen Fragen und der vorgenommenen niedrigen Evidenzeinstufung wird die Empfehlung „C“ (sollte nicht eingesetzt werden) gegeben.

3.8.4 Hypothese 43: Festgelegte artspezifische Abschaltkontingente reduzieren das Kollisionsrisiko.

Diese Aussage wird in einer Quelle erwähnt. Schreiber (2016) sieht vor, ein gerade noch wirtschaftlich vertretbares Abschaltkontingent für eine Art festzulegen, welches auch in Jahren gilt, in denen die Art nicht anwesend ist. Das Abschaltkontingent kann dann auf andere anwesende und durch Kollision gefährdete Arten übertragen werden. Die Dynamik der Besiedlung von Arten in einem Gebiet wird berücksichtigt, so dass auch bei Neuauftreten ei-

ner Art nach der Genehmigung Verminderungs- und Vermeidungsmaßnahmen möglich sind. Das Abschaltssystem ist jedoch mit ggf. hohen Ertragseinbußen verbunden, selbst wenn eine Art durch die WEA nicht mehr betroffen ist. Wie unter Hypothese 42 (Kap.3.8.3) ausgeführt, würde die Anwendung dieses Systems der Vorstellung eines „adaptive management“ entsprechen. Die grundlegende Wirksamkeit von Abschaltungen ist gegeben, es stehen derzeit jedoch keine belastbaren Studien zur Verfügung, welche das Ausmaß der Wirksamkeit dieser Maßnahme, so z. B. die Senkung des Kollisionsrisikos in Abhängigkeit von der phänologischen Verteilung von Abschaltzeiten, belegen könnte.

Dementsprechend wird die Evidenz mit „E-“ (Expertenmeinung, gering) bewertet.

Für eine Umsetzung müssen Schwellenwerte vereinbart werden und es müssen Zusammenhänge zwischen der Abundanz einer Vogelart und der Kollisionshäufigkeit ermittelt werden. Für die Praxis kann die Empfehlung „B“ (kann angewandt werden) vergeben werden, bezogen auf die reine Abschaltungsmaßnahme. Einschränkend ist jedoch festzuhalten, dass der Einsatz von Abschaltkontingenten bei Schreiber (2016) immer mit der Erteilung einer artenschutzrechtlichen Ausnahme verbunden ist, was in der Praxis jedoch sehr unterschiedlich gehandhabt wird und juristisch durchaus umstritten ist. In diesem Zusammenhang erscheint daher eher die Empfehlung „C“ angemessen (sollte nicht eingesetzt werden), zumindest nicht, solange hierzu keine Rechtsprechung und/oder eine Würdigung in den Leitfäden der Bundesländer vorliegt.

3.9 Zusammenfassung der Hypothesen-Bewertung und Empfehlung von Maßnahmen

In der Tab. 6 wurden für insgesamt 43 Hypothesen in acht Maßnahmengruppen Evidenzgraduierungen in Anlehnung an die SIGN-Methode vorgenommen (Zusammenfassung siehe Tabelle Tab. 4) und es wurden für die jeweiligen Maßnahmen Empfehlungsgrade vergeben (Zusammenfassung siehe Tab. 5).

Am häufigsten werden Hypothesen durch Fallberichte bzw. Einzelfallstudien (F) gestützt, für welche allerdings, wie in Kap. 2.2.2 erläutert, eine Differenzierung in drei Stufen nicht sinnvoll ist; es wurde nur „hoch“ und „gering“ vergeben. Am zweithäufigsten liegen für Hypothesen positive Expertenmeinungen (E+/E++) vor; in vielen Fällen stimmen diese Expertenmeinungen überein, es gibt aber auch eine gewisse Anzahl widersprüchlicher Angaben (E-). Für insgesamt 6 Hypothesen konnten Fall-Kontroll-Studien (S) angegeben werden. Es waren keine Meta-Analysen (M) dabei, was schon in Kap. 2.2.2 erläutert wurde.

Tab. 4: Zusammenfassung Evidenzgrade aus Tab. 6; (Summe > 43, weil Doppelwertungen möglich waren).

Evidenzgrade	Anzahl
Anzahl M++ bis M-	0
Anzahl S++	0
Anzahl S+	6
Anzahl S-	0
Anzahl F+	18
Anzahl F-	7
Anzahl E++	4
Anzahl E+	6
Anzahl E-	7
Summe	48

Erläuterung Studientyp:

M: Metaanalysen, die Studienergebnisse systematisch ausgewertet haben

S: Fall-KontrollStudien

F: nicht analytische Einzelfallstudien

E: Expertenmeinung

Erläuterung Farbe:

Einschätzung von Kenntnisstand und Begründung einer Hypothese = Evidenzgrad

grün:	hoch
grau:	mittel
rötlich:	gering

In der Regel werden Vermeidungsmaßnahmen, für die es nur eine geringe Evidenz gibt (-), für den Einsatz nicht empfohlen (Empfehlungsgrad C), aber in einigen Fällen, wenn z. B. die Wirksamkeit einer Maßnahme „noch nicht“ belegt wurde, die Maßnahme aber „Sinn macht“, kann trotzdem eine Empfehlung ausgesprochen werden (siehe Tab. 5). Umgekehrt erhalten nicht alle Maßnahmen mit einem hohen Evidenzgrad (+) zwangsläufig eine starke Empfehlung (A). Die Herleitung ist in Kap.2.2.3 erläutert.

Für mehr als ein Drittel der denkbaren Vermeidungsmaßnahmen kann nach derzeitigem Kenntnisstand aus Gründen der Effektivität oder Praktikabilität keine Empfehlung ausgesprochen werden. Für etwa ein Fünftel der Maßnahmen kann eine starke Empfehlung (A) ausgesprochen werden. Für 20 Maßnahmen wurde eine mittlere Empfehlung („kann“) vergeben; dies liegt oftmals an Unsicherheiten bzgl. der Effektivität oder der genauen Umsetzung von Maßnahmen.

Tab. 5: Zusammenfassung Empfehlungsgrade aus Tab. 6, (Summe > 43, weil Doppelwertungen möglich waren).

Empfehlungsgrade	Anzahl
Anzahl A: Starke Empfehlung: „Soll“	8
Anzahl B: Empfehlung offen: „Kann“	20
Anzahl C: Empfehlung gegen eine Anwendung: „Soll nicht“	18

In nachfolgender Tabelle Tab. 6 ist die Bewertung der Hypothesen bezüglich Evidenz- und Empfehlungsgrad mit kurzen Begründungen im Überblick zusammengestellt.

Eine zusammenfassende Gesamtübersicht, in der für jede Hypothese die Evidenzbewertung, der Empfehlungsgrad und das Ergebnis der Priorisierung für die Erforschung der Wirksamkeit aufgeführt sind, findet sich im Anhang, Kap. A.2 in Tab. 10.

Tab. 6: Evidenzeinstufung der Hypothesen zu der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahme. Die Evidenzeinstufung erfolgt in Form einer Gesamtschau aller zugehöriger Literatur, der Empfehlungsgrad wird aus der Evidenz und weiteren Aspekten (vgl. Text) abgeleitet.

Erläuterung Evidenz: M: Meta-Analysen, S: Fall-Kontroll-Studien, F: Einzelfallstudien, E: Expertenmeinung; ++ (grün): hoch, + (grau): mittel, - (rötlich): gering

Erläuterung Empfehlung: Hier wird eine Empfehlung für den Einsatz der zur Hypothese gehörigen Vermeidungsmaßnahme in der Planungspraxis ausgesprochen. Dafür werden folgende Stufen vergeben: A (grün): „Soll“ eingesetzt werden, B (grau): „kann“ eingesetzt werden, C (rötlich): „sollte nicht“ eingesetzt werden.

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturüber- sicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Emp- fehlung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8
I - Räumli- che An- ordnung der WEA	1	Die Anordnung von WEA in Clustern reduziert das Kollisionsrisiko gegenüber der Anordnung in Reihen.	F+	Übereinstimmende Fallserien und Fallstudien, konkrete Kollisionszahlen und Raumnutzungsbeobachtungen an verschiedenen Windparks in den USA.	A	Maßnahme in Bezug auf Flugwege und auf den Grundsatz: „Kompakte Cluster statt raumgreifender Reihen“ sinnvoll. Anordnung jedoch oft von weiteren Faktoren abhängig.
	2	WEA-Attrappen am Rand von WP reduzieren das Kollisionsrisiko gegenüber WP ohne Attrappen.	E-	Einzelmeinung ohne experimentelle Evaluierung, wird in anderen Quellen nicht aufgegriffen.	C	Zu hohe Beeinträchtigung des Landschaftsbildes bei unklarem Wirkzusammenhang.
	3	Die Größe des Abstands zwischen einzelnen WEA bzw. WP wirkt sich signifikant auf das Kollisionsrisiko aus.	F+	Überwiegend einheitliche Beobachtungen in verschiedenen Gegenden (USA, EU), vermutlich art- und verhaltensspezifische (z. B. Zug, Nahrungssuche) Unterschiede.	B	Maßnahme sinnvoll, Effizienz der Risikoreduzierung unklar. Vermutlich situationsabhängig.
	4	Die Anordnung von WEA parallel zur Hauptflugrichtung senkt das Kollisionsrisiko gegenüber der Anordnung quer zur Hauptflugrichtung.	E++	Mehrere nationale und internationale Leitfäden, sowie mehrere Literaturstudien, konkrete Studien ohne Kollisionsraten.	B	Maßnahme sinnvoll, Effizienz ist aber mangels geeigneter Studien unklar. Bei geplanten WP prinzipiell umsetzbar.
	5	Die Vermeidung von Trichtereffekten führt zu einem verringerten Kollisionsrisiko.	F+	Übereinstimmende Fallserien und Fallstudien mit Bezug auf Raumnutzung und Kollisionsraten. Analoge Empfehlungen auch für andere Tiergruppen (Fledermäuse).	B	Maßnahme sinnvoll, Effizienz ist aber aufgrund des Mangels an geeigneten Studien unklar. Bei geplanten WP prinzipiell umsetzbar.
II - WEA Ei- genschaften	6	Rohrturmbauweise führt zu geringerem Kollisionsrisiko im Vergleich zur Gitterturmbauweise.	F+	Fallstudien kommen z.T. zu widersprüchlichen Ergebnissen. Jedoch überwiegend positive Einschätzung in der Literatur.	A	Maßnahme in Deutschland ohnehin gängige Praxis.

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturüber- sicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Emp- fehlung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8
	7	Mastfarbe hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko	F+/E+ +	Überwiegend Leitfäden mit übereinstimmenden Aussagen, ergänzt durch einzelne Untersuchungen und Fallstudien.	A	Grünlicher bzw. bräunlicher Anstrich in Bezug auf bestimmte Arten (Feldvögel) sinnvoll.
	8	Die Nabenhöhe beeinflusst das Kollisionsrisiko	F-	Teilwidersprüchliche Fallserien und Fallstudien, insb. zum Raumnutzungsverhalten bzgl. bestimmter Arten(-gruppen) und Kollisionszahlen.	B	Diese WEA-Eigenschaften wirken sich artspezifisch sehr unterschiedlich aus, sodass hier grundsätzliche Empfehlungen kaum möglich sind. Bei der Planung von WP und Repowering-Vorhaben sollte daher fallbezogen entschieden werden.
	9	Die Höhe des unteren Rotordurchgangs beeinflusst das Kollisionsrisiko.	F+	Verschiedene Fallstudien und Untersuchungen, insbesondere mit Hinblick auf Telemetrie und Raumnutzung; konkrete Risikobewertungen werden i. d. R. nicht vorgenommen.	B	
	10	Mit zunehmendem Rotordurchmesser steigt das Kollisionsrisiko	F+	Meist übereinstimmende Fallserien und Fallstudien, insb. zum Raumnutzungsverhalten bzgl. bestimmter Arten(-gruppen); konkrete Kollisionszahlen vorhanden.	B	
	11	Die Färbung der Rotorblätter hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko	F-	Einige Studien unter Laborbedingungen (mit ausgewählten Arten); wenige Freilandstudien mit nicht gesicherten Ergebnissen zum Kollisionsrisiko.	B	
	12	Höhere Rotorgeschwindigkeiten erhöhen das Kollisionsrisiko	F+	Übereinstimmende Fallserien und Fallstudien, konkrete Kollisions- und Raumnutzungsbeobachtungen an verschiedenen Windparks in den USA.	C	Effekt vermutlich artspezifisch sehr unterschiedlich. Empfehlungen können daher nur fallbezogen ausgesprochen werden.
III - Vermeidung von Anlo-	13	Unattraktive Gestaltung der Mastfüße für Kleinsäuger reduziert das Kollisionsrisiko	E-	Maßnahme wird in Leitfaden häufig genannt, wiederholte Expertenmeinung, Wirksamkeit naheliegend.	B	Auch wenn Mastfüße aktuell zumeist als unattraktive Betonfläche gebaut werden, gilt die Empfehlung weiterhin.

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturüber- sicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Emp- fehlung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8
ckung	14	Die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Windpark beeinflusst das Kollisionsrisiko	S+ bis E+	Zahlreiche Einzelhypothesen/-maßnahmen, deren Wirksamkeit fallbezogen ermittelt wurde; gute Fall-Kontroll-Studien, Fallstudien und zahlreiche, häufig übereinstimmende Expertenmeinungen Ausmaß der Lenkungswirkung und der Senkung des Kollisionsrisikos wurde bisher kaum quantifiziert.	A	Eine abgestimmte Bewirtschaftung innerhalb eines Windparks ist empfehlenswert.
	15	Vermeidung von Misthaufen bzw. organische Düngung im WP reduziert das Kollisionsrisiko	F-	Wirksamkeit der Maßnahme ist wahrscheinlich, wenn auch hier nur am Einzelfall beobachtet.	B	Wirksamkeit für Misthaufen wahrscheinlich; Verbot org. Düngung unrealistisch.
	16	Bekämpfung/ Regulierung von Kleinsäugetern im WP verringert das Kollisionsrisiko.	F-	Keine Belege in Fallstudien; allerdings häufige Expertenmeinung in Nordamerika.	C	Unerwünschte Nebenwirkungen sind sehr wahrscheinlich.
	17	Verzicht auf kalbende/lammende Muttertiere im WP bzw. Beseitigung von Kadavern (Wild- und Nutztiere) im WP verringern das Kollisionsrisiko.	E++	Evidenz naheliegend, da Aas Groß- und Greifvögel anzieht; relevant wahrscheinlich nur in den USA und ggf. Südeuropa.	B / C	In Deutschland bzgl. kalbende/lammende Tiere ggf. relevant (B), bzgl. Kadavern nicht relevant (C).
	18	Vermeidung von Steinhaufen im WP reduziert das Kollisionsrisiko	E+	Strukturvielfalt lockt Beute und in der Folge Greifvögel an. Maßnahme wird häufig für amerikanische Halbwüsten genannt, aber nur zwei Quellen.	B	Maßnahme kann angewendet werden, dehnt auch auf kleinräumige Strukturen / Biotope.
	19	Betretungsverbote vermeidet Auffliegen und verringert das Kollisionsrisiko.	E+	Evidenz naheliegend.	C	Landwirtschaftliche Nutzflächen sind privat und werden kaum begangen. Möglichkeit und Effizienz von Kontrollen sind fraglich.
	20	Die Vermeidung von WEA-Kennzeichnung – hier Beleuchtung – im Windpark verringert das Kollisionsrisiko.	S+	Wirkung der Maßnahme in Einzelfällen nachgewiesen und plausibel.	B	Vor allem im Rahmen bedarfsgesteuerter Nachtkennzeichnung empfehlenswert; derzeit noch sehr teuer.

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturüber- sicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Emp- fehlung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8
IV - Weg- lockung	21	Die Schaffung von Nahrungs- und Bruthabitaten außerhalb von Windparks senkt das Kollisionsrisiko.	S+ bis E+	Zahlreiche Einzelhypothesen/ - maßnahmen, deren Wirksamkeit fallbe- zogen ermittelt wurde; Fall-Kontroll- Studien, Fallstudien und zahlreiche übereinstimmende Expertenmeinungen. Ausmaß der Lenkungswirkung und der Senkung des Kollisionsrisikos wurde bisher kaum quantifiziert.	A	Eine abgestimmte Bewirtschaftung inner- halb eines Windparks ist empfehlenswert
	22	Artgenossen-Attrappen locken Vögel auf unge- fährdete Flächen und senken das Kollisionsrisiko.	E+	Einzelne Expertenmeinung mit fraglicher Wirksamkeit. In der Studie für Mee- resenten im Offshore Bereich unter- sucht.	C	Übertragbarkeit auf z. B. Rastvögel er- scheint möglich. Geeignete Flächen lo- cken eigenständig ohne die Notwendigkeit von Artgenossen-Attrappen.
V - Akusti- sche Ver- grämungs- maßnah- men	23	Einsatz von bio-akustischen Warnrufen effektiver als künstliche Knallgeräusche oder Ultraschall, um Kollisionsrisiko zu reduzieren	F+	In mehreren Fallstudien an unterschied- lichen Arten Wirksamkeit beobachtet, jedoch auch Hinweise, dass möglicher- weise nicht für jede Art geeignet	B	Wirksamkeit ist noch abschließend ge- klärt, aber sofern ein arterkennendes System (z. B. IdentiFlight, DTBird) ver- knüpft ist, spricht nichts gegen eine An- wendung. In größeren Windparks sollte der Einsatz auf die Randbereiche be- schränkt bleiben, um einen „Ping-Pong“- Effekt zu vermeiden. Allerdings nicht für alle Arten geeignet.
	24	Lautere Rotorblättergeräusche reduzieren Kollisi- onsrisiko	F-	Nur Theorie auf Grundlage des ermittel- ten Hörvermögens von Vögeln und Geräuschemissionen von WEAs, eigent- liche Hypothese wurde nicht überprüft	C	Wirksamkeit sowie Gewöhnungseffekte unklar, hohes Störungspotenzial und damit Akzeptanzproblem in der Bevölke- rung
	25	Einsatz von wechselnden Geräuschen und unter- schiedlichen Anwendungsmustern reduzieren Kollisionsrisiko	F+	In einigen Fallstudien positive Effekte beobachtet, Reduzierung des Gewöh- nungseffekts	B	Wirksamkeit nicht abschließend geklärt (insb. langfristige Gewöhnung), aber wenn arterkennendes System (z. B. Iden- tiFlight, DTBird) verknüpft ist, spricht nichts gegen eine Anwendung. In größe- ren Windparks Einsatz auf Randbereiche beschränken, um einen „Ping-Pong“- Effekt zu vermeiden.

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturüber- sicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Emp- fehlung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8
	26	Fallbezogene akustische Reize sind geeignet Vögel auf visuelle Hindernisse aufmerksamer zu machen und Kollisionen an WEAs zu reduzieren	S+	Systematische Fall-Kontroll-Studie in Laborversuch an Zebrafinken und einige Freilandstudien unterstützen die Hypothese	B	Gewöhnungseffekt unklar, Bei Dauereinsatz hohes Störungspotenzial, aber sofern ein arterkennendes System (z. B. Identiflight, DTBird) verknüpft ist, spricht nichts gegen eine Anwendung.
	27	Durchgehende Geräuschkulisse zwischen 2 - 10 Hz reduziert Kollisionsrisiko	S+	Studie auf Flugplatz belegt hohe Wirksamkeit	C	Insbesondere in großen Windparks durchgehende Geräuschkulisse nicht auf kleinen Bereich begrenzt, Störung anderer Tierarten ebenfalls zu erwarten, hohe Lärmbeeinträchtigung der Bevölkerung.
VI – Ver- grämung visuell	28	UV-Licht reduziert Kollisionsrisiko	F-	Unterschiedliche Ergebnisse in Fallbeispielen beobachtet	C	Tatsächliche Vergrämungswirkung v. a. bei Greifvögeln zweifelhaft, unterschiedliche Wirkung bei unterschiedlichen Vogelarten
	29	stroboskopische / pulsierende / drehende Beleuchtung reduziert Kollisionsrisiko	E-	Einzelne Expertenmeinung, wird für potenziell wirksam eingeschätzt, insbesondere bei gezieltem Einsatz (z. B. Radar, DTBird), Systematische Untersuchungen fehlen aber	C	Vergrämungswirkung bislang kaum untersucht, führt möglicherweise ggf. Irritationen/ Desorientierung von Vögeln, hohes Störpotenzial
	30	Abspannseile mit bird flight diverters (bfd) an WEAs reduzieren Kollisionsrisiko	F-	Unterschiedliche Ergebnisse in verschiedenen Fallstudien.	C	Wirksamkeit sowie geeignete Konstruktionen unbekannt, Abspannseile selbst können ebenfalls zu Kollisionen führen
	31	Einsatz von Lasern reduziert Kollisionsrisiko	S+	Mehrere Studien zeigen positive Effekte	C	Störungen der Bevölkerung, Verkehr und andere Tieren möglich, Verletzungen an Vögeln durch Einsatz von Lasern beobachtet
	32	Einsatz von UV-Lasern reduziert Kollisionsrisiko	E-	Einzelne Expertenmeinung, jedoch ohne Aussage zur Wirksamkeit, noch nicht getestet	C	Bislang nur spekulative Überlegung, Wirksamkeit unklar, Gefahren nicht abschätzbar

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturüber- sicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Emp- fehlung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8
	33	Elektromagnetische Strahlung reduziert Kollisionsrisiko	E-	Wirksamkeit bislang unbekannt, Einzelne Expertenmeinungen, wird aktuell untersucht.	C	Nach Expertenmeinung müsste Strahlung so hoch sein, dass gesundheitliche Risiken für Tier und Mensch entstehen.
VII - Betriebsregulierung	34	Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen (Mahd, Ernte,...) reduziert Kollisionsrisiko	F+	Mehrere Fallstudien bestätigen Zusammenhang zwischen Mahdereignis und erhöhter Nutzung der Flächen von Greifvögeln (z. B. Rotmilan, Wiesenweihe), bereits in verschiedenen Leitfäden aufgegriffen und als Vermeidungsmaßnahme empfohlen	A	Etablierte Maßnahme, viele Hinweise auf Wirksamkeit
	35	Gezieltes Abschalten einzelner WEAs in windpark-spezifischen Gefahrensituationen als adaptives Management (Annäherung Zielarten, bestimmte Witterungsbedingungen, z. B. Thermik etc.) bzw. -bereichen reduziert das Kollisionsrisiko	S+	Mehrere Studien belegen Wirksamkeit	A	Einsatz aufgrund gut belegter Wirksamkeit sinnvoll, jedoch hoher Aufwand bei Ermittlung des situationsabhängigen Gefahrenpotenzials
	36	Betriebsregulierung zu Zeiten hoher Abundanz/ Aktivität (z. B. Zugzeiten etc.) reduziert das Kollisionsrisiko	F+	Von mehreren Experten als wirksam eingestuft, wird bereits in der Praxis umgesetzt und in Leitfäden empfohlen.	A	Einsatz sinnvoll, sofern artspezifische Schwellenwerte bzw. Verhaltensweisen, die Kollisionsgefahr erhöhen (Balzflüge, witterungsabhängige Flughöhe etc.) bekannt sind.
	37	Automatisches GPS "geofence" Warnsystem ist geeignet Kollisionsrisiko zu senken	F+	Aktuell erfolgreich an Kondoren im Einsatz	C	Durchführung scheint nur bei seltenen und sehr standorttreuen Arten (z. B. Adler) sinnvoll. Hoher Aufwand, da alle Tiere, die den Bereich der WEA durchqueren, besendert werden müssen mit der Unsicherheit nicht alle betroffenen Individuen zu erfassen. Zum Schutz einzelner Arten und Individuen in bestimmten Situationen sinnvoll.

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturüber- sicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Emp- fehlung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8
	38	Radarbasierte Betriebsregulierung reduziert Kollisionsrisiko	F+	Bereits erfolgreich in Spanien eingesetzt, mehrere Experten sehen in Radar hohes Potenzial	B	Technik weist zwar noch Defizite auf, ist jedoch in stetiger Weiterentwicklung, bei ausgereifter Technik und funktionierender Arterkennung Einsatz erfolgsversprechend
	39	39a) Einsatz von DTBird reduziert Kollisionsrisiko	F+	Positive Beobachtungen in den Einsatzgebieten, jedoch noch hohe Anzahl an Falschmeldungen	B	Aufgrund von positiven Erfahrungen Einsatz zu empfehlen, weitere Validierung und Weiterentwicklung erforderlich
		39b) Einsatz von IdentiFlight reduziert Kollisionsrisiko	E+	Nach einzelnen Expertenmeinung als wirksame Technik zur Vermeidung von Kollisionen empfohlen	B	Informationen zur Trefferquote/ Fehlerquote kaum bekannt, Erfahrungen aus der Praxis nicht verfügbar, Technik aber möglicherweise geeignet, bedarf Validierung
VIII - Sonstige	40	Einsatz von Weterradar zur Erkennung von größerer Vogelbewegungen reduziert Kollisionsrisiko	F+	In Amerika bereits erfolgreich zur Erkennung von erhöhter Zugaktivität eingesetzt, in Europa in der Entwicklung.	B	Für Windparks in Zugrouten sinnvoll, für Vogelzugprognosen in der Entwicklung. Technik in Europa noch nicht ausgereift.
	41	Webbasiertes Vorhersagemodell reduziert Kollisionsrisiko	E+	Technische Funktion mit Erfolgen erprobt, jedoch keine tatsächliche Studie inwiefern sich Kollisionen verringern, Experten sehen jedoch Potenzial	C	Für bestehende Windparks keine direkte Vermeidungsmaßnahme, jedoch möglicherweise geeignetes Tool zur großräumigen Planung.
	42	Abschaltung der WEA bzw. angepasstes Management bei Überschreiten einer definierten Schlagopferzahl einer Art reduziert Kollisionsrisiko	E-	Theoretisch ermittelter Ansatz zur Kollisionsminderung (Modell) unter Einsatz von adaptivem Management	C	Mit individuenbezogenem Tötungsverbot nicht vereinbar.
	43	Festgelegte artspezifische Abschaltkontingente reduzieren das Kollisionsrisiko	E-	Einzelne Expertenmeinung, jedoch ohne Angaben zu tatsächlich nötigen Abschaltbedarf für einzelne Vogelarten	B/C	Vorteile für kollisionsgefährdete Arten überwiegen Nachteile, Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Einsatz sind jedoch gute Kenntnisse über zielführende Schwellenwerte für einzelne Vogelarten

4 Auswahl von für ein Untersuchungskonzept geeignete Vermeidungsmaßnahmen

4.1 Priorisierung (Zwischenstand) anhand des Expertenworkshops 31. Mai 2017

Ein Zwischenstand der Ergebnisse zur Bewertung der Vermeidungsmaßnahmen wurde im Mai 2017 im Rahmen eines Expertenworkshops zur Diskussion gestellt. Die anwesenden Expertinnen und Experten wurden um ein Votum gebeten, für welche Maßnahmen weitere Forschung im Hinblick auf deren Wirksamkeit lohnenswert erscheint.

Das Ergebnis des auf dem Workshop durchgeführten Expertenvotums mit einem Rücklauf von 17 Fragebögen ist in Tab. 7 aufgeführt.

Tab. 7: Priorisierung der Maßnahmen für die Entwicklung eines Forschungskonzepts; Ergebnis des Expertenworkshops am 31. Mai 2017 im BfN Leipzig; es wurde die Frage gestellt, ob die Wirksamkeit einer Maßnahme weiter untersucht werden soll, die Antwort konnte von 1 bis 3 gewichtet werden.

Maßnahmenkomplex	„Soll untersucht werden“ Häufigkeit / Gewichtung
1. Betriebsregulierung mit festen Abschaltungen bei Mahd, Ernte, v. a. im Hinblick auf erforderliche räumliche und zeitliche Dimensionen	13 / 30
2. Betriebsregulierungen mit automatischen Systemen zur Art-Erkennung, ggf. in Kombination mit WEA-Eigenschaften wie z. B. Drosselung Rotorgeschwindigkeit	12 / 26
3. Lenkungsmaßnahmen mit attraktiver Flächenbewirtschaftung, weil es nicht allein der Vermeidung des Tötungsverbots, sondern auch der Förderung der Populationen dient.	12 / 24
4. Vermeidung Anlockung (inkl. Mastfußgestaltung)	11 / 24
5. WEA-Eigenschaften	8 / 11

Die höchste Priorität hinsichtlich des bestehenden Forschungsbedarfs wird somit bei den Themen „Betriebsregulierungen (1 und 2)“ und „Lenkungsmaßnahmen (3)“ gesehen. Hinsichtlich der „Betriebsregulierung“ lassen sich zwei Fälle unterscheiden:

- Abhängigkeit von bestimmten landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsereignissen: Abschaltung von WEA in einem bestimmtem Umkreis um das bewirtschaftete Flurstück für eine bestimmte Dauer
- Abhängigkeit von der tatsächlichen Flugaktivität bestimmter Vogelarten: Abschaltung von WEA durch automatische Systeme mit der Fähigkeit zur Arterkennung

4.2 Priorisierung anhand der ausgewerteten Literatur

Wie in den Kapitel 2.2.3 und 3.9 ausgeführt, wurden Vermeidungsmaßnahmen mit einem Empfehlungsgrad von „A“ oder „B“ dahingehend priorisiert, ob ein Untersuchungsbedarf besteht, deren Wirksamkeit durch entsprechende Feldstudien zu ermitteln bzw. stärker fachlich zu unterlegen. Es wurde nach vier Kriterien gewichtet (Tab. 3). Die Ergebnisse sind in Tab. 8 gelistet und wurden im Folgenden ausgewertet.

Es wurden 27 von insgesamt 43 Vermeidungsmaßnahmen in die Auswahl für Untersuchungskonzepte aufgenommen (alle Maßnahmen mit Empfehlungsgrad A oder B). Innerhalb der möglichen Spanne von 4 Minuspunkten bis 8 Pluspunkten anhand der zuvor beschriebenen Kriterien (siehe Kapitel 2.2.3) erreichten die priorisierten Maßnahmen maximal sechs Pluspunkte (Abb. 1). Dabei wird für vergleichsweise viele Vermeidungsmaßnahmen eine geringe Priorität (2- bis 2+) für die Untersuchungswürdigkeit vergeben. Verhältnismäßig niedrige Bewertungen erhielten insbesondere Maßnahmen, welche die räumliche Anordnung und WEA-Eigenschaften betreffen. Grund ist hierfür überwiegend, dass die Prüfung der Wirksamkeit nur mit erheblichem Aufwand und sehr hohen finanziellen Mitteln durchführbar wäre.

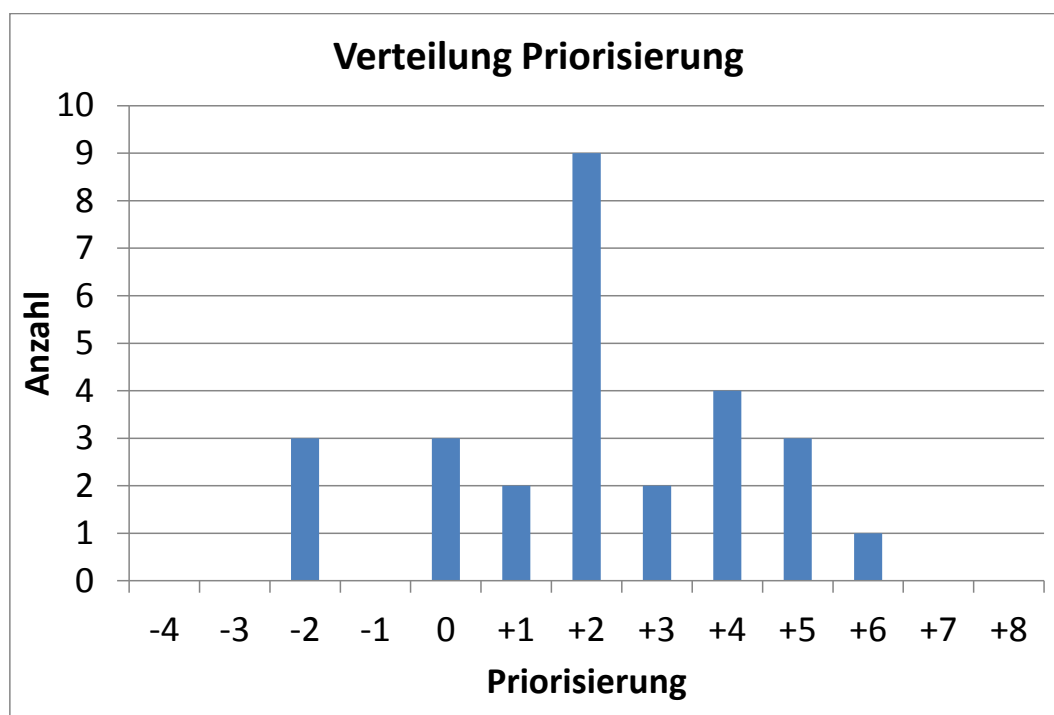


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Priorisierung für weitere Untersuchungen zur Wirksamkeit

Es wird darauf hingewiesen, dass hohe Punktzahlen auch durch eine „nicht belegte Wirksamkeit“, „Details der Umsetzung unklar“ und durch „Maßnahme im Projektfall umsetzbar“ vergeben wurden. Insofern ersetzt diese zunächst formale Priorisierung noch nicht die abschließend durchgeführte verbal-argumentative Auswahl.

Moderate Bewertungen erhielten Maßnahmen, die verschiedene Vergrämungsmaßnahmen beinhalten sowie die Betriebsregulierung von WEA.

Die höchsten Bewertungen erhielt die Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen oder zu bestimmten Zeiten sowie der Einsatz automatischer Erkennungssysteme in Kombination mit Betriebsregulierungen von WEA, und zwar:

- 6 Punkte - 34) Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen
- 5 Punkte - 36) Betriebsregulierung zu Zeiten hoher Abundanz/ Aktivität
39a+b) Einsatz technischer System wie z. B. DTBird oder IdentiFlight
- 4 Punkte - 14) Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Windpark beeinflusst

das Kollisionsrisiko

21) Schaffung bzw. Erhalt geeigneter Nahrungs- oder Brutgebiete außerhalb WP

26) Akustische Reize zur Erhöhung der Aufmerksamkeit

38) Radarbasierte Betriebsregulierung

Im Ergebnis zeigt sich eine hohe Übereinstimmung mit dem Expertenvotum aus dem Workshop vom Mai 2017. Das Thema Betriebsregulierung wurde in beiden Auswahlverfahren als besonders untersuchungswürdig erachtet, sowohl im Hinblick auf bestimmte landwirtschaftliche Bewirtschaftungsereignisse als auch hinsichtlich des Einsatzes von technischen Systemen zu frühzeitigen Detektion kollisionsgefährdeter Arten mit anschließender bedarfsgerechter Abschaltung. Auch das Thema der Lenkungsmaßnahmen mit Schaffung attraktiver Nahrungsgebiete abseits von Windparks wurde in beiden Verfahren stark priorisiert.

Auf dieser Grundlage wurde im folgenden Kapitel ein Untersuchungskonzept für die Wirksamkeit der Maßnahme „Betriebsregulierung (Abschaltung) bei bestimmten landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsereignissen“ erarbeitet. Weiterhin wurde eine – weniger ausdifferenzierte – Projektskizze zur Untersuchung der Lenkungswirkung von attraktiven Nahrungsflächen vorgelegt. Die Rahmenbedingungen für eine Untersuchung der Eignung von technischen Systemen für eine bedarfsgerechte temporäre Abschaltung wurden ebenfalls betrachtet.

Die hier getroffene Auswahl erfolgte unter der Prämisse, zum einen nur ein Untersuchungskonzept für die Untersuchung der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen auszuarbeiten und zum anderen vor dem Hintergrund, in welcher Weise begrenzte Forschungsmittel sinnvoll und erfolgversprechend und damit vorrangig eingesetzt werden könnten. Eine Reihe weiterer Maßnahmen lohnen daher durchaus der weiteren Forschung, wie auch aus der anschließenden Tab. 8 erkenntlich ist.

Eine zusammenfassende Gesamtübersicht, in der für jede Hypothese die Evidenzbewertung, der Empfehlungsgrad und das Ergebnis der Priorisierung für die Erforschung der Wirksamkeit aufgeführt sind, findet sich im Anhang, Kap. A.2 in Tab. 10.

Tab. 8: Priorisierung der Maßnahmen für die Entwicklung eines Forschungskonzepts; - nicht zutreffend, + zutreffend, ++ sehr zutreffend (s. Tab. 6).

Vermeidungsmaßnahme	Kriterium				Gesamtsambewertung
	Wirksamkeit noch nicht ausreichend belegt	Details der Umsetzung sind noch unklar	Nachweis der Wirksamkeit über absehbaren Projektzeitraum mit vertretbaren Mitteln erfolgsversprechend	Maßnahme im Projektfall umsetzbar	
I Räumliche Anordnung					
1) Anordnung von WEA in Clustern	- Tendenz positiver Wirkung durch Fallstudien dargelegt	+ „Notwendige“ Anordnung unklar	-WP-Neuanordnung nicht mit vertretbaren Mitteln möglich, zeitlicher Ablauf bei Repowering-Vorhaben kaum kalkulierbar, Änderung weiterer WEA/WP-Eigenschaften beim Repowering erschwert Nachweis der Wirksamkeit	- Spielraum für verschiedene Anordnungsvarianten in Deutschland i. d. R. gering	2-
3) Einhaltung großer/ ausreichender Abstände zwischen WEA bzw. Windparks	+ Keine konkreten Untersuchungen	++ Notwendige Abstände unklar		- Spielraum für verschiedene Anordnungsvarianten in Deutschland i. d. R. gering	1+
4) Anordnung der WEA parallel zur Hauptflugrichtung	+ Derzeit lediglich Abschätzung der Wirksamkeit aus Raumnutzungsbeobachtungen	+ „Notwendige“ Anordnung im Detail unklar		- Spielraum für verschiedene Anordnungsvarianten in Deutschland i. d. R. gering	0
5) Vermeidung von Trichtereffekten	+ Für Vögel Ergebnisse nicht gesichert geklärt	+ Vermeidung der Platzierung von WEA auf bzw. am Ende von Leitlinien, aber beispielsweise genaue Abstände unklar		- Spielraum für verschiedene Anordnungsvarianten in Deutschland i. d. R. gering	0
II WEA Eigenschaften					

Vermeidungsmaßnahme	Kriterium				Gesamt-sambewertung
	Wirksamkeit noch nicht ausreichend belegt	Details der Umsetzung sind noch unklar	Nachweis der Wirksamkeit über absehbaren Projektzeitraum mit vertretbaren Mitteln erfolgversprechend	Maßnahme im Projektfall umsetzbar	
6) Rohrturm- statt Gitterturm-Bauweise	+ Positive Wirkung wird vermutet, aber nicht nachgewiesen	+ Ersetzen von Gittertürmen durch Rohrtürme, Details zu relevanten weiteren WEA- oder Standort-Eigenschaften unklar	- Änderung der WEA-Bauweise mit vertretbaren Mitteln nicht möglich, zeitlicher Ablauf bei Repowering-Vorhaben kaum kalkulierbar, Änderung weiterer WEA/WP-Eigenschaften beim Repowering erschwert Nachweis der Wirksamkeit	+ Für Neuplanungen in Deutschland ohnehin gängige Praxis	2+
7) Färbung des Mastes	+ Nur für einige Feldvogelarten geklärt	+ Erfolgversprechende Anstrichmethoden bereits in der Praxis angewandt, aber unklar, ob es sich dabei um die effektivste Anstrichmethode handelt und ob es Alternativen gibt	- Vorher-Nachher-Versuch theoretisch umsetzbar, verhältnismäßig hohe Kosten	+ Keine Ertragseinbußen, z.T. bereits in der Praxis angewandt, erhöhte Produktionskosten	2+
8) Anpassung der Nabenhöhe	+ Stark artabhängig, insgesamt noch nicht gesichert geklärt	+ Details zu konkreten Höhen bislang unklar	- zeitlicher Ablauf bei Repowering-Vorhaben kaum kalkulierbar, Änderung weiterer WEA/WP-Eigenschaften beim Repowering erschwert Nachweis der Wirksamkeit	+ Anpassung ggf. mit Ertragseinbußen verbunden, abhängig von der Situation	2+
9) Anpassung der Höhe des unteren Rotordurchgangs	+ Stark artabhängig, insgesamt noch nicht gesichert geklärt	+ Details zu konkreten Höhen bislang unklar	- zeitlicher Ablauf bei Repowering-Vorhaben kaum kalkulierbar, Änderung weiterer WEA/WP-Eigenschaften beim Repowering erschwert Nachweis der Wirksamkeit	+ Anpassung ggf. mit Ertragseinbußen verbunden, abhängig von der Situation	2+

Vermeidungsmaßnahme	Kriterium				Gesamt-samtbewertung
	Wirksamkeit noch nicht ausreichend belegt	Details der Umsetzung sind noch unklar	Nachweis der Wirksamkeit über absehbaren Projektzeitraum mit vertretbaren Mitteln erfolgversprechend	Maßnahme im Projektfall umsetzbar	
10) Anpassung des Rotordurchmessers	+ Stark artabhängig, insgesamt noch nicht gesichert geklärt	+ Details zu konkreten Größen bislang unklar	- zeitlicher Ablauf bei Repowering-Vorhaben kaum kalkulierbar, Änderung weiterer WEA/WP-Eigenschaften beim Repowering erschwert Nachweis der Wirksamkeit	+ Anpassung ggf. mit Ertragseinbußen verbunden, abhängig von der Situation	2+
11) Färbung der Rotorblätter	+ Aussagen widersprüchlich, wenige Untersuchungen im Freiland	+ Welche Markierungen im Freiland die beste Wirkung erzielen, ist unklar	- hohe Kosten, schwierig kalkulierbarer Personen- und Zeitaufwand	+ Keine nennenswerten Ertragseinbußen, einmalige Färbung der Rotorblätter nötig	2+
III Vermeidung von Anlockung					
13) Unattraktive Gestaltung der Mastfüße für Kleinsäuger	- gleichlautende nachvollziehbare Expertenmeinung	- Umsetzung ist klar	++ Mittelleinsatz aufgrund geringer Flächenausdehnung überschaubar	+ geringer Aufwand, keine Ertragseinbuße, Maßnahme auch an bereits errichteten WEA nachträglich durchführbar	1+
14) Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Windpark beeinflusst das Kollisionsrisiko. (Spezifische Maßnahmen zusammengefasst)	+ Artspezifische Wirksamkeit nicht hinreichend belegt	+ Umsetzung ist hinsichtlich des Flächenbedarfes und der zeitlichen Wirkung unklar	+ Mittelleinsatz betrifft insbesondere die Lenkung landwirtschaftlicher Maßnahmen, zzgl. eines mittleren bis hohen Organisationsaufwands	+ Zusätzliche Kosten in der Regel gering bis mittel	4+

Vermeidungsmaßnahme	Kriterium				Gesamt-sambewertung
	Wirksamkeit noch nicht ausreichend belegt	Details der Umsetzung sind noch unklar	Nachweis der Wirksamkeit über absehbaren Projektzeitraum mit vertretbaren Mitteln erfolgversprechend	Maßnahme im Projektfall umsetzbar	
15) Vermeidung von Dunghaufen / organischer Düngung im WP	+ Wirksamkeit bisher nicht belegt	- Details der Umsetzung sind klar	- Geringe Wirksamkeit dieser kleinräumigen Maßnahme, schwer von anderen Effekten zu trennen	+ Ertragseinbußen gering	0
17) Verzicht auf kalbende / lammende Muttertiere im WP	Wirksamkeit plausibel, wenn auch gering	- Details der Umsetzung sind klar	- Geringe Wirksamkeit kleinräumiger und zeitlich begrenzter Maßnahme, schwer von anderen Effekten zu trennen	+ Ertragseinbußen gering	2-
18) Vermeidung von Steinhäufen im WP	- Wirksamkeit plausibel, wenn auch gering	- Details der Umsetzung sind klar	- Geringe Wirksamkeit kleinräumiger Maßnahme, schwer von anderen Effekten zu trennen	+ Ertragseinbußen gering	2-
20) Vermeidung von Beleuchtung	- Wirksamkeit plausibel, wenn auch gering	- Details der Umsetzung sind klar	- Geringe Wirksamkeit, schwer von anderen Effekten zu trennen	+ Ertragseinbußen mittel	2-
IV Weglockung					
21) Schaffung bzw. Erhalt geeigneter Nahrungs- oder Brutgebiete außerhalb WP	+ Artspezifische Wirksamkeit nur zum Teil belegt	+ Umsetzung ist hinsichtlich des Flächenbedarfes und der zeitlichen Wirkung unklar	+ Mittelleinsatz betrifft insbesondere die Lenkung landwirtschaftlicher Maßnahmen, zzgl. eines mittleren bis hohen Organisationsaufwands	+ Zusätzliche Kosten in der Regel gering bis mittel	4+
V Akustische Vergrämungsmaßnahmen					

Vermeidungsmaßnahme	Kriterium				Gesamtsambewertung
	Wirksamkeit noch nicht ausreichend belegt	Details der Umsetzung sind noch unklar	Nachweis der Wirksamkeit über absehbaren Projektzeitraum mit vertretbaren Mitteln erfolgversprechend	Maßnahme im Projektfall umsetzbar	
23) Einsatz von bioakustischen Warnrufen	+ Ggf. nur für bestimmte Artengruppen geeignet, Gewöhnungseffekte unklar	- Gezielter Einsatz wenn Vogel im Umfeld, jedoch genauere Technik muss noch geklärt werden	+ Wirkungsnachweise möglich, Berücksichtigung von Gewöhnungseffekten schwierig	+ Keine Ertragseinbußen, Kosten lediglich für technisches Gerät und Wartung; Rahmenbedingungen unklar	2+
25) Einsatz von unterschiedlichen Geräuschen	+ Einige Belege, offene Fragen zu Gewöhnung und Artspezifität	- Gezielter Einsatz wenn Vogel im Umfeld, jedoch genauere Technik muss noch geklärt werden	++ Windpark nicht unbedingt erforderlich, Versuchsreihen an unterschiedlichen Arten möglich	+ Keine Ertragseinbußen, Kosten lediglich für technisches Gerät und Wartung; Rahmenbedingungen unklar	3+
26) Akustische Reize zur Erhöhung der Aufmerksamkeit	+ Nur Laborergebnisse (Zebrafinken)	+ Gezielter Einsatz bei Anwesenheit von Vögeln im Nahbereich der WEA denkbar (z. B. Einsatz technischer Erkennungssysteme, Beobachter). Unklar, welche Geräusche für welche Arten geeignet sind	- Windpark erforderlich, Versuchsreihen an unterschiedlichen Arten möglich, Wirksamkeit kaum zu prüfen, da Kollisionsereignisse generell selten sind.	+ Keine Ertragseinbußen, Kosten lediglich für technisches Gerät und Wartung; Rahmenbedingungen unklar	2+
VI Visuelle Vergrämung – es wurde keine Maßnahme mit A oder B empfohlen					
VII Betriebsregulierung					
34) Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen	+ Zahlreiche Hinweise / Belege durch Fallstudien, artspezifische Unterschiede noch unklar	+ Dauer der Abschaltung nach Bewirtschaftungsereignis, räumliche Abgrenzung, artspezifische Unterschiede etc. noch unklar	++ Untersuchung bedarf einer hohen Anzahl von Flugaktivitäts-Daten für verschiedene landschaftliche Konstellationen, Wirksamkeit kann jedoch aus der Veränderung der Raumnutzung der Tiere abgeleitet werden. Aufgrund der kurzfristig möglichen Veränderungen, sind andere Faktoren i. d. R. auszuschließen	++ Maßnahme ist in vielen Bundesländern etabliert	6+

Vermeidungsmaßnahme	Kriterium				Gesamt-samtbewertung
	Wirksamkeit noch nicht ausreichend belegt	Details der Umsetzung sind noch unklar	Nachweis der Wirksamkeit über absehbaren Projektzeitraum mit vertretbaren Mitteln erfolgversprechend	Maßnahme im Projektfall umsetzbar	
35) Abschaltung einzelner WEAs in pot. Gefahrensituationen bzw. -bereichen	- Wirksamkeit belegt	+	+	+	2+
		Setzt gute Kenntnisse über Raumnutzung und Verhalten der Art voraus, hier noch Kenntnislücken	Hoher personeller Aufwand und/ oder Einsatz technischer Geräte erforderlich; Nachweis der Wirksamkeit ist in absehbarem Zeitraum nachzuweisen.	Ertragseinbußen schwer vorhersagbar	
36) Betriebsregulierung zu Zeiten hoher Abundanz/ Aktivität	+	++	+	+	5+
	Nach Expertenmeinung wirksam, wenige konkrete Belege	Unklar sind artspezifische Schwellenwerte, Dauer der Abschaltung, Relevanz von weiteren Einflussfaktoren (z. B. zum Flugverhalten in bestimmten Jahreszeiten, Witterungen etc.)	Für einzelne Zielarten voraussichtlich leistbar, jedoch kaum für das gesamte Spektrum kollisionsgefährdeter Arten	Ertragseinbußen schwer vorhersagbar, kann artspezifisch variieren	
38) Radarbasierte Betriebsregulierung	+	+	+	+	4+
	Für Vogelzug und ggf. Rastvogelzug belegt; für einzelne Vögel noch nicht eingesetzt	Arterkennung derzeit nicht möglich, Dauer von Abschaltungen unklar	Die radarbasierte Erkennung einer Annäherung von Vögeln kann optisch überprüft werden, so dass eine Wirksamkeitskontrolle generell erfolgversprechend ist	Bei automatisierter Abschaltung lediglich Anschaffungs- und Wartungskosten, Ertragseinbußen schwer kalkulierbar	
39a) Einsatz DTBird	+	+	+	++	5+
	Technische Funktion erprobt, einige Studien belegen Wirksamkeit, jedoch teils hohe Fehlerquote	Ab welcher räumlichen Nähe Abschaltung oder Einsatz Vergrämungsmaßnahmen, Dauer der Abschaltung	Annäherung von Vögeln kann optisch überprüft werden, so dass eine Wirksamkeitskontrolle generell erfolgversprechend ist. Erfordert zum einen sichere Arterkennung, dann Klärung der Rahmenbedingungen	Anschaffungs- und Wartungskosten der Geräte, Ertragseinbußen sollten bei gut funktionierender Technik nicht allzu hoch sein	

Vermeidungsmaßnahme	Kriterium				Gesamtsambewertung
	Wirksamkeit noch nicht ausreichend belegt	Details der Umsetzung sind noch unklar	Nachweis der Wirksamkeit über absehbaren Projektzeitraum mit vertretbaren Mitteln erfolgversprechend	Maßnahme im Projektfall umsetzbar	
39b) Einsatz Identiflight	+ Keine Kenntnisse aus Einsatz in der Praxis, bedarf Validierung	+ Ab welcher räumlichen Nähe Abschaltung oder Einsatz Vergrämungsmaßnahmen, Dauer der Abschaltung	+ Annäherung von Vögeln kann optisch überprüft werden, so dass eine Wirksamkeitskontrolle generell erfolgversprechend ist. Erfordert zum einen sichere Arterkennung, dann Klärung der Rahmenbedingungen	++ Anschaffungs- und Wartungskosten der Geräte, Ertragseinbußen sollten bei gut funktionierender Technik nicht allzu hoch sein	5+
VIII Sonstige					
43) Festgelegte art-spezifische Abschaltkontingente	++ Bislang nur Aufstellung des Konzepts, keine Studien	+ Muss artspezifisch ermittelt werden, entsprechende Kenntnisse erforderlich	+ Erfordert mehrjährige Untersuchungen zur Ermittlung möglicher Abschaltkontingente und dann den Nachweis der Wirksamkeit	- Erfordert jährliches Monitoring, Ertragseinbußen dauerhaft am Akzeptanzmaximum	3+

5 Entwicklung von Untersuchungskonzepten zur Überprüfung der Wirksamkeit ausgewählter Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen

5.1 Grundlagen und Herleitung

Teil des Auftrages war die Erarbeitung von Untersuchungsvorschlägen für eine Auswahl von im Projekt als geeignet und untersuchungswürdig eingeschätzten Maßnahmen auf Basis der vorherigen Arbeitsschritte. Kriterien für die Eignung waren die grundsätzliche Wirksamkeit, Verhältnismäßigkeit und Defizite hinsichtlich der Verfügbarkeit von Felduntersuchungen, die die Wirksamkeit belegen. Insofern können die hier erarbeiteten Vorschläge auch exemplarisch für die Konzeption weiterer Felduntersuchungen herangezogen werden.

Für zwei Vermeidungsmaßnahmen, für welche die Wirksamkeit nicht geklärt ist und für welche dringender Handlungsbedarf mit Aussicht auf Erfolg besteht, werden hiermit erste Anregungen für Untersuchungsansätze entworfen und beschrieben.

Die zwei Herangehensweisen, zum einen eine Befragung im Rahmen eines Workshops und zum anderen ein mehr standardisierter Weg über den Evidenz- und Empfehlungsgrad von Vermeidungsmaßnahmen (=Hypothesen), führten zum Ergebnis, dass für mehrere der betrachteten Maßnahmentypen ein prioritärer Untersuchungsbedarf gesehen wird (s. Kap. 4.2).

Im Überblick handelt es sich hierbei um die Maßnahmenkomplexe:

1. Betriebsregulierung

2. Lenkungsmaßnahmen (Flächenbewirtschaftung und Weglockung)

Hiermit wird ein Ansatz für ein Untersuchungskonzept entwickelt, mit dem die Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen möglichst belastbar überprüft werden sollen. Dabei handelt es sich um Untersuchungen, welche für Einzelvorhaben in der Regel zu umfangreich sind, statistisch belastbar sind und deren Ergebnisse übertragbar sein sollen.

Die Vorschläge für Untersuchungskonzepte wurden vor dem Hintergrund der Expertenaussagen auf dem Workshop sowie der eigenen Erfahrungen mit größeren Forschungsprojekten (Steinborn et al., 2011, Hötker et al., 2013, Reichenbach et al., 2015, Grünkorn et al., 2016) unter folgendem Fokus entwickelt:

Wie können - mit einem vertretbaren Aufwand - belastbare Ergebnisse zur Wirksamkeit von Maßnahmen zur Minderung des Kollisionsrisikos erarbeitet werden, die nach Möglichkeit auch auf andere Vogelarten / -artengruppen und Regionen übertragbar sind?

Grundlage für jegliche Untersuchungskonzepte in diesem Rahmen ist folgende gedankliche Abfolge (siehe Abb. 2):

- Entwicklung von Fragestellungen, die auf die angestrebte Problemlösung fokussiert sind;
- Ermittlung von Qualität und Umfang der für die Beantwortung der Fragestellungen notwendigen Ergebnisdarstellung;
- Ableitung der für die angestrebte Ergebnisdarstellung notwendigen Analysen;

- Ableitung von Art und Umfang der für die angestrebten Analysen notwendigen Daten;
- Ableitung der für die Erhebung der Daten notwendigen Methoden.

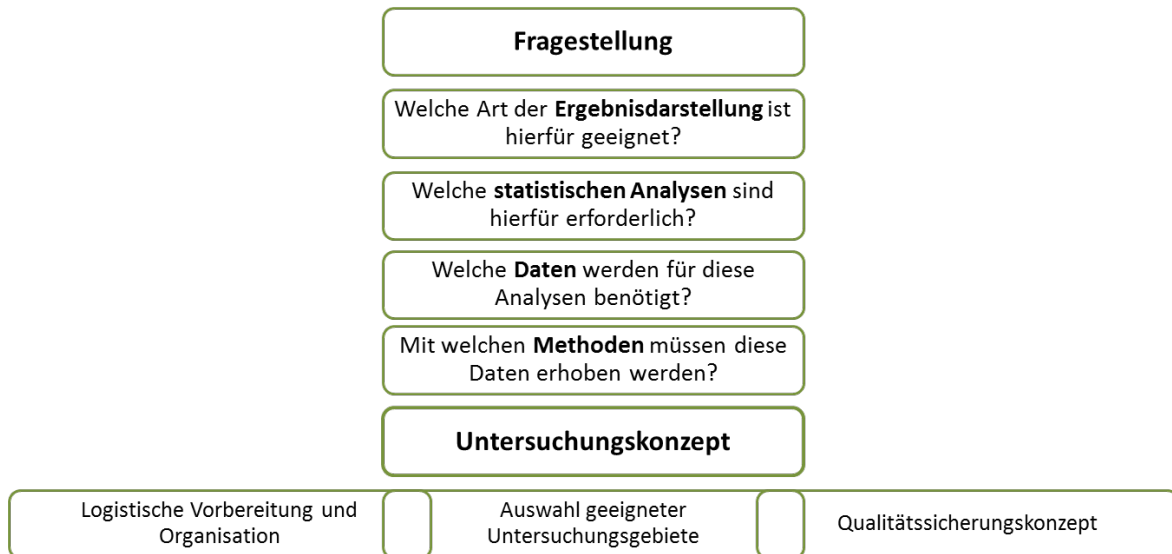


Abb. 2: Schritte zur Entwicklung eines Untersuchungskonzepts

Nach Klärung dieser grundsätzlichen Schritte müssen im jeweiligen Einzelfall folgende weitere Schritte geprüft werden:

- Ableitung von Kriterien für die Identifizierung von geeigneten Untersuchungsgebieten, welche die Anwendung der notwendigen Methoden ermöglichen;
- Logistische Vorbereitung und Organisation der Datenerhebung;
- Qualitätssicherung sowohl der Datenerhebung als auch der Auswertung und Berichterstellung.

Generell stellt sich für alle Maßnahmentypen die Frage, wie ihre Wirksamkeit im Hinblick auf eine tatsächliche Reduzierung des Kollisionsrisikos überprüft werden kann, d. h. wie dieses messbar gemacht werden kann. Dies wäre durch Ermittlung von Kollisionsraten möglich, die über standardisierte Kollisionsopfersuchen oder über eine Modellierung aus der Flugaktivität ermittelt werden können. Die Ergebnisse des Projekts PROGRESS (Grünkorn et al., 2016) haben jedoch gezeigt, dass zumindest die Anwendung des Band-Modells nicht zu einer realistischen Schätzung von Kollisionsopferzahlen führt. Kollisionsopfersuchen bergen die Schwierigkeit, dass Kollisionen sehr seltene Ereignisse sind und somit praktisch keine ausreichenden Stichprobengrößen zustande kommen.

Als zentrale Messgröße kann daher nur die räumliche Verteilung der Flugaktivität bzw. das Flugverhalten in Relation zu Gefahrensituationen herangezogen werden (Nahrungssuche, Thermiksegeln, Territorialverhalten, Interaktionen etc.). Um z. B. im Zuge der Umsetzung eines Maßnahmentyps Daten eines Vorher-Nachher-Vergleichs einander gegenüberstellen zu können, ist eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung erforderlich, um entsprechende Unterschiede hinsichtlich der Flugaktivität innerhalb des Windparks ermitteln zu können.

Für die Gewinnung solcher Daten bieten sich zwei Möglichkeiten an: visuelle Beobachtung und Telemetrie.

Die **visuelle Beobachtung**, für die i. d. R. der parallele Einsatz mehrerer Personen erforderlich ist, erfordert einen hohen Organisations- und Personalaufwand; dabei ist die Genauigkeit (räumlich) der Daten visueller Erfassungen deutlich gröber als die von Telemetrie-(GPS)-daten, insbesondere hinsichtlich der Bestimmung der Annäherung der Vögel an die Rotoren sowie der Flughöhe. Andererseits entfällt der organisatorische Aufwand für das Fangen von Vögeln (Beantragung Fangerlaubnis, ggf. Tierschutz, Fangversuche etc.). Zudem ist sichergestellt, dass von allen Vögeln, die den Windpark durchfliegen, auch Daten gewonnen werden (keine Beschränkung auf die besenderten Individuen).

Für visuelle Beobachtung spricht auch, dass dies die Methode ist, die bei Voruntersuchungen im Zuge von Windparkplanungen deutschlandweit verbreitet und weitgehend auch standardisiert eingesetzt wird und anhand derer ermittelt wird, ob die Notwendigkeit für kollisionsmindernde Maßnahmen gegeben ist. Es wäre somit eine Vergleichbarkeit hinsichtlich der Methoden und erzielbaren Ergebnisse einer solchen Untersuchung und der Praxis gegeben.

Die **Telemetrie** liefert je nach gewählter Technik und räumlicher Auflösung die höchste Datenqualität. Diese kann durch die Einrichtung eines sog. „geofence“ im Bereich des Windparks mit automatisch erhöhter Taktung noch gesteigert werden, da das „Einfliegen“ in einen a priori definierten Bereich genau ermittelt werden kann (www.ornitela.com). Die erzielbare Taktung hängt vom Ladezustand des Senderakkus ab, der wiederum in erster Linie von der Witterung bzw. Jahreszeit und der Aufenthaltshäufigkeit innerhalb des „geofence“ bestimmt wird.

Die Nutzung der Telemetrie-Methode setzt voraus, dass eine ausreichende Anzahl von Vögeln mit Sendern ausgestattet werden kann. Es muss zudem möglich sein, gezielt diejenigen Vögel zu besendern, die auch die Maßnahmenflächen nutzen.

In Kap. 5.3 wird eine „Projekt-Skizze“ beschrieben, welche einerseits Telemetrie-Daten und darüber hinaus Satelliten-Daten zur Erfassung der Landnutzung beinhaltet.

Der mit der zweiten Priorität laut Experten-Workshop belegte Maßnahmenkomplex „Betriebsregulierungen mit automatischen Systemen zur Art-Erkennung, ggf. in Kombination mit WEA-Eigenschaften wie z. B. Drosselung Rotorgeschwindigkeit“ wird nachfolgend nicht mit einem Untersuchungskonzept weiter beschrieben. Die grundsätzliche Wirksamkeit von Betriebsregulierungen, insbesondere einer Abschaltung einer WEA an sich, muss nicht nachgewiesen werden. Bei 100% Abschaltung kollidieren keine Vögel mit sich drehenden Rotoren. Da häufige Abschaltungen der WEA jedoch sehr rasch dazu führen, dass diese nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden können, müssten derartige Systeme so eingestellt werden, dass einerseits Abschaltzeiten minimiert werden, andererseits aber das Kollisionsrisiko für die jeweiligen Zielarten dennoch auf ein zu tolerierendes (nicht signifikant erhöhtes) Maß abgesenkt werden kann. Für diesen Maßnahmenkomplex relevante Fragestellungen sind demnach:

1. Erfüllt das automatische System zur Arterkennung die Anforderungen, und zwar die ausreichend korrekte, frühzeitige Erkennung der Zielart bzw. den ausreichend korrekten Ausschluss von Nicht-Zielarten?
Ist ein System ggf. für mehrere Arten / Artengruppen einsetzbar?
2. Wie lässt sich solch ein System mit vertretbarem Aufwand justieren?
In welcher Entfernung der Zielart zur WEA oder zum Windpark werden WEA abgeschaltet?

Bei welchen Flugrichtungen der Zielart kommt es zu einer Abschaltung?

Wie lange wird abgeschaltet?

Gibt es technische oder wirtschaftliche Zumutbarkeitsgrenzen hinsichtlich der Häufigkeit bzw. kumulierten Dauer der Abschaltung?

Wenn ja:

Gibt es eine Prioritätensetzung hinsichtlich der Schutzziele (z. B. mehr Abschaltung für den Rotmilan, weniger Abschaltung für die Fledermäuse etc.)?

Die Fragestellungen sind generell für weitere Forschung sehr gut geeignet, allerdings wird v. a. die wesentliche Prüfung der Fragen aus Punkt 1 von den Autoren in der Verantwortlichkeit der Entwickler solcher Systeme verortet und weniger in den Aufgaben der öffentlichen Hand. Dies trifft auch für einzelne Fragen aus Punkt 2 zu, wogegen nach Klärung von Punkt 1 wiederum ornithologische und naturschutzfachliche Fragen relevant werden.

Generell besteht ein großes Interesse von der Seite der Betreiber und der Seite des Naturschutzes an dem Einsatz solcher Systeme, da sie als potenziell geeignet angesehen werden, Konflikte mit geschützten Vogelarten zu vermeiden. Eine Evaluierung und ggfs. Weiterentwicklung verfügbarer Systeme zur Betriebsregulierung werden auch von den Autoren dieser Studie als grundsätzlich sehr relevant eingestuft.

5.2 Vorschläge für ein Untersuchungskonzept: Wirksamkeit der Maßnahme „Betriebsregulierung (Abschaltung) bei bestimmten landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsereignissen“

5.2.1 Fragestellungen

Die zugrunde liegende Fragestellung: „Wie ändert sich das Raumnutzungsverhalten der Ziel-Vogelarten in Abhängigkeit von den Bewirtschaftungsereignissen?“ beinhaltet die folgenden Punkte:

- Welche Bewirtschaftungsereignisse beeinflussen die Flugaktivität von windkraftsensiblen Groß- und Greifvögeln (LAG VSW 2015; Bernotat & Dierschke 2016) und wann führen sie zu einer erhöhten Anwesenheit im Nahbereich von WEA?
- In welchem Umkreis um eine WEA können Bewirtschaftungsereignisse zu einer erhöhten Anwesenheit im Nahbereich von WEA führen und damit eine Abschaltung erforderlich machen?
- Wie lange können Bewirtschaftungsereignisse zu einer erhöhten Anwesenheit im Nahbereich von WEA führen und für welche Zeiträume nach dem Bewirtschaftungsereignis sind Abschaltungen vorzusehen, um das Kollisionsrisiko mindern?
- Zu welchen Tages- und Jahreszeiten kann eine Abschaltung das Kollisionsrisiko mindern?

Diese Fragestellungen können alle auch in Untersuchungsregionen ohne Windparks untersucht werden. Es werden jedoch kooperierende Landwirte benötigt, um die nötigen Kenntnisse über die Bewirtschaftungsabläufe zu erhalten, damit die Beobachter zum richtigen Zeitpunkt vor Ort sind und die nötigen Referenz-Zeiträume vor und nach dem Bewirtschaftungsereignis abgedeckt werden können. Tatsächlich kann es somit logistisch günstig sein, solche Untersuchungen in Regionen mit Windparks durchzuführen, weil hier schon Betreiber und somit auch Landwirte kooperieren. Es bietet sich an, die Untersuchung in Windparks mit schon umzusetzenden oder in Planung befindlichen Auflagen durchzuführen.

5.2.2 Ergebnisdarstellung und Analysen

Die zur Beantwortung der Frage notwendige Ergebnisdarstellung muss die räumliche und zeitliche Änderung der Flugaktivität / Raumnutzung kollisionsgefährdeter Ziel-Vogelarten unter dem Einfluss bestimmter landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsereignisse darstellen (Vorher-Während-Nachher-Unterschiede). Hieraus können entsprechende Erkenntnisse gewonnen werden, aus denen Konsequenzen für notwendige Abschaltregelungen im Hinblick auf eine möglichst effektive Reduzierung des Kollisionsrisikos ableitbar werden.

Als wesentlicher Parameter wird die Aufenthaltshäufigkeit von Vögeln der Zielarten pro Zeit- und Flächeneinheit verwendet (Präsenz-Absenz-Daten) mit folgenden potenziellen Analysen:

- Entfernungabhängigkeit der Bewirtschaftungsereignissen
- Abweichung der Flugaktivität von einer Zufallsverteilung
- Jahres- und tageszeitliche Einflüsse
- Wirkung der Art des Bewirtschaftungsereignisses
- Dauer einer etwaigen Anlockwirkung
- Jahreszeitliche Änderungen der Attraktivität von Bewirtschaftungsereignissen (ein Bewirtschaftungsereignis in einer nahrungsarmen Periode Mitte Juli entfaltet ggf. eine andere Wirkung als das gleiche Ereignis entweder im Mai oder in einer abgeernteten Landschaft Ende August)
- Abhängigkeiten der Änderungen der Flugaktivität von der umgebenden Landschaft

Die Flughöhe und die verschiedenen Verhaltensweise der Vögel spielen für die Fragestellung eine untergeordnete Rolle, da die entsprechende Maßnahme eine vollständige Abschaltung der umgebenden WEA umfasst ohne etwaige Berücksichtigung unterschiedlicher Verhaltensweise der Vögel. Die Grundannahme dieser Maßnahme besteht darin, dass bestimmte landwirtschaftliche Bewirtschaftungsereignisse eine hohe Attraktionswirkung auf windkraftsensible Vogelarten ausüben (z. B. nach LAG VSW 2017) und so z. B. innerhalb von Windparks ein temporär stark erhöhtes Kollisionsrisiko zur Folge haben. Die Untersuchung kann sich somit auf eine reine Präsenz-Absenz-Analyse beschränken, um diese Lockwirkung in ihrer räumlichen und zeitlichen Dimension zu ermitteln und daraus entsprechende Abschaltregularien abzuleiten.

5.2.3 Erforderliche Daten und Methodik

Es ist eine möglichst hohe Anzahl von Aufenthaltspunkten relevanter Vogelarten mit genauer Verortung in den Zeiträumen vor, während und nach verschiedenen Bewirtschaftungsereignissen erforderlich (Acker: Pflügen/Grubbern sowie Ernte; Grünland: frühe Mahd und späte Mahd wegen Betroffenheit unterschiedlicher Brutzeitphasen).

Zur Generierung dieser Daten werden von einem festen Beobachtungspunkt innerhalb eines abgegrenzten Beobachtungsraums die Aufenthaltsorte relevanter Vogelarten z. B. im Abstand von 1 min erhoben (point-sampling, ggf. auch in größerem zeitlichen Abstand). Die Beschränkung auf die Lokalisierung der Vögel ohne Aufnahme von Verhaltensweisen, Flughöhen und ohne Weiterverfolgen von Flugbewegungen verringert die Fehleranfälligkeit und die Beobachterabhängigkeit der Daten und ermöglicht zudem innerhalb kurzer Zeit Daten von einer größeren Zahl an Individuen aufzunehmen. Dies ist insbesondere bei lau-

fender Bewirtschaftung mit hoher Attraktionswirkung von Bedeutung, wenn sich potenziell zahlreiche Individuen unterschiedlicher Vogelarten über dem betreffenden Flurstück versammeln können. Daneben ist das Flugverhalten der Vögel für die Ableitung der Abschaltmodalitäten gemäß Fragestellung nicht relevant.

Die Datenaufnahme im Gelände erfolgt in folgender Weise:

- Digital
- Jede Minute (oder andere Zeiteinheit) werden alle Individuen der Zielarten im Untersuchungsgebiet (UG) punktgenau auf der Karte eingegeben, mit Artangabe und Zeitstempel
- Entscheidend ist die möglichst genaue Lokalisation des Vogels
- UG: Umkreis von ca. 500 m um den Beobachter, genauere Abgrenzung anhand von Bewirtschaftungseinheiten und Sichthindernissen bis max. 750 m
- Verteilung der Beobachtungstermine: empfehlenswert sind etwa 30 Termine pro UG in Blöcken vor/während/nach relevanten Bewirtschaftungsereignissen innerhalb eines Zeitraumes von März bis September
- Artenauswahl: windkraftsensible Groß- und Greifvogelarten (LAG VSW 2015; Bernotat & Dierschke 2016).

Daneben werden als wichtiger Parameter Daten zur landwirtschaftlichen Nutzung aufgenommen (Nutzungstyp und Bewirtschaftungsereignisse) (je Tag, alle x Tage). Da die Bewirtschaftung im weiteren Umfeld auch einen Einfluss haben kann, ob landwirtschaftliche Ereignisse im UG eine Attraktionswirkung haben, sollte die Nutzung im weiteren Umkreis (z. B. von 1.000 m) aufgenommen werden.

Die notwendige Anzahl an Untersuchungsgebieten wird aus statistischer Sicht und im Hinblick auf eine bestmögliche Übertragbarkeit auf insgesamt ca. 30 veranschlagt, um bei Differenzierung nach folgenden Kriterien noch eine ausreichende Stichprobengröße zu gewährleisten:

- Geographische Abdeckung Deutschlands zur Sicherstellung übertragbarer Ergebnisse (jeweils 10 UG in Nord-, Mittel- und Süddeutschland)
- Differenzierung zwischen Acker- und Grünlandgebieten
- Differenzierung zwischen Gebieten mit großen und kleinen Bewirtschaftungseinheiten

5.2.4 Hinweise zur Auswahl der Untersuchungsgebiete

Folgende Kriterien sollten die Identifizierung von geeigneten Untersuchungsgebieten ermöglichen:

- Vorkommen der Zielarten: alle UG sollen im Verbreitungsgebiet z. B. des Rotmilans in Räumen mit bekannt hoher Brutdichte liegen; als zweiter Filter können die Verbreitungen weiterer Greifvogelarten sowie z. B. des Weißstorchs darüber gelegt werden
- Einsehbarkeit (anhand von Luftbildern und Höhenlinien, im Detail erst vor Ort abschätzbar)
- Nutzungsschwerpunkte (Acker/Grünland, Fruchtart)

- Regionale Verteilung Nord-Mittel-Süddeutschland

5.3 Vorschläge zur Untersuchung der Wirksamkeit der Maßnahme „Lenkungsmaßnahmen“ - Quantifizierung von Habitatpräferenzen im Raumnutzungsverhalten kollisionsgefährdeter Greifvögel, in Abhängigkeit der Verteilung und Qualität von Nahrungsgebieten

Im Unterschied zu Kap. 5.2 wird in diesem Kapitel anstatt eines Untersuchungskonzepts eine **Projekt-Skizze** vorgelegt, welche weniger detaillierte Vorschläge beinhaltet.

5.3.1 Begründung, Priorität bzw. Themenwahl

Die Entwicklung von qualitativ hochwertigen Nahrungshabitaten mit dem Ziel, kollisionsgefährdete Greifvögel aus dem Gefahrenbereich von WEA herauszulocken, wird in den meisten Leitfäden der Bundesländer (z. B. LUBW 2015, BayWee 2016, Richarz et al., [LUWG] 2015, MKULNV-NRW 2013 u.a.) als mögliche Vermeidungsmaßnahme genannt, um das Kollisionsrisiko in Windparks zu senken. Allerdings ist bislang nicht bekannt, welchen quantitativen Beitrag solche Maßnahmen zur Veränderung der Raumnutzung und damit zur tatsächlichen Reduzierung des Kollisionsrisikos der Greifvögel tragen können.

Bei dieser Fragestellung könnten exemplarisch Rotmilan und ggf. auch Mäusebussard als besonders kollisionsgefährdete Arten im Fokus der Untersuchungen stehen. Für den Rotmilan liegen umfangreiche Arbeiten zur Raumnutzung, Habitatpräferenzen und möglichen Nahrungshilfen vor, welche hier mit genutzt werden können. Der Mäusebussard ist als Vogelart erkannt, für welche durch Windenergie verursachte Mortalität ggf. populationsgefährdende Wirkungen von Bedeutung sein könnten (Grünkorn et al. 2016). Zudem ist diese Art ganzjährig in Deutschland anwesend und kommt in praktisch allen Landschaftsräumen mit hoher Stetigkeit und Häufigkeit vor.

Übereinstimmende Expertenerfahrungen sowie einzelne Studien (Katzenberger 2016, Mammen et al. 2013 / 2017, Nachtigall 2008, Pfeifer & Meyburg 2015, Patrick Scherler, Vogelwarte Sempach, Schweiz [noch unveröffentlicht], Projekt „Rotmilan – Land zum Leben [www.rotmilan.org]) zeigen bereits klar, dass bestimmte Habitate bevorzugt und vorhersagbar vom Rotmilan aufgesucht werden. Was bislang fehlt, ist eine Quantifizierung der Maßnahmenwirkung, die aufzeigen kann, um welche Anteile sich unter welchen Rahmenbedingungen Aufenthaltswahrscheinlichkeiten signifikant verschieben. So ist z. B. anzunehmen, dass in einer strukturreichen Landschaft mit einer gleichmäßig verteilten hohen Habitateignung (z. B. viele klein-parzellige Wiesen mit kleinräumig abwechselnden Mahdterminen mit hohem Kleinsäugervorkommen etc. wie sie beispielsweise am Vogelsberg in Hessen vorzufinden sind (laufendes NABU Rotmilan-Projekt im Vogelsberg ³), keine oder nur eine geringe relevante Veränderung der Raumnutzung erzielt werden kann, wenn dort zusätzlich „Optimalhabitate“ angelegt werden. Dagegen könnte der Anlockungseffekt von attraktiven Nahrungshabitaten in strukturarmen Landschaften mit überwiegend gering

³<https://hessen.nabu.de/tiereundpflanzen/aktionenundprojekte/rotmilan/projektzieleundansprechpartner/17447.html>
bzw.

NABU Hessen, Bioplan Marburg, Büro für faunistische Fachfragen: Untersuchung des Flugverhaltens von Rotmilanen in Abhängigkeit von Witterung und Landnutzung unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Windenergieanlagen im Vogelschutzgebiet Vogelsberg, im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung.

geeigneten Nahrungsgebieten wesentlich größer sein. Der gleiche Effekt ist auch für unterschiedliche Verteilungen verfügbarer Nahrungshabitate im Jahresverlauf anzunehmen. Sind z. B. viele Flächen aufgrund der geringen Aufwuchshöhe im Frühling bei der Nahrungssuche noch erfolgversprechend, führt der fortschreitende Aufwuchs und die damit einhergehende Verdichtung der Bestände zu einer Zeit sehr geringer Nahrungsverfügbarkeit für Greifvögel.

Die Frage, die für eine erfolgreiche Ablenkungsmaßnahme zu stellen ist, wäre demnach: Bei welcher Verteilung von günstigen Nahrungshabitaten im Aktionsraum eines Rotmilans kann eine messbare (quantitative) Konzentration der Flugaktivität auf diese Bereiche beobachtet und damit eine geringere Aufenthaltswahrscheinlichkeit in den übrigen Landschaftsräumen angenommen werden? Quantitative Erkenntnisse hierzu können dann genutzt werden, um – je nach Landschaftsstruktur – definierte Flächenanteile besonders gut geeigneter Nahrungsgebiete anzulegen, um die Raumnutzung der Greifvögel auf diese Maßnahmenflächen so zu konzentrieren, dass Nutzungshäufigkeiten potenzieller Gefahrenbereiche zurückgehen.

Ein experimenteller Ansatz lässt sich aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten, auf großer Fläche die Landnutzung zu beeinflussen, weder organisatorisch noch wirtschaftlich umsetzen. Allerdings können durch die gezielte (basierend auf einer GIS-gestützten Landschaftsanalyse) Auswahl einer größeren Zahl von Untersuchungsgebieten mit in der Verteilung und Qualität unterschiedlichen Nahrungshabitaten Landschaftsteile bzw. Regionen gefunden werden, in welchen unterschiedliche Habitatpräferenzen erwartet werden. In diesen kann das Raumnutzungs-Verhalten der Greifvögel (z. B. gemessen durch Telemetrie) in Relation zu der jeweiligen Verteilung der Habitate gesetzt werden. In einem nächsten Schritt ist zu überprüfen, ob diese Habitatpräferenzen statistisch so belastbar sind, dass die Raumnutzung der Tiere durch die Analyse der Verteilung geeigneter Nahrungshabitate korrekt prognostiziert werden kann. Solche Zusammenhänge könnten zuletzt über Modellierungen auf größere Flächen übertragen werden und entsprechende Modelle könnten mit weiteren Daten aus bereits laufenden Studien (s. oben „Rotmilan - Land zum Leben“, „NABU Rotmilanprojekt im Vogelsberg“; Rotmilanprojekte in der Schweiz) verbessert und erweitert werden.

5.3.2 Ziel

Im Rahmen dieses Forschungsthemas soll auf Grundlage der bisherigen Erkenntnisse oder Annahmen für besonders kollisionsgefährdete Vogelarten (z. B. Rotmilan, Mäusebussard, Bernotat & Dierschke 2016) geprüft werden, wie die Kenntnis um die Selektivität bzw. Lenkbarkeit der Raumnutzung dieser Greifvogelarten genutzt werden kann, um eine gezielte und prognostizierbare Reduktion des Kollisionsrisikos in Windparks zu bewirken. In der Rechtsprechung und relevanten Dokumentationen wird - mit wachsendem Kenntnisstand - festgelegt, welche Anforderungen an die Belastbarkeit bzw. Prognosesicherheit von Vermeidungsmaßnahmen gestellt werden. Somit müssen zusätzlich zu der direkten Fragestellung, welche Verteilung von Nahrungshabitaten dazu geeignet ist, die Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Gefahrenbereich von Windparks zu beeinflussen, Methoden und Verfahren entwickelt werden, die Belastbarkeit und Prognosesicherheit quantitativ zu ermitteln.

Gleichzeitig kann die Untersuchung genutzt werden, um der Frage nachzugehen, wie die Tiere auf einzelne besonders attraktive Nutzungsereignisse (Mahd, Ernte, Umbruch, Grubbern) mit ihren Aufenthaltszeiten in einer Fläche reagieren (s. Kap. 5.2).

5.3.3 Vorgehen

Folgende methodische Aspekte sollten bei weiteren Überlegungen für Felduntersuchungen und etwaige Projekte berücksichtigt werden.

1. Prüfung der zum Projektstart vorhandenen Kenntnisse zur Abhängigkeit der Raumnutzung der Zielarten von der Verteilung und Attraktivität vorhandener Nahrungshabitate im Raum. Dazu werden die aktuell noch laufenden Projekte auf ihre bis dahin vorliegenden Ergebnisse geprüft.

2. Vorauswahl von ca. bis zu 30 Untersuchungsgebieten (s. Punkt 4: Ein Kompromiss zwischen Anzahl UG und Anzahl der je UG zu besiedelnden Vögel muss gefunden werden.)

Kriterien: Dichtezentren des Rotmilans in verschiedenen Landschaften Deutschlands (Nord, Mitte Süd), Verteilung der Landnutzung (es wird davon ausgegangen, dass der Mäusebussard in den gleichen Gebieten häufig ist). Dabei könnten über die Auswertung von Satellitendaten (z. B. Sentinel 2, s.u.) anhand definierter Parameter (verschiedener Landschaftsindices bzw. Nutzungsindices und Schlaggröße [landscape metrics]) Gebiete ausgewählt werden, die sich in der Verteilung attraktiver Nahrungsräume für den Rotmilan entsprechend des bisherigen Expertenwissens deutlich unterscheiden. Es soll ein Gradient abgebildet werden, welcher von einer gleichmäßigen Verteilung gut geeigneter Habitate im gesamten Untersuchungsraum bis zu einer stark punktuellen Konzentration weniger gut geeigneter Habitate mit unterschiedlich großen Gesamtanteilen am jeweiligen Untersuchungsraum geht. Die Räume werden zunächst großräumig mit einer Suchmaskengröße von ca. 100 km² ausgewählt.

3. Nutzung z. B. der Sentinel 2, ggf. Sentinel 3 –Daten⁴ für die Auswertung der Landnutzung: Die Daten von Sentinel-2 liefern Informationen über die landwirtschaftliche Nutzung (Feldfrüchte), aber auch Details zu Blattflächenindex sowie Chlorophyll- und Blattwassergehalt. Sie geben Anhaltspunkte zu Pflanzenwachstum und -gesundheit mit einer zeitlichen Wiederholungsrate von 5 Tagen und einer räumlichen Auflösung von 10 m. Damit lassen sich Wuchsdichten und -höhen und deren Entwicklung im Jahreslauf ableiten, die für die Beurteilung der Nahrungsverfügbarkeit für Greifvögel von Bedeutung sind. Somit kann eine zeitliche Vegetationsentwicklung ausgewertet werden, die mit den Raumnutzungsdaten überlagert werden kann.

4. In den vor-ausgewählten Untersuchungsgebieten werden jeweils 2-10 Individuen der Zielart mit GPS-Telemetrie-Sendern versehen (s. Punkt 2: Ein Kompromiss zwischen Anzahl UG und Anzahl der je UG zu besiedelnden Vögel muss gefunden werden.) Die Sender sollen in der Lage sein, über Satellit Aufenthaltspunkte zu senden und in Abhängigkeit von der Aktivität die Ortungsintervalle zu variieren, um eine möglichst lange Beobachtungszeit zu gewährleisten. Nach aktuellem Stand der Technik sind vorzugsweise programmierbare Sender-Modelle mit Solarmodulen für möglichst lange Laufzeiten und der Möglichkeit zur externen Einstellungsmodifikation einzusetzen (z. B. www.ornitela.com).

5. Für die Auswertung der Raumnutzung können die Satellitendaten zur Landnutzung im gesamten von den erfassten Greifvögeln genutzten Raum analysiert und sowohl räumlich wie zeitlich mit den Aufenthaltspunkten überlagert werden. Bewirtschaftungsereig-

⁴ http://www.d-copernicus.de/sites/default/files/dokumente/Sentinel-2_factsheet_DE_final_150616_0.pdf

nisse werden aus der erhobenen Wuchshöhe bzw. Vegetationsentwicklung rückgeschlossen. Über eine Klassifizierung der Bodenbedeckung (Feldfrucht bzw. Vegetation + Entwicklungsstand) kann die zugehörige mittlere Aufenthaltshäufigkeit der besenderten Tiere ermittelt werden und daraus Habitatpräferenzen, z. B. über den sogenannten Selectivity-Index abgeleitet werden. Dabei wird der jeweils innerhalb des Aktionsraumes eines Vogels verfügbare Anteil einer Klasse in Relation zur Häufigkeit gesetzt, mit der diese Vegetationsklasse aufgesucht worden ist.

Jedes Untersuchungsgebiet sollte für mehrere Zeitintervalle im Jahresverlauf hinsichtlich der Verteilung attraktiver und weniger attraktiver Vegetationsklassen charakterisiert werden. Im Rahmen einer statistischen Analyse können dann die Zusammenhänge zwischen Habitatpräferenz in der Raumnutzung und Verteilung der Landnutzung analysiert werden. Die erkannten Zusammenhänge könnten über ein Habitat-Modell zu Aufenthaltsprognosen bei bestimmten Landnutzungsverteilungen im Raum führen.

6. Eine wertvolle Ergänzung ist, ergänzend in jedem der Untersuchungsgebiete Raumnutzungsbeobachtungen im zeitlichen Umfeld von bestimmten Bewirtschaftungsereignissen (Ernte, Mahd, etc.) durchzuführen bzw. auszuwerten, um zum Beispiel solche Ergebnisse mit den Telemetriedaten und Landnutzungsdaten der Satelliten einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen und somit die Fehleranfälligkeit der jeweiligen Erhebungsmethoden abschätzen zu können. Der Umfang von Raumnutzungsbeobachtungen hängt aufgrund des hohen Aufwandes von den jeweiligen Möglichkeiten der Projektfinanzierung ab.
7. In einem letzten Schritt können bis dahin gewonnene Erkenntnisse aus weiteren Forschungsvorhaben z. B. zum Rotmilan (s. oben „Rotmilan - Land zum Leben“, „NABU Rotmilanprojekt im Vogelsberg“; Rotmilanprojekte in der Schweiz) für Validierung, Verbesserung und Erweiterung des Habitat-Modells (siehe oben Punkt 5) herangezogen werden.

Literatur

- American Wind Wildlife Institute (AWWI). (2015). Wind Turbine Interactions with Wildlife and their Habitats: a summary of research results and priority questions (Updated May 2015). Washington DC. Retrieved from www.awwi.org
- Anderson, R., Neumann, N., Tom, J., Erickson, W. P., Strickland, M. D., Bourassa, M., ... Sernka, K. J. (2004). Avian Monitoring and Risk Assessment at the Tehachapi Pass Wind Resource Area.
- Arizona Game and Fish Department. (2009). Guidelines for Reducing Impacts to Wildlife from Wind Energy.
- Arnett, E. B., & May, R. F. (2016). Mitigating wind energy impacts on wildlife: Approaches for multiple taxa. *Human-Wildlife Interactions*, 10(1), 28–41.
- Aschwanden, J., Birrer, S., & Jenni, L. (2005). Are ecological compensation areas attractive hunting sites for common kestrels (*Falco tinnunculus*) and long-eared owls (*Asio otus*)? *Journal of Ornithology*, 146(3), 279–286. <https://doi.org/10.1007/s10336-005-0090-9>
- Aschwanden, J., & Liechti, F. (2016). Vogelzugintensität und Anzahl Kollisionsopfer an Windenergieanlagen am Standort Le Peuchapatte (JU).
- Ballasus, H., Hill, K., & Hüppop, O. (2009). Gefahren künstlicher Beleuchtung für ziehende Vögel und Fledermäuse. *Ber. Vogelschutz*, 46, 127–157.
- Barclay, R. M. R., Baerwald, E. F., & Gruver, J. C. (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, 85(3), 381–387. <https://doi.org/10.1139/Z07-011>
- BayWEE. (2016). Hinweise der Bayerischen Staatsministerien des Innern, für Bau und Verkehr, für Bildung und Kultur, Wissenschaft und Kunst, der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat, für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, für Umwelt und Verbraucherschutz.
- Bernotat, D., & Dierschke, V. (2016). Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen. Populationsbiologischer Sensitivitäts-Index (9-stufig) Naturschutzfachlicher Wert-Index (5-stufig) (Vol. 2). Retrieved from https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/eingriffsregelung/Skripte/Dierschke_Bernotat_MGI_2012.pdf
- Biehl, J., Bulling, L., Gartman, V., Weber, J., Dahmen, M., Geißler, G., & Köppel, J. (2017). Vermeidungsmaßnahmen bei Planung, Bau und Betrieb von Windenergieanlagen. *Naturschutz Und Landschaftsplanung*, 49(2), 63–72.
- BirdLife International. (2015). Review and guidance on use of “shutdown-on-demand” for wind turbines to conserve migration soaring birds in the Rift Valley/Red Sea Flyway. Regional Flyway Facility. Amman, Jordan., 49. Retrieved from http://migratorysoaringbirds.undp.birdlife.org/sites/default/files/msb_guidance_shutdown_on_demand.pdf
- Bishop, J., McKay, H., Parrott, D., & Allan, J. (2003). Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives.

- Blackwell, B. F., Devault, T. L., Seamans, T. W., Lima, S. L., Baumhardt, P., & Fernández-Juricic, E. (2012). Exploiting avian vision with aircraft lighting to reduce bird strikes. *Journal of Applied Ecology*, 49(4), 758–766. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02165.x>
- Blew, J., Nehls, G., & Prall, U. (2012). Entwicklung von Konzepten für die Kennzeichnung von Offshore-Windenergieanlagen - EKKO.
- Breuer, W., Brücher, S., & Dalbeck, L. (2015). Der Uhu und Windenergieanlagen. *Naturschutz Und Landschaftsplanung*, 47(6), 165–172. Retrieved from <http://www.nul-online.de/>
- Bulling, L., Sudhaus, D., Schnittker, D., Schuster, E., Biehl, J., & Tucci, F. (2015). Vermeidungsmaßnahmen bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen. Bundesweiter Katalog von Maßnahmen Zur Verhinderung Des Eintritts von Artenschutzrechtlichen Verbotstatbeständen Nach § 44 BNatSchG.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2015). Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Änderung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen, (5), 1–19.
- Camina, A. (2011). The effect of wind farms on vultures in Northern Spain: Proceedings Conference on Wind Energy and Wildlife Impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, (May), 140. Retrieved from <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2011/693.pdf>
- Cordeiro, A., Bernardino, J., Costa, H., & Mascarenhas, M. (2013). Long term survey of wind farms impacts on common Kestrel 's populations and definition of an appropriate mitigation plan. Conference on Wind Power and Environmental Impacts, 2016.
- Curry, R. C., & Kerlinger, P. (1998). Avian Mitigation Plan: Kenetech Model Wind Turbines, Altamont Pass WRA, California. Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting III, 18–28.
- Dalthorp, D., & Huso, M. (2015). A Framework for Decision Points to Trigger Adaptive Management Actions in Long-Term Incidental Take Permits. <https://doi.org/10.3133/ofr20151227>
- Davenport, J. K., & Kelly, T. A. (2008). Using Radar-based Mitigation to Minimize Bird and Bat Strike Risk at Wind Energy Developments.
- De Andalucía, J. (2009). Instrucciones para los programas de vigilancia ambiental de los parques eólicos de la provincia de Cadiz.
- De Lucas, M., Ferrer, M., Bechard, M. J., & Muñoz, A. R. (2012). Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures. *Biological Conservation*, 147(1), 184–189. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.029>
- De Lucas, M., Janss, G. F. E., Whitfield, D. P., & Ferrer, M. (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of Applied Ecology*, 45(6), 1695–1703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01549.x>
- Desholm, M. (2006). Wind farm related mortality among avian migrants – a remote sensing study and model analysis. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00509.x>
- Dokter, A. M., Liechti, F., Stark, H., Delobbe, L., Tabary, P., & Holleman, I. (2011). Bird migration flight altitudes studied by a network of operational weather radars. *Journal of the Royal Society Interface*, 8(54), 30–43. <https://doi.org/10.1098/rsif.2010.0116>

- Dooling, R. J. (2002). Avian hearing and the avoidance of wind turbines. National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Doyle, J. M., Katzner, T. E., Bloom, P. H., Ji, Y., Wijayawardena, B. K., DeWoody, J. A., & Orlando, L. (2014). The Genome Sequence of a Widespread Apex Predator, the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*). *PLoS ONE*, 9(4), e95599. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095599>
- Drewitt, A. L., & Langston, R. H. W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148, 29–42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>
- DTBird. (2015). Features for Bird Monitoring and Mortality Mitigation at Wind Farms: Eagles and Vultures.
- Dürr, T. (2011). Dunkler Anstrich könnte Kollisionen verhindern: Vogelunfälle an Windradmasten. *Der Falke*, 58(12), 499–501.
- Dürr, T., & Rasran, L. (2014). Schlagopfer und Gittermasten: Untersuchungen der Fundhäufigkeit, des Brutbestandes und des Bruterfolgs von Greifvögeln in zwei Windparks in Brandenburg. Schlussbericht: Greifvögel Und Windkraftanlagen: Problemanalyse Und Lösungsvorschläge, 18.
- Erickson, W. P., Johnson, G. D., Strickland, M. D., Young, D. P., Sernka, K. J., & Good, R. 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, (August), 62. <https://doi.org/10.2172/822418>
- Everaert, J. (2014). Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders. *Bird Study*, 61(0), 220–230. <https://doi.org/10.1080/00063657.2014.894492>
- Garniel, A., & Mierwald, U. (2013). Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes des Risikomanagements und des Monitorings in Zulassungsverfahren.
- Gauthreaux, S. A., Livingston, J. W., & Belser, C. G. (2008). Detection and discrimination of fauna in the aerosphere using Doppler weather surveillance radar. *Integrative and Comparative Biology*, 48(1), 12–23. <https://doi.org/10.1093/icb/icn021>
- Gehring, J., Kerlinger, P., & Manville, A. M. (2009). Successful Methods of Reducing the Frequency of Avian Collisions. *Ecological Applications*, 19(2), 505–514.
- Gilsdorf, J. M., Hygnstrom, S. E., & VerCauteren, K. C. (2003). Use of frightening devices in wildlife damage management. *Integrated Pest Management Reviews*, 7, 29–45.
- Grajetzky, B., & Nehls, G. (2014). Telemetrische Untersuchungen von Wiesenweihen in Schleswig-Holstein.
- Grünkorn, T., von Rönn, J., Blew, J., Nehls, G., Weitekamp, S., Timmermann, H., ... Krüger, O. (2016). Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif-)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Retrieved from <http://bioconsult-sh.de/site/assets/files/1561/1561-1.pdf>
- Habberfield, M. W., & St. Clair, C. C. (2016). Ultraviolet lights do not deter songbirds at feeders. *Journal of Ornithology*, 157(1), 239–248. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1272-8>

- Hanagasioglu, M., Aschwanden, J., Bontadina, F., & Nilsson, M. de la P. (2015). Investigation of the effectiveness of bat and bird detection of the DTBat and DTBird systems at Calandawind turbine. Retrieved from http://www.bfe.admin.ch/forschungwindenergie/02512/02746/index.html?lang=de&dossier_id=06379
- Hessischer VGH. Beschluss vom 17.12.2013 - 9 A 1540/12.Z (2013).
- Hill, R., Boos, K., Freienstein, S., & Hill, K. (2012). Entwicklung und Erprobung einer Beleuchtung für Offshore- Windparks und andere Bauwerke mit geringer Attraktionswirkung auf ziehende Vögel – AVILUX.
- HMUELV, & HMWVL. (2012). Leitfaden - Berücksichtigung der Naturschutzbelange bei der Planung und Genehmigung von Windkraftanlagen (WKA) in Hessen. Wiesbaden.
- Hodos, W. (2003). Minimization of motion smear: reducing avian collisions with wind turbines. Subcontractor Report for period of performance: July 12, 1999 - August 31, 2002. Retrieved from http://www.c2.mcbusiness.org/file_depot/0-10000000/10000-20000/16786/folder/88844/33249.pdf
- Hodos, W., Potocki, A., Storm, T., & Gaffney, M. (2001). Reduction of motion smear to reduce avian collision with wind turbines. Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Carmel, CA, May 16-17, 2000. Retrieved from <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/822422>
- Hoover, S. (2002). The Response of Red-Tailed Hawks and Golden Eagles to Topographical Features, Weather, and Abundance of a Dominant Prey Species at the Altamont Pass Wind Resource Area, California. Retrieved from internal-pdf://214.146.250.9/nrel_response_to_topo_features_etc_at_altamont30868.pdf
- Hötker, H. (2006). Auswirkungen des "Repowering" von Windkraftanlagen auf Vögel und Fledermäuse.
- Hötker, H., Krone, O., & Nehls, G. (2013). Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht., 337. Retrieved from <https://www.nabu.de/downloads/Endbericht-Greifvogelprojekt.pdf>
- Hötker, H., Thomsen, K.-M., & Jeromin, H. (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example, 1–65.
- Hötker, Thomsen, & Köster. (2004). Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse – Fakten, Wissenslücken, Anforderungen an die Forschung, ornithologische Kriterien zum Ausbau von regenerativen Energiegewinnungsformen, 87 M4 – Citavi.
- Hull, C. L., & Muir, S. C. (2013). Behavior and turbine avoidance rates of eagles at two wind farms in Tasmania, Australia. *Wildlife Society Bulletin*, 37(1), 49–58. <https://doi.org/10.1002/wsb.254>
- Hunt, W. G., McClure, C. J. W., & Allison, T. D. (2015). Do Raptors React to Ultraviolet Light? *Journal of Raptor Research*, 49(3), 342–343.
- Ingrassia, N. (2016). Does Sound Help Prevent Birds From Flying Into Objects ?
- Jorio, V. L. (2013). Hightech soll Zugvögel vor Windkraft-Rotoren schützen.
- Kelm, D. H., Lenski, J., Kelm, V., Toelch, U., & Dziock, F. (2014). Seasonal Bat Activity in Relation to Distance to Hedgerows in an Agricultural Landscape in Central Europe and Implications for Wind Energy Development. *Acta Chiropterologica*, 16 (1)(September 2015), 65–73. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3161/150811014X683273>

- Kerlinger, P., Gehring, J. L., Erickson, W. P., Curry, R., Jain, A., & Guarnaccia, J. (2010). Night Migrant Fatalities and Obstruction Lighting at Wind Turbines in North America. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(4), 744–754. <https://doi.org/10.1676/06-075.1>
- Kerns, J., & Kerlinger, P. (2004). A Study of Bird and Bat Collision Fatalities at the Mountaineer Wind Energy Center, Tucker County, West Virginia: Annual Report for 2003. A Report Prepared for FPL Energy and Mountaineer Wind Energy Center Technical Review Committee, 39. Retrieved from <http://www.wvhighlands.org/Birds/MountaineerFinalAvianRpt-3-15-04PKJK.pdf>
- Kikuchi, R. (2008). Adverse impacts of wind power generation on collision behaviour of birds and anti-predator behaviour of squirrels. *Journal for Nature Conservation*, 16(1), 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2007.11.001>
- Köppel, J., Dahmen, M., Helfrich, J., Schuster, E., & Bulling, L. (2014). Cautious but Committed: Moving Toward Adaptive Planning and Operation Strategies for Renewable Energy's Wildlife Implications. *Environmental Management*, 54(4), 744–755. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0333-8>
- Köppel, J., & Schuster, E. (2015). Book of Abstracts. Conference on Wind energy and Wildlife impacts (CWW 2015) (p. 154).
- Krijgsveld, K. L., Akershoek, K., Schenk, F., Dijk, F., & Dirksen, S. (2009). Collision Risk of Birds with Modern Large Wind Turbines. *Ardea*, 97(3), 357–366. <https://doi.org/10.5253/078.097.0311>
- Länderarbeitsgemeinschaft der staatlichen Vogelschutzwarten in Deutschland LAG VSW. (2017). Abschaltung von Windenergieanlagen (WEA) zum Schutz von Greifvögeln und Störchen bei bestimmten landwirtschaftlichen Arbeiten.
- LANU. (2008). Empfehlungen zur Berücksichtigung tierökologischer Belange bei Windenergieplanungen in Schleswig-Holstein. Schriftenreihe LANU SH - Natur, 13. Flintbek.
- Larsen, J. K., & Madsen, J. (2000). Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese (*Anser brachyrhynchus*): A landscape perspective. *Landscape Ecology*, 15(8), 755–764. <https://doi.org/10.1023/A:1008127702944>
- Laukenmann, J. (2014). Da kommen die Vögel ins Schwärmen. *Sonntagszeitung.ch*.
- Liechti, F., Guélat, J., Bauer, S., Mateos, M., & Komenda-Zehnder, S. (2012). Konfliktpotenzialkarte Windenergie - Vögel Schweiz : Teilbereich Vogelzug. Erläuterungsbericht. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Liechti, F., Guélat, J. Ô., & Komenda-Zehnder, S. (2013). Modelling the spatial concentrations of bird migration to assess conflicts with wind turbines. *Biological Conservation*, 162, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.03.018>
- Lindeiner, A. V. (2014). Windkraft und Vogelschutz. *Anliegen Natur*, 36(1), 39–46.
- Litsgård, F., Eriksson, A., & Wizelius, T. (2016). DTBird system Pilot Installation in Sweden . Possibilities for bird monitoring systems around wind farms . Experiences from Sweden's first, 1–3. Retrieved from http://www.dtbird.com/images/Downloads/Experiences_from_Swedens_first_DTBird_installation.Ecomcom_AB.pdf

- Mammen, U., Nicolai, B., Böhner, J., Mammen, K., Wehrmann, J., Fischer, S., & Dornbusch, G. (2014). Artenhilfsprogramm Rotmilan des Landes Sachsen-Anhalt. Berichte Des Landesamtes Für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, (5), 163. Retrieved from http://www.lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Wir_ueber_uns/Publikationen/Berichte_des_LAU/Dateien/Berichte_LAU_2014_5.pdf
- Manville, A. (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. USDA Forest Service General Technical Reports, 1051–1064. Retrieved from <http://treearch.fs.fed.us/pubs/32105>
- Martin, G. R., Portugal, S. J., & Murn, C. P. (2012). Visual fields, foraging and collision vulnerability in Gyps vultures. *Ibis*, 154(3), 626–631. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2012.01227.x>
- Martínez-Abraín, A., Tavecchia, G., Regan, H. M., Jiménez, J., Surroca, M., & Oro, D. (2012). Effects of wind farms and food scarcity on a large scavenging bird species following an epidemic of bovine spongiform encephalopathy. *Journal of Applied Ecology*, 49(1), 109–117. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02080.x>
- May, R. F. (2015). A unifying framework for the underlying mechanisms of avian avoidance of wind turbines. *Biological Conservation*, 190, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.004>
- May, Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S. H., & Nygaard, T. (2015). Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 170–181. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.002>
- Mcisaac, H. P. (2001). Raptor acuity and wind turbine blade conspicuity. *National Avian - Wind Power Planning Meeting IV*, (303), 59–87.
- McKee, J. (2010). On the Catwalk: Industry Models for Bird Strike Mitigation.
- Merritt, R., Kelly, T., & Andrews, G. (2008). A Quantitative Methodology for Determination of Migratory Bird Mortality Risk at Windfarms. The American Wind Energy Association, Windpower 2008 Conference in Houston, Texas, USA June 1-5, 2008, 1–6.
- Miosga, O., gerd, S., Krämer, D., & Vohwinkel, R. (2015). Besonderes Uhu-Höhenflugmonitoring im Tiefland. *Natur in NRW*, 3(15), 35–39.
- MKULNV, & LANUV. (2013). Leitfaden - Umsetzung des Arten- und Habitatschutzes bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in Nordrhein-Westfalen. Fassung: 12. November 2013. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.
- MKULNV Nordrhein-Westfalen. (2013). Leitfaden "Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen" für die Berücksichtigung artenschutzrechtlich erforderlicher Maßnahmen in Nordrhein-Westfalen. Forschungsprojekt des MKULNV Nordrhein-Westfalen, 91. Retrieved from http://artenschutz.naturschutzinformationen.nrw.de/artenschutz/web/babel/media/20130205_nrw_leitfaden_massnahmen.pdf
- Morrison, M. L. (2006). Bird Movements and Behaviors in the Gulf Coast Region: Relation to Potential Wind Energy Developments. Subcontractor Report NREL/SR-500-39572, (June), 38. Retrieved from <http://www.nrel.gov/wind/pdfs/39572.pdf>

- MULNV NRW, & LANUV. (2017). Leitfaden "Umsetzung des Arten- und Habitatschutzes bei der Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen in Nordrhein-Westfalen." Düsseldorf.
- MUV. (2013). Leitfaden zur Beachtung artenschutzrechtlicher Belange beim Ausbau der Windenergienutzung im Saarland. Ministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz Saarland.
- MUV Saarland. (2013). Leitfaden zur Beachtung artenschutzrechtlicher Belange beim Ausbau der Windenergienutzung im Saarland betreffend die besonders relevanten Artengruppen der Vögel und Fledermäuse, 112. Retrieved from http://www.saarland.de/dokumente/thema_naturschutz/Leitfaden_Artenschutz_Windenergie_Schlussfassung_19Juni2013.pdf
- MWKEL, ISIM, FM, & MULEWF. Hinweise für die Beurteilung der Zulässigkeit der Errichtung von Windenergieanlagen in Rheinland-Pfalz, Rundschreiben Windenergie § (2013).
- NAS. (2007). Environmental Impacts of Wind-Energy Projects. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6683-9_19
- Ocotillo Express LLC. (2011). Golden eagle conservation plan for the Ocotillo Wind Energy Facility, 65. Retrieved from http://icpds.com/CMS/Media/DRAFT_Ocotillo_ECP_4_3_2011.pdf
- Osborn, R. G., Higgins, K. F., Usgaard, R. E., Dieter, C. D., & Neiger, R. D. (2000). Bird mortality associated with wind turbines at the Buffalo Ridge Wind Resource Area, Minnesota. *The American Midland Naturalist*, 143(1), 41–52. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2000\)143\[0041:bmawwt\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2000)143[0041:bmawwt]2.0.co;2)
- OVG Magdeburg. Urteil vom 19.01.2012 - 2 L 124/09 (2012).
- OVG Nordrhein-Westfalen. Urteil vom 30.07.2009 - 8 A 2357/08 (2009).
- OVG Weimar. (2007). Urteil vom 29.05.2007 - 1 KO 1054/03, (1), 1–23.
- Paula, A., Santos, J., Cordeiro, A., Costa, H., Mascarenhas, M., & Reis, C. (2011). Habitat management for prey recovery an off-site mitigation tool for wind farms ' impacts on top avian predators. Conference on Wind Energy and Wildlife Impacts, (May).
- PNL. (2012). Abgrenzung relevanter Räume für windkraftempfindliche Vogelarten in Hessen. Frankfurt, Hungen.
- Pruett, C. L., Patten, M. A., & Wolfe, D. H. (2009). Avoidance behavior by prairie grouse: Implications for development of wind energy. *Conservation Biology*, 23(5), 1253–1259. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01254.x>
- Repas, M., Tome, R., Leitao, A. H., Canario, F., Rosario, I. T., Cardoso, P., & Pires, N. (2012). Case study : Barão S João - How to achieve zero mortality of soaring birds at a wind farm located in an important migration flyway. In Congreso Ibérico Energia y Conservación de Fauna, Jerez de la Frontera.
- RES Group. (2015). Identiflight. Aerial Detection System.
- Runge, H., Simon, M., & Widdig, T. (2009). Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben-Endbericht.
- Schreiber, M., Degen, A., & Flore, B.-O. (2016). Abschaltzeiten für Windkraftanlagen zur Vermeidung und Verminderung von Vogelkollisionen. Handlungsempfehlungen für das Artenspektrum im Landkreis Osnabrück.

- Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN) (Ed.). (2015). SIGN 50: a guideline developer's handbook. Edinburgh. Retrieved from <http://www.sign.ac.uk>
- Shamoun-Baranes, J., Bouten, W., Buurma, L., DeFusco, R., Dekker, A., Sierdsema, H., ... van Loon, E. (2008). Avian information systems: Developing web-based bird avoidance models. *Ecology and Society*, 13(2). <https://doi.org/38>
- Shamoun-Baranes, J., Farnsworth, A., Aelterman, B., Alves, J. A., Azijn, K., Bernstein, G., ... Van Gasteren, H. (2016). Innovative visualizations shed light on avian nocturnal migration. *PLoS ONE*, 11(8), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160106>
- Sheppard, J. K., McGann, A., Lanzone, M., & Swaisgood, R. R. (2015). An autonomous GPS geofence alert system to curtail avian fatalities at wind farms. *Animal Biotelemetry*, 3(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s40317-015-0087-y>
- Sinclair, K., & DeGeorge, E. (2016). Wind Energy Industry Eagle Detection and Deterrents : Research Gaps and Solutions Workshop Summary Report Eagle Detection and Deterrents Research Gaps and Solutions Workshop Summary Report, (April).
- Smallwood, K. S., & Karas, B. (2009). Avian and Bat Fatality Rates at Old-Generation and Repowered Wind Turbines in California. *Journal of Wildlife Management*, 73(7), 1062–1071. <https://doi.org/10.2193/2008-464>
- Smallwood, K. S., Neher, L., Beher, D., Didonato, J., Karas, B., Synder, S., & Lopez, S. (2008). Range Management Practices to reduce wind turbine impacts on burrowing owls and other raptors in the Altamont Pass wind Resource Area, California. Retrieved from <http://www.energy.ca.gov/>
- Smallwood, K. S., Neher, L., & Bell, D. A. (2009). Map-based repowering and reorganization of a wind resource area to minimize burrowing owl and other bird fatalities. *Energies*, 2(4), 915–943. <https://doi.org/10.3390/en20400915>
- Smallwood, S., & Spiegel, L. (2005). Assessment To Support an Adaptive Management Plan for the APWRA.
- Smallwood, & Thelander, C. G. (2004). Developing Methods to Reduce Bird Mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. California Energy Commission.
- Sorg, A. (2013). Vogelschlagprävention an Windkraftanlagen.
- Stantec Consulting Services. (2012). Avian and Bat Protection Plan for the Buckeye Wind Power Project.
- Steinborn, H., & Reichenbach, M. (2011). Kranichzug und Windenergie – Zugplanbeobachtungen im Landkreis Uelzen. *Naturkundliche Beiträge Landkreis Uelzen*, 3, 113–127.
- STMUG. (2011). Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windkraftanlagen (WKA). Gemeinsame Bekanntmachung der Bayerischen Staatsministerien des Innern, für Wissenschaft, Forschung und Kunst, der Finanzen, für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, für Umwelt und Gesundheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten .
- Strickland, M. D., Erickson, W. P., Johnson, G., Young, D., & Good, R. (2001). Risk Reduction Avian Studies at the Foote Creek Rim Wind Plant in Wyoming. Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Carmel, CA, May 16-17, 2000, 107–114.
- Strickland, M., Erickson, W., Kronner, K., & Orloff, S. (2005). Effects of Bird Deterrent Methods Applied to Wind Turbines at the CARES Wind Power Site in Washington State. National Avian - Wind Power Planning Meeting III, 47–55.

- Swaddle, J. P., Moseley, D. L., Hinders, M. K., & Smith, E. P. (2016). A sonic net excludes birds from an airfield: Implications for reducing bird strike and crop losses. *Ecological Applications*, 26(2), 339–345. <https://doi.org/10.1890/15-0829>
- Tellería, J. L. (2009). Potential impacts of wind farms on migratory birds crossing Spain. *Bird Conservation International*, 19, 131. <https://doi.org/10.1017/S0959270908008137>
- The Nebraska Wind and Wildlife Working Group. (2013). Guidelines for Wind Energy and Wildlife Resource Management in Nebraska, (March), 17 pp. Retrieved from <http://snr.unl.edu/renewableenergy/wind/tools.asp#stateguidelines>
- Thelander, C. G., Smallwood, K. S., & Ruge, L. (2003). Bird Risk Behaviors and Fatalities at the Altamont Pass Wind Resource Area. Retrieved from <internal-pdf://215.162.39.207/33829.pdf>
- Tomé, R., Canário, F., Leitão, A. H., Pires, N., Cardoso, P., & Repas, M. (2015). Radar assisted shutdown on demand ensures zero soaring bird mortality at a wind farm located in a migratory flyway, (March).
- Trierweiler, C. (2010). Travels to feed and food to breed.
- U.S. Fish and Wildlife Service. (2003). Interim guidelines to avoid and minimize wildlife impacts from wind turbines.
- U.S. Fish and Wildlife Service. (2012). U . S . Fish and Wildlife Service Draft Land-Based Wind Energy Guidelines.
- VG Kassel. Urteil vom 19.08.2015 L 232/15.KS (2015).
- VG Köln. Urteil vom 25. 10.2012 - 13 K 4740/09 (2013).
- VG Minden. Urteil vom 10.03.2010 - 11 K 53/09 (2011).
- VGH München. Urteil vom 29.03.2016 - 22 B 14.1875, 38 Natur und Recht 564–572 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10357-016-3057-0>
- Voltura, K., Kelly, T. A., West, T., Smith, A., Lewis, J., Vidao, J., & Davenport, J. (2012). A Roadmap for Mitigating Raptor Risk at Windfarms: Application of Advanced Avian Radar Technology. Konferenzbeitrag. NWCC Research Meeting IX, 2. Retrieved from [http://www.detect-inc.com/DeTect_info_wind/Paper - A Roadmap for Mitigating Raptor Risk at Windfarms- Application of Advanced Avian Radar Technology - Voltura et al - NWCC 121127.pdf](http://www.detect-inc.com/DeTect_info_wind/Paper_A_Roadmap_for_Mitigating_Raptor_Risk_at_Windfarms-Application_of_Advanced_Avian_Radar_Technology_-_Voltura_et_al_-_NWCC_121127.pdf)
- Walker, D., McGrady, M., McCluskie, A., Madders, M., & McLeod, D. R. A. (2005). Resident Golden eagle ranging behaviour before and after construction of a windfarm in Argyll. *Scottish Birds*, 25, 24–40. Retrieved from <http://www.natural-research.org/projects/documents/SB25-EAGLESDOC.pdf>
- Walters, K., Kosciuch, K., & Jones, J. (2014). Can the effect of tall structures on birds be isolated from other aspects of development? *Wildlife Society Bulletin*, 38(2), 250–256. <https://doi.org/10.1002/wsb.394>
- Wildlife Service, U. S. F. and. (2005). Avian Protection Plan Guidelines.
- Wilson, M., Fernández-Bellon, D., Irwin, S., & O'Halloran, J. (2015). The interactions between Hen Harriers and wind turbines. WINDHARRIER. Final Project Report.
- Worm, S. (2014). Der Einfluss der farblichen Gestaltung der Masten von Windenergieanlagen auf das Anflugrisiko von Vögeln in der Agrarlandschaft.

- Young, D. P., Erickson, W. P., Strickland, M. D., Good, R. E., & Sernka, K. . (2003). Comparison of avian responses to UV-light-reflective paint on wind turbines. Subcontractor Report July 1999 - December 2000 for National Renewable Energy Laboratory. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.002>
- Young, D. P., & Tidhar, D. (2012). Draft Criterion Wind Project Avian Protection Plan. Report Prepared for Criterion Power Partners LLC, 35. Retrieved from <http://mhk.pnl.gov/publications/criterion-wind-project-avian-protection-plan>
- Zakrajsek, E. J., & Bissonette, J. A. (2001). Nocturnal Bird-Avoidance Modeling with Mobile-Marine Radar. Bird Strike Committee Proceedings.

A Anhang

A.1 Hypothesen und zugehörige Einzelquellen

Tab. 9: Zusammenfassung der Hypothesen und dazu gehöriger Einzelquellen

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
I Räumliche Anordnung von WEA			
1	Die Anordnung von WEA in Clustern reduziert das KR gegenüber der Anordnung in Reihen.	Smallwood & Thelander 2004	mittel
		Larsen & Madsen 2000	gering
		Walker et al. 2005	gering
		Thelander et al. 2003	mittel
		Smallwood et al. 2008	mittel
		Pruett et al. 2009	gering
		Kikuchi 2008	gering
		U.S. Fish and Wildlife Service 2003	gering
2	WEA-Attrappen am Rand von WP reduzieren das KR gegenüber WP ohne Attrappen.	Smallwood & Thelander 2004	mittel
3	Die Größe des Abstands zwischen einzelnen WEA bzw. WP wirkt sich signifikant auf das KR aus.	Rasran & Dürr (in Hötker et al. 2013)	gering
		Hull & Muir 2013	gering
		Smallwood et al. 2008	gering
		Leitfaden SH	gering
		The Nebraska Wind and Wildlife Working Group 2013	gering
		Morrison 2006	gering
		OVG Berlin-Brandenburg Urteil 2 A 32.08 vom 26.11.2010	gering
		Walker et al. 2005	gering
Steinborn & Reichenbach 2011	gering		
4	Die Anordnung von WEA parallel zur Hauptflugrichtung senkt das KR gegenüber der Anordnung quer zur Hauptflugrichtung.	Steinborn & Reichenbach 2011	gering
		PNL 2012	gering

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
	tung.	Leitfaden BY	gering
		Leitfaden NRW	gering
		Leitfaden RP	gering
		Leitfaden SH	gering
		Leitfaden HE	gering
		U.S. Fish and Wildlife Service 2003	gering
		The Nebraska Wind and Wildlife Working Group 2013	gering
		Hötker et al. 2005	gering
		Hötker 2006	gering
		Drewitt & Langston 2006	gering
5	Die Vermeidung von Trichtereffekten führt zu einem verringerten KR.	Telleria 2009	gering
		Heim et al. 2015	gering
		Kelm et al. 2014	gering
		Smallwood & Thelander 2004	mittel
		Thelander et al. 2003	mittel
		Drewitt & Langston 2006	gering
II Eigenschaften der WEA			
6	Rohrturmbauweise führt zu geringerem KR im Vergleich zur Gitterturmbauweise.	Dürr & Rasran 2014	mittel
		Osborn et al. 2000	mittel
		Hull & Muir 2013	gering
		Thelander et al. 2003	mittel
		Anderson et al. 2004	mittel
		Leitfaden SH	gering
		NAS 2007	gering
		Stantec 2012	gering
		U.S. Fish and Wildlife Service 2005	gering
		U.S. Fish and Wildlife Service 2003	gering
		The Nebraska Wind and Wildlife Working Group 2013	gering

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
		Curry & Kerlinger 1998	gering
7	Die Mastfarbe hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko.	Worm 2014	hoch
		Dürr 2011	gering
		PNL 2012	gering
		Leitfaden BY	gering
		Leitfaden RP	gering
		Leitfaden Saarland	gering
		VG Köln Urteil vom 25.10.2012 - 13 K 4740/09	gering
8 und 9	Mit zunehmender Nabenhöhe steigt das Kollisionsrisiko und Die Höhe des unteren Rotordurchgangs beeinflusst das Kollisionsrisiko	Everaert 2014	mittel
		Lucas et al. 2008	mittel
		Hötker et al. 2013	gering
		Grajetzky & Nehls (in Hötker et al. 2013)	gering
		Rasran & Dürr (in Hötker et al. 2013)	gering
		Mammen et al. 2014	gering
		Krijgsveld et al. 2009	mittel
		Anderson et al. 2004	mittel
		Smallwood & Thelander 2004	mittel
		Thelander et al. 2003	mittel
		Barclay et al. 2007	gering
		Miosga et al. 2015	gering
Smallwood et al. 2009	mittel		
11	Die Färbung der Rotorblätter hat Einfluss auf das KR.	Hodos 2003	mittel
		Smallwood & Karas 2009	gering
		Mclsaac 2001	mittel
		Young et al. 2003	mittel
		Doyle et al. 2014	gering
		Hunt et al. 2015	mittel
		Hodos et al. 2001	mittel
Strickland et al. 2001	mittel		

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
		Habberfield & St. Clair 2016	gering
10	Mit zunehmendem Rotordurchmesser steigt das KR.	Rasran & Dürr (in Hötter et al. 2013)	gering
		Thelander et al. 2003	mittel
		Anderson et al. 2004	mittel
		Walters et al. 2014	gering
12	Höhere Rotorgeschwindigkeiten erhöhen das KR.	Thelander et al. 2003	mittel
		Smallwood & Thelander 2004	mittel
		Smallwood & Karas 2009	mittel
		Manville 2005	gering
		NAS 2007	gering
III Vermeidung von Anlockung			
13	Eine für Greifvögel (Kleinsäuger) unattraktive Gestaltung des Mastfußbereichs reduziert das Kollisionsrisiko	Mammen et al. 2014	gering
		Mammen et al. 2014	gering
		Cordeiro et al. 2013	gering
		Morrison 2006	gering
		OVG Weimar Urteil vom 29.05.2007 - 1 KO 1054/03	gering
		Hötter et al. 2006	gering
		VGH Kassel Urteil vom 17.12.2013 - 9 A 1540/12.Z	gering
14-1	Zeitpunkt von Ernte oder Mahd im Windpark in Bezug zum Umfeld beeinflusst das Kollisionsrisiko.	Hötter et al. 2014	hoch
14-2	Grünland -oder Luzerneanbau im Windpark erhöhen das Kollisionsrisiko bzw. Flächennutzung der WEA-Standorte durch ausschließlich Grünland senkt Kollisionsrisiko	Mammen et al. 2014 bzw. VGH München - Urteil vom 29.03.2016 - 22 B 14.1876	mittel / gering
14-3	Verzicht des Anbaus von Wintergerste in der unmittelbaren Umgebung von WEA reduziert das Kollisionsrisiko.	Grajetzky & Nehls 2014	mittel
14-4	Nutzung des Bereichs um die WEA in Form von Landwirtschaftliche Monokulturen um WEA senken das Kollisionsrisiko.	VG Köln Urteil vom 25.10.2012 - 13 K 4740/09	gering

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
14-5	Ein Habitatmanagement, das Anlockung vermeidet, reduziert das Kollisionsrisiko	U.S. Fish and Wildlife Service 2003	gering
14-6	Anbau von Mais oder anderer unattraktiver Feldfrüchte im Umfeld der WEA senkt das Kollisionsrisiko bzw. Die Landwirtschaft bestimmt mit der Wahl der Feldfrüchte das Kollisionsrisiko.	VG Minden Urteil vom 10.03.2010 - 11 K 35/09 bzw. OVG Magdeburg Urteil vom 19.01.2012 - 2 L 124/09	gering
14-7	Unattraktive Gestaltung für Greifvögel durch z. Anbau von Getreide oder Raps oder der Nicht-Anbau von Feldgras reduziert das Kollisionsrisiko	OVG Nordrhein-Westfalen Urteil vom 30.07.2009 - 8A 2357/08	gering
14-8	Deckung bietende Vegetation oder Gegenstände im WP, die Greifvogel-Beute anlocken könnten, erhöht das Kollisionsrisiko	Ocotillo Express LLC 2011	gering
15	Flächenbewirtschaftung: Vermeidung von Misthaufen bzw. organische Düngung im WP reduziert das Kollisionsrisiko	Krone et al. 2014	mittel
16	Bekämpfung/ Regulierung von Kleinsäugetern im WP verringert das KR nicht.	Smallwood & Spiegel 2005	hoch
		Hunt 2002	gering
		Hoover 2002	gering
		Smallwood & Thelander (2004, 2005)	gering
		Curry & Kerlinger (1998)	gering
		Kingsley and Whittam 2007	gering
17	Flächenbewirtschaftung: die Beseitigung von Kadavern (Wild- und Nutztiere) , keine kalbenden/lammenden Muttertiere im Windpark verringern das Kollisionsrisiko	USFWS 2003	gering
		Ocotillo Express LLC 2011	gering
		Junta de Andalucia 2009	gering
		Martin et al. 2012	gering
		Sinclair & DeGeorge 2016	gering
		Young & Tidhar 2012	gering
		Ocotillo Express LLC 2011	gering
18	Vermeidung von Steinhaufen im WP reduziert das KR.	Smallwood & Spiegel 2005	hoch
		Ocotillo Express LLC 2011	gering
19	Betretungsverbote vermeiden Auffliegen und verringern das Kollisionsrisiko	U.S. Fish and Wildlife Service 2005	gering

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
20	Die Vermeidung von WEA-Kennzeichnung – hier Beleuchtung – im Windpark verringert das Kollisionsrisiko	Kerlinger et al. 2010	gering
		Hötker et al. 2006	gering
		Arizona Game and Fish Department 2009	gering
		USFWS 2012	gering
		Ballasus et al. 2009	gering
		Gehring et al. 2009	hoch
		Kerns und Kerlinger 2004	mittel
		Erickson et al. 2001	gering
		Morrison 2006	gering
		Desholm 2006	gering
		Kerns und Kerlinger 2004	mittel
		Arizona Game and Fish Department 2012	gering
		Ballasus et al. 2009	hoch
		Arizona Game and Fish Department 2009	gering
		Kerlinger et al. 2010	gering
		GAO 2005	gering
		Black Oak & Getty 2012	gering
		Stantec 2012	gering
Young & Tidhar 2012	gering		
U.S. Fish and Wildlife Service 2003	gering		
The Nebraska Wind and Wildlife Working Group 2013	gering		
IV Weglockung: Habitat- und Ernährungsoptimierung abseits der Anlagen.			
21	Die Schaffung von Nahrungs- oder Bruthabitaten außerhalb von Windparks senkt das Kollisionsrisiko	BayStMI, BayStMWFK, StMWiVT, BayStMU, and BayStMELF. "Hinweise Zur Planung Und Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) (Windenergie-Erlass - BayWEE)," 2016, 1–59.	gering
		Cordeiro et al. 2013	mittel
		Camiña 2011	hoch
		Mammen et al. 2014	mittel

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
		PNL 2012	gering
		Walker et al. 2005	hoch
		Paula et al. 2011	hoch
		Breuer et al. 2015	gering
		Robson 2011	hoch
		Martínez-Abraín et al. 2012	hoch
		Camíña 2011	hoch
		Smallwood et al. 2009	gering
		OVG Nordrhein-Westphalen Urteil vom 30.07.2009 - 8A 2357/08	gering
		VG Kassel Urteil vom 19.08.2015 - L 232/15.KS	gering
		VG Minden Urteil vom 10.03.2010 - 11 K 35/09	gering
		VGH Baden-Württemberg Beschluss vom 06.06.2016 - 3 S 942/16	gering
		VGH München - Urteil vom 29.03.2016 - 22 B 14.1876	gering
		Grajetzky et al. 2014	hoch
		Lindeiner 2014	gering
		VG Cottbus Urteil vom 07.03.2013 - VG 4 K 6/10	gering
		Johnson et al. 2007	mittel
		PNL 2012	mittel
		PNL 2012	mittel
22	Artgenossen-Attrappen locken Vögel auf ungefährdete Flächen und senken das KR.	Larsen & Guillemette 2007	gering
VI Vergrämung: akustisch			
23	Einsatz von bio-akustischen Warnrufen, künstliche Knallgeräusche oder Ultraschall senken das Kollisionsrisiko	Hanagasioglu et al. 2015	gering
		Arnett & May 2016	gering
		Bulling et al. 2015	gering
		Biehl et al. 2016	mittel
		May et al. 2015	gering

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
		Bishop et al. 2003	gering
24	Lautere Rotorblattgeräusche reduzieren das Kollisionsrisiko	Dooling 2002	gering
		Sorg 2013	gering
25	Einsatz von unterschiedlichen Geräuschen mit unterschiedlichen Anwendungsmustern reduzieren das Kollisionsrisiko	Gilsdorf et al. 2003	gering
26	Fallbezogene akustische Reize sind geeignet Vögel auf visuelle Hindernisse aufmerksamer zu machen und senken das Kollisionsrisiko	Ingrassia 2016	mittel
27	Durchgehende Geräuschkulisse zwischen 2-10 Hz reduziert das Kollisionsrisiko	Swaddle et al. 2016	mittel
V Vergrämung: visuell			
28	UV-Licht senkt das Kollisionsrisiko	Hunt et al. 2015	mittel
		Blackwell et al. 2012	mittel
29	stroboskopische / blitzende / drehende Beleuchtung reduziert Kollisionsrisiko	Biehl et al. 2015	gering
		May et al. 2015	gering
30	Abspannseile mit bird flight divertern (BFD) an WEA reduzieren das Kollisionsrisiko	Strickland et al. 2005	gering
33	Elektromagnetische Strahlung reduziert das Kollisionsrisiko	May et al. 2015	gering
		Bulling et al. 2015	gering
31	Einsatz von Lasern reduziert das Kollisionsrisiko	Blackwell et al. 2012	mittel
		Bulling et al. 2015	mittel
		Bishop et al 2003	mittel
		May et al. 2015	gering
		May et al. 2015	gering
--	Reflektoren an den Rotorblättern reduziert das Kollisionsrisiko	May et al. 2015	gering
--	Rotorblätter in schwarz und weiß reduzieren das Kollisionsrisiko	Luell 2013	gering
--	Färbung der Rotorblätter oder Anpassung der Turbinenbeleuchtung führt zur Reduzierung von Kollisionen an WEA.	Arnett & May 2016	gering
--	Automatisierte Kameraerkennung von Vögeln zur Vergrämung mit Laser oder Blinklicht senkt das Kollisionsrisiko	Clarke 2004	gering

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
VII Betriebsregulierung: Abschaltalgorithmen im Zusammenhang mit Flächenbewirtschaftung			
34	Eine Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen reduziert das Kollisionsrisiko	Biehl et al. 2105	mittel
		Bulling et al. 2015	gering
		FA Wind 2016	gering
		Frenz 2016	gering
		Hessischer VGH, Beschluss vom 17.12.2013 - 9 A 1540/12.Z	gering
		VGH Baden-Württemberg, Beschluss vom 06.06.2016 3 S 942/16	gering
		VG Minden, Urteil vom 10.03.2010 - 11 K 53.09	gering
		LAU 2014	gering
		NLT 2014	gering
35	Gezieltes Abschalten einzelner WEA in pot. Gefahrensituationen bzw. -bereichen reduziert das Kollisionsrisiko	Johnston et al. 2014	gering
		Hoover 2002	gering
		American Wind Wildlife Institute (AWWI) 2015	mittel
		Arnett & May 2016	mittel
		Repas et al. 2012	mittel
		Lucas et al. 2012	hoch
		Birdlife International 2015	gering
36	Betriebsregulierung zu Zeiten hoher Abundanz/Aktivität reduziert das Kollisionsrisiko	Stantec 2015	hoch
		Government Accountability Office 2005	gering
		deLucas et al. 2008	gering
		Bulling et al. 2015	gering
		Birdlife International 2015	gering
		The Nebraska Wind and Wildlife Working Group 2013	gering
		VG Aachen - Beschluss vom 02.09.2016 - 6 L 38/16	gering
		VG Koblenz - Urteil vom 05.11.2015 - 4 K 1106/14.KO	gering
		VG Oldenburg, Beschluss vom 07.07.2011 - 5 B 1433/11	gering
VG Minden, Urteil vom 08.08.2016 - 1 L 1155/16	gering		

Nr	Hypothese	Quelle	Aussagekraft
		Smallwood & Spiegel 2005	mittel
37	„Geofences“ – (virtuelle Grenzzäune) reduzieren das Kollisionsrisiko	Sheppard et al. 2015	gering
		Sheppard et al. 2015a	mittel
		Sheppard et al. 2015b	mittel
38	Einsatz von Radar zur Erkennung von Vogelaktivität reduziert das Kollisionsrisiko	Davenport & Kelly 2008	gering
		DeTect	gering
		Jorio 2014	gering
		Merrit et al. 2008	gering
		Laukenmann 2014	gering
		Zakrajsek & Bisonette 2001	mittel
		Voltura et al. 2012	gering
		McKee	gering
Ocotillo Express LLC 2011	gering		
39	Der Einsatz von automatischen Monitoring- und Erkennungssystemen reduziert das Kollisionsrisiko	RESGroup 2015	gering
		DTBird	gering
		Rioperez	mittel
		May et al. 2012	mittel
		Hanagasioglu et al. 2015	mittel
		Aschwanden et al. 2014	gering
		VGH München, Urteil vom 29.03.2016 - 22 B 14.1875	gering
40	Einsatz eines Wetter-Radar zur Erkennung größerer Vogelbewegungen reduziert das Kollisionsrisiko	Gauthreaux, S.	gering
41	Webbasierte Vorhersagemodelle der Vogelaktivität senkt das Kollisionsrisiko	Shamoun-Baranes et al. 2008	mittel

A.2 Gesamtüberblick der Hypothesenbewertung

Tab. 10: Gesamtbewertung der Hypothesen zu der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahme hinsichtlich Evidenz, Empfehlungsgrad und Priorisierung des Untersuchungsbedarfs (Zusammenlegung von Tab. 6 und Tab. 8).

Erläuterung Evidenz: M: Meta-Analysen, S: Fall-Kontroll-Studien, F: Einzelfallstudien, E: Expertenmeinung; ++ (grün): hoch, + (grau): mittel, - (rötlich): gering

Erläuterung Empfehlung: Hier wird begründet eine Empfehlung für den Einsatz der Vermeidungsmaßnahme, die der jeweiligen Hypothese zugehörig ist, in der Planungspraxis ausgesprochen. Dafür werden folgende Stufen vergeben: A (grün): Starke Empfehlung „Soll“ ggf. eingesetzt werden, B (grau): Empfehlung offen „kann“ eingesetzt werden, C (rötlich): Empfehlung gegen eine Anwendung, „sollte nicht“ eingesetzt werden.

Erläuterung Priorisierung: Zusammenfassende Bewertung anhand von vier Kriterien, die jeweils wie folgt bewertet wurden: - nicht zutreffend, + zutreffend, ++ sehr zutreffend (s. Tab. 3), woraus sich eine Spanne von 2 minus bis 8 plus ergibt, s.Kap: 4.2, nur Hypothesen mit Empfehlung A oder B

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
I - Räumliche Anordnung der WEA	1	Die Anordnung von WEA in Clustern reduziert das Kollisionsrisiko gegenüber der Anordnung in Reihen.	F+	Übereinstimmende Fallserien und Fallstudien, konkrete Kollisionszahlen und Raumnutzungsbeobachtungen an verschiedenen Windparks in den USA.	A	Maßnahme in Bezug auf Flugwege und auf den Grundsatz: „Kompakte Cluster statt raumgreifender Reihen“ sinnvoll. Anordnung jedoch oft von weiteren Faktoren abhängig.	2 minus
	2	WEA-Attrappen am Rand von WP reduzieren das Kollisionsrisiko gegenüber WP ohne Attrappen.	E-	Einzelmeinung ohne experimentelle Evaluierung, wird in anderen Quellen nicht aufgegriffen.	C	Zu hohe Beeinträchtigung des Landschaftsbildes bei unklarem Wirkungszusammenhang.	

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	3	Die Größe des Abstands zwischen einzelnen WEA bzw. WP wirkt sich signifikant auf das Kollisionsrisiko aus.	F+	Überwiegend einheitliche Beobachtungen in verschiedenen Gegenden (USA, EU), vermutlich art- und verhaltensspezifische (z. B. Zug, Nahrungssuche) Unterschiede.	B	Maßnahme sinnvoll, Effizienz der Risikoreduzierung unklar. Vermutlich situationsabhängig.	1 plus
	4	Die Anordnung von WEA parallel zur Hauptflugrichtung senkt das Kollisionsrisiko gegenüber der Anordnung quer zur Hauptflugrichtung.	E++	Mehrere nationale und internationale Leitfäden, sowie mehrere Literaturstudien, konkrete Studien ohne Kollisionsraten.	B	Maßnahme sinnvoll, Effizienz ist aber mangels geeigneter Studien unklar. Bei geplanten WP prinzipiell umsetzbar.	Null
	5	Die Vermeidung von Trichtereffekten führt zu einem verringerten Kollisionsrisiko.	F+	Übereinstimmende Fallserien und Fallstudien mit Bezug auf Raumnutzung und Kollisionsraten. Analoge Empfehlungen auch für andere Tiergruppen (Fledermäuse).	B	Maßnahme sinnvoll, Effizienz ist aber aufgrund des Mangels an geeigneten Studien unklar. Bei geplanten WP prinzipiell umsetzbar.	Null
II - WEA Eigenschaf- ten	6	Rohrturmbauweise führt zu geringerem Kollisionsrisiko im Vergleich zur Gitterturmbauweise.	F+	Fallstudien kommen z.T. zu widersprüchlichen Ergebnissen. Jedoch überwiegend positive Einschätzung in der Literatur.	A	Maßnahme in Deutschland ohnehin gängige Praxis.	2 plus

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	7	Mastfarbe hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko	F+/E+ +	Überwiegend Leitfäden mit übereinstimmenden Aussagen, ergänzt durch einzelne Untersuchungen und Fallstudien.	A	Grünlicher bzw. bräunlicher Anstrich in Bezug auf bestimmte Arten (Feldvögel) sinnvoll.	2 plus
	8	Die Nabenhöhe beeinflusst das Kollisionsrisiko	F-	Teilwidersprüchliche Fallserien und Fallstudien, insb. zum Raumnutzungsverhalten bzgl. bestimmter Arten(-gruppen) und Kollisionszahlen.	B	Diese WEA-Eigenschaften wirken sich artspezifisch sehr unterschiedlich aus, sodass hier grundsätzliche Empfehlungen kaum möglich sind. Bei der Planung von WP und Repowering-Vorhaben sollte daher fallbezogen entschieden werden.	2 plus
	9	Die Höhe des unteren Rotordurchgangs beeinflusst das Kollisionsrisiko.	F+	Verschiedene Fallstudien und Untersuchungen, insbesondere mit Hinblick auf Telemetrie und Raumnutzung; konkrete Risikobewertungen werden i. d. R. nicht vorgenommen.	B		2 plus
	10	Mit zunehmendem Rotordurchmesser steigt das Kollisionsrisiko	F+	Meist übereinstimmende Fallserien und Fallstudien, insb. zum Raumnutzungsverhalten bzgl. bestimmter Arten(-gruppen); konkrete Kollisionszahlen vorhanden.	B	2 plus	

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	11	Die Färbung der Rotorblätter hat Einfluss auf das Kollisionsrisiko	F-	Einige Studien unter Laborbedingungen (mit ausgewählten Arten); wenige Freilandstudien mit nicht gesicherten Ergebnissen zum Kollisionsrisiko.	B	Empfehlung nur eingeschränkt, da Zulassung in Deutschland fraglich und weitere Aspekte (Landschaftsbild) zu berücksichtigen sind.	2 plus
	12	Höhere Rotorgeschwindigkeiten erhöhen das Kollisionsrisiko	F+	Übereinstimmende Fallserien und Fallstudien, konkrete Kollisions- und Raumnutzungsbeobachtungen an verschiedenen Windparks in den USA.	C	Effekt vermutlich artspezifisch sehr unterschiedlich. Empfehlungen können daher nur fallbezogen ausgesprochen werden.	
III - Vermeidung von Anlockung	13	Unattraktive Gestaltung der Mastfüße für Kleinsäuger reduziert das Kollisionsrisiko	E-	Maßnahme wird in Leitfaden häufig genannt, wiederholte Expertenmeinung, Wirksamkeit naheliegend.	B	Auch wenn Mastfüße aktuell zu meist als unattraktive Betonfläche gebaut werden, gilt die Empfehlung weiterhin.	1 plus

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	14	Die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen im Windpark beeinflusst das Kollisionsrisiko	S+ bis E+	Zahlreiche Einzelhypo- thesen/-maßnahmen, deren Wirksamkeit fall- bezogen ermittelt wurde; gute Fall-Kontroll- Studien, Fallstudien und zahlreiche, häufig über- einstimmende Exper- tenmeinungen Ausmaß der Lenkungs- wirkung und der Sen- kung des Kollisionsrisi- kos wurde bisher kaum quantifiziert.	A	Eine abgestimmte Bewirtschaftung innerhalb eines Windparks ist emp- fehlenswert.	4 plus
	15	Vermeidung von Misthaufen bzw. organische Düngung im WP reduziert das Kollisionsrisiko	F-	Wirksamkeit der Maß- nahme ist wahrschein- lich, wenn auch hier nur am Einzelfall beobachtet.	B	Wirksamkeit für Misthaufen wahr- scheinlich; Verbot org. Düngung un- realistisch.	Null
	16	Bekämpfung/ Regulierung von Kleinsäugetern im WP verringert das Kollisionsrisiko.	F-	Keine Belege in Fallstu- dien; allerdings häufige Expertenmeinung in Nordamerika.	C	Unerwünschte Nebenwirkungen sind sehr wahr- scheinlich.	
	17	Verzicht auf kalbende/lammende Muttertiere im WP bzw. Beseitigung von Kadavern (Wild- und Nutztiere) im WP verringern das Kollisionsrisiko.	E++	Evidenz naheliegend, da Aas Groß- und Greifvö- gel anzieht; relevant wahrscheinlich nur in den USA und ggf. Süd- europa.	B / C	In Deutschland bzgl. kalben- de/lammende Tiere ggf. relevant (B), bzgl. Kadavern nicht relevant (C).	2 minus

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	18	Vermeidung von Steinhäufen im WP reduziert das Kollisionsrisiko	E+	Strukturvielfalt lockt Beute und in der Folge Greifvögel an. Maßnahme wird häufig für amerikanische Halbwüsten genannt, aber nur zwei Quellen.	B	Maßnahme kann angewendet werden, ausdehnt auch auf kleinräumige Strukturen / Biotope.	2 minus
	19	Betretungsverbote vermeidet Auffliegen und verringert das Kollisionsrisiko.	E+	Evidenz naheliegend.	C	Landwirtschaftliche Nutzflächen sind privat und werden kaum begangen. Möglichkeit und Effizienz von Kontrollen sind fraglich.	
	20	Die Vermeidung von WEA-Kennzeichnung – hier Beleuchtung – im Windpark verringert das Kollisionsrisiko.	S+	Wirkung der Maßnahme in Einzelfällen nachgewiesen und plausibel.	B	Vor allem im Rahmen bedarfsgesteuerter Nachtkennzeichnung empfehlenswert; derzeit noch sehr teuer.	2 minus

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
IV - Weglockung	21	Die Schaffung von Nahrungs- und Bruthabitaten außerhalb von Windparks senkt das Kollisionsrisiko.	S+ bis E+	Zahlreiche Einzelhypothesen/ -maßnahmen, deren Wirksamkeit fallbezogen ermittelt wurde; Fall-Kontroll-Studien, Fallstudien und zahlreiche übereinstimmende Expertenmeinungen. Ausmaß der Lenkungswirkung und der Senkung des Kollisionsrisikos wurde bisher kaum quantifiziert.	A	Eine abgestimmte Bewirtschaftung innerhalb eines Windparks ist empfehlenswert	4 plus
	22	Artgenossen-Attrappen locken Vögel auf ungefährdete Flächen und senken das Kollisionsrisiko.	E+	Einzelne Expertenmeinung mit fraglicher Wirksamkeit. In der Studie für Meeresenten im Offshore Bereich untersucht.	C	Übertragbarkeit auf z. B. Rastvögel erscheint möglich. Geeignete Flächen locken eigenständig ohne die Notwendigkeit von Artgenossen-Attrappen.	

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
V - Akustische Vergrämungs- maßnahmen	23	Einsatz von bio-akustischen Warnrufen effektiver als künstliche Knallgeräusche oder Ultraschall, um Kollisionsrisiko zu reduzieren	F+	In mehreren Fallstudien an unterschiedlichen Arten Wirksamkeit beobachtet, jedoch auch Hinweise, dass möglicherweise nicht für jede Art geeignet	B	Wirksamkeit ist noch abschließend geklärt, aber sofern ein arterkennendes System (z. B. IDentiFlight, DTBird) verknüpft ist, spricht nichts gegen eine Anwendung. In größeren Windparks sollte der Einsatz auf die Randbereiche beschränkt bleiben, um einen „Ping-Pong“-Effekt zu vermeiden. Allerdings nicht für alle Arten geeignet.	2 plus
	24	Lautere Rotorblättergeräusche reduzieren Kollisionsrisiko	F-	Nur Theorie auf Grundlage des ermittelten Hörvermögens von Vögeln und Geräuschemissionen von WEAs, eigentliche Hypothese wurde nicht überprüft	C	Wirksamkeit sowie Gewöhnungseffekte unklar, hohes Störungspotenzial und damit Akzeptanzproblem in der Bevölkerung	

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	25	Einsatz von wechselnden Geräuschen und unterschiedlichen Anwendungsmustern reduzieren Kollisionsrisiko	F+	In einigen Fallstudien positive Effekte beobachtet, Reduzierung des Gewöhnungseffekts	B	Wirksamkeit nicht abschließend geklärt (insb. langfristige Gewöhnung), aber wenn arterkennendes System (z. B. IdentiFlight, DTBird) verknüpft ist, spricht nichts gegen eine Anwendung. In größeren Windparks Einsatz auf Randbereiche beschränken, um einen „Ping-Pong“-Effekt zu vermeiden.	3 plus
	26	Fallbezogene akustische Reize sind geeignet Vögel auf visuelle Hindernisse aufmerksamer zu machen und Kollisionen an WEAs zu reduzieren	S+	Systematische Fall-Kontroll-Studie in Laborversuch an Zebrafinken und einige Freilandstudien unterstützen die Hypothese	B	Gewöhnungseffekt unklar, Bei Dauereinsatz hohes Störungspotenzial, aber sofern ein arterkennendes System (z. B. IdentiFlight, DTBird) verknüpft ist, spricht nichts gegen eine Anwendung.	4 plus

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	27	Durchgehende Geräuschkulisse zwischen 2 - 10 Hz reduziert Kollisionsrisiko	S+	Studie auf Flugplatz belegt hohe Wirksamkeit	C	Insbesondere in großen Windparks durchgehende Geräuschkulisse nicht auf kleinen Bereich begrenzt, Störung anderer Tierarten ebenfalls zu erwarten, hohe Lärmbeeinträchtigung der Bevölkerung.	
VI – Vergrämung visuell	28	UV-Licht reduziert Kollisionsrisiko	F-	Unterschiedliche Ergebnisse in Fallbeispielen beobachtet	C	Tatsächliche Vergrämungswirkung v. a. bei Greifvögeln zweifelhaft, unterschiedliche Wirkung bei unterschiedlichen Vogelarten	
	29	stroboskopische / pulsierende / drehende Beleuchtung reduziert Kollisionsrisiko	E-	Einzelne Expertenmeinung, wird für potenziell wirksam eingeschätzt, insbesondere bei gezieltem Einsatz (z. B. Radar, DTBird), Systematische Untersuchungen fehlen aber	C	Vergrämungswirkung bislang kaum untersucht, führt möglicherweise ggf. Irritationen/ Desorientierung von Vögeln, hohes Störpotenzial	

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	30	Abspannseile mit bird flight diverters (bfd) an WEAs reduzieren Kollisionsrisiko	F-	Unterschiedliche Ergebnisse in verschiedenen Fallstudien.	C	Wirksamkeit sowie geeignete Konstruktionen unbekannt, Abspannseile selbst können ebenfalls zu Kollisionen führen	
	31	Einsatz von Lasern reduziert Kollisionsrisiko	S+	Mehrere Studien zeigen positive Effekte	C	Störungen der Bevölkerung, Verkehr und andere Tieren möglich, Verletzungen an Vögeln durch Einsatz von Lasern beobachtet	
	32	Einsatz von UV-Lasern reduziert Kollisionsrisiko	E-	Einzelne Expertenmeinung, jedoch ohne Aussage zur Wirksamkeit, noch nicht getestet	C	Bislang nur spekulative Überlegung, Wirksamkeit unklar, Gefahren nicht abschätzbar	
	33	Elektromagnetische Strahlung reduziert Kollisionsrisiko	E-	Wirksamkeit bislang unbekannt, Einzelne Expertenmeinungen, wird aktuell untersucht.	C	Nach Expertenmeinung müsste Strahlung so hoch sein, dass gesundheitliche Risiken für Tier und Mensch entstehen.	

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
VII - Betriebsregu- lierung	34	Abschaltung zu bestimmten Bewirtschaftungsereignissen (Mahd, Ernte,...) reduziert Kollisionsrisiko	F+	Mehrere Fallstudien bestätigen Zusammenhang zwischen Mahdereignis und erhöhter Nutzung der Flächen von Greifvögeln (z. B. Rotmilan, Wiesenweihe), bereits in verschiedenen Leitfäden aufgegriffen und als Vermeidungsmaßnahme empfohlen	A	Etablierte Maßnahme, viele Hinweise auf Wirksamkeit	6 plus
	35	Gezieltes Abschalten einzelner WEAs in windparkspezifischen Gefahrensituationen als adaptives Management (Annäherung Zielarten, bestimmte Witterungsbedingungen, z. B. Thermik etc.) bzw. -bereichen reduziert das Kollisionsrisiko	S+	Mehrere Studien belegen Wirksamkeit	A	Einsatz aufgrund gut belegter Wirksamkeit sinnvoll, jedoch hoher Aufwand bei Ermittlung des situationsabhängigen Gefahrenpotenzials	2 plus
	36	Betriebsregulierung zu Zeiten hoher Abundanz/ Aktivität (z. B. Zugzeiten etc.) reduziert das Kollisionsrisiko	F+	Von mehreren Experten als wirksam eingestuft, wird bereits in der Praxis umgesetzt und in Leitfäden empfohlen.	A	Einsatz sinnvoll, sofern artspezifische Schwellenwerte bzw. Verhaltensweisen, die Kollisionsgefahr erhöhen (Balzflüge, witterungsabhängige Flughöhe etc.) bekannt sind.	5 plus

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	37	Automatisches GPS "geofence" Warnsystem ist geeig- net Kollisionsrisiko zu senken	F+	Aktuell erfolgreich an Kondoren im Einsatz	C	Durchführung scheint nur bei seltenen und sehr standorttreuen Arten (z. B. Adler) sinnvoll. Hoher Aufwand, da alle Tiere, die den Bereich der WEA durchqueren, be- sendert werden müssen mit der Unsicherheit nicht alle betroffenen Individuen zu er- fassen. Zum Schutz einzelner Arten und Individu- en in bestimmten Situationen sinn- voll.	
	38	Radarbasierte Betriebsregulierung reduziert Kollisions- risiko	F+	Bereits erfolgreich in Spanien eingesetzt, mehrere Experten sehen in Radar hohes Potenzial	B	Technik weist zwar noch Defizite auf, ist jedoch in steti- ger Weiterentwick- lung, bei ausgereif- ter Technik und funktionierender Arterkennung Ein- satz erfolgsver- sprechend	4 plus

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	39	39a) Einsatz von DTBird reduziert Kollisionsrisiko	F+	Positive Beobachtungen in den Einsatzgebieten, jedoch noch hohe Anzahl an Falschmeldungen	B	Aufgrund von positiven Erfahrungen Einsatz zu empfehlen, weitere Validierung und Weiterentwicklung erforderlich	5 plus
		39b) Einsatz von IdentiFlight reduziert Kollisionsrisiko	E+	Nach einzelnen Expertenmeinung als wirksame Technik zur Vermeidung von Kollisionen empfohlen	B	Informationen zur Trefferquote/ Fehlerquote kaum bekannt, Erfahrungen aus der Praxis nicht verfügbar, Technik aber möglicherweise geeignet, bedarf Validierung	5 plus
VIII - Sonstige	40	Einsatz von Wettarradar zur Erkennung von größerer Vogelbewegungen reduziert Kollisionsrisiko	F+	In Amerika bereits erfolgreich zur Erkennung von erhöhter Zugaktivität eingesetzt, in Europa in der Entwicklung.	B	Für Windparks in Zugrouten sinnvoll, für Vogelzugprognosen in der Entwicklung. Technik in Europa noch nicht ausgereift.	

Maßnahmen- gruppe	Nr	Maßnahme als Hypothese/ Befund	Evi- denz	Kurzbegründung aus Literaturübersicht, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Empfeh- lung	Kurzbegründung, s. Kap. 3.1 bis 3.8	Priorisie- rung Unter- suchungs- bedarf, s. Kap. 4.2; Spanne „4 mal mi- nus“ - „8 mal plus“
	41	Webbasiertes Vorhersagemodell reduziert Kollisionsri- siko	E+	Technische Funktion mit Erfolgen erprobt, jedoch keine tatsächliche Studie inwiefern sich Kollisionen verringern, Experten sehen jedoch Potenzial	C	Für bestehende Windparks keine direkte Vermei- dungsmaßnahme, jedoch möglicher- weise geeignetes Tool zur großräu- migen Planung.	
	42	Abschaltung der WEA bzw. angepasstes Management bei Überschreiten einer definierten Schlagopferzahl einer Art reduziert Kollisionsrisiko	E-	Theoretisch ermittelter Ansatz zur Kollisions- minderung (Modell) unter Einsatz von adaptivem Management	C	Mit individuenbe- zogenem Tötungs- verbot nicht verein- bar.	
	43	Festgelegte artspezifische Abschaltkontingente redu- zieren das Kollisionsrisiko	E-	Einzelne Expertenmei- nung, jedoch ohne An- gaben zu tatsächlich nötigen Abschaltbedarf für einzelne Vogelarten	B/C	Vorteile für kollisi- onsgefährdete Arten überwiegen Nachteile, Voraus- setzung für einen wirtschaftlichen Einsatz sind jedoch gute Kenntnisse über zielführende Schwellenwerte für einzelne Vogelar- ten	3 plus

A.3 Zusammenstellung weiterer, nicht ausgewerteter Literatur

- ABC. (2013). American Bird Conservancy ' s Policy Statement on Wind Energy and Bird-Smart Wind Guidelines.
- Alf, L. (2010). Einfluss der Gestaltung von Windenergieanlagen auf den Vogelverlust im Land Brandenburg, (August).
- Arizona Game and Fish Department. (2012). Guidelines for Reducing Impacts to Wildlife from Wind Energy Development in Arizona. Revised July 2012., 75 pp.
- Arnett, E. B., Johnson, G. D., Erickson, W. P., & Hein, C. D. C. D. (2013). A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. Conference on Wind Power and Environmental Impacts, (March), 38. Abgerufen von [http://www.batsandwind.org/pdf/Operational Mitigation Synthesis FINAL REPORT.pdf](http://www.batsandwind.org/pdf/Operational_Mitigation_Synthesis_FINAL_REPORT.pdf)
- Aumüller, R., Boos, K., Freienstein, S., Hill, K., & Hill, R. (2013). Weichen Zugvögel Windenergieanlagen auf See aus? Eine Methode zur Untersuchung und Analyse von Reaktionen tagsüber ziehender Vogelarten auf Offshore-Windparks. *Vogelwarte*, 51(1), 3–13.
- Avian Power Line Interaction Committee. (2012). Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012, 24(6), 152–159.
- Azeka, M. (2006). Economic challenges of adaptive management. AWEA / Audubon Workshop: Understanding and Resolving Bird and Bat Impacts.
- Baerwald, E., & Barclay, R. (2009). Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. *Journal of Mammalogy*, 90(6), 1341–1349. <http://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-104R.1>
- Ballasus, H., Hill, K., & Hüppop, O. (2008). Recherche und Analyse möglicher Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Vogelschlag an Offshore-Windkraftanlagen und Entwicklung geeigneter Evaluationsansätze, 117.
- Barrientos, R., Alonso, J. C., Ponce, C., & Palacín, C. (2011). Meta-Analysis of the Effectiveness of Marked Wire in Reducing Avian Collisions with Power Lines. *Conservation Biology*, 25(5), 893–903. <http://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01699.x>
- Bayerischer Verwaltungsgerichtshof. (2016). Urteil 22 B 14.1875 vom 29.03.2016, 6.
- Bevanger, K., Berntsen, F., Clausen, S., Dahl, E. L., Follestad, A., Halley, D., ... Christian, H. (2009). Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (BirdWind). NINA report (Bd. 505).
- BfN. (2016). Vernetzung der F + E-Vorhaben zur naturschutzfachlichen Begleitung der Energiewende.
- Black Oak Wind LLC, & Getty Wind Company LLC. (2012). Draft Black Oak & Getty Wind Avian and Bat Protection Plan, 107 pp. Abgerufen von <http://mhk.pnl.gov/publications/draft-black-oak-getty-wind-avian-and-bat-protection-plan>
- Blackwell, B. F., & Fernández-Juricic, E. (2013). Behavior and Physiology in the Development and Application of Visual Deterrents at Airports. *Wildlife in Airport Environment*, 11–22.
- Bowden, T., Olson, E., Rathbun, N., Nolfi, D., Horton, R., & Larson, D. (2015). Great Lakes Avian Radar Technical Report Huron and Oceana Counties, MI. Biological Tehnical Publication.
- Brewer, E., & Demmer, M. (2015). The Challenges of, (May), 15–23.

- Bright, J., Langston, R., Bullman, R., Evans, R., Gardner, S., & Pearce-Higgins, J. (2008). Map of bird sensitivities to wind farms in Scotland: A tool to aid planning and conservation. *Biological Conservation*, 141(9), 2342–2356. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.06.029>
- Burton, N., Cook, A. S. C. P., Ross-Smith, V. H., Roos, S., Burton, N. H. K., Beale, N., ... Martin, G. (2011). Identifying a Range of Options to Prevent or Reduce Avian Collision with Offshore Wind Farms using a UK-Based Case Study. poster, BTO Resear(580), 1999. Abgerufen von <http://www.bto.org/sites/default/files/u196/downloads/rr580.pdf>
- BVerwG. Urteil BVerwG 4C 1.12 OVG 2 L 124/09 vom 27.06.2013 (2013).
- Cabrera-Cruz, S. A., & Villegas-Patracá, R. (2016). Response of migrating raptors to an increasing number of wind farms. *Journal of Applied Ecology*. <http://doi.org/10.1111/1365-2664.12673>
- Cardenal, A. C. (2011). Geier und Windenergieanlagen. *Der Falke*, 58(12), 504–507.
- Clarke, T. L. (2004). An autonomous bird deterrent system.
- Cochrane, J. F., Lonsdorf, E., Allison, T. D., & Sanders-Reed, C. A. (2015). Modeling with uncertain science: Estimating mitigation credits from abating lead poisoning in Golden Eagles. *Ecological Applications*, 25(6), 1518–1533. <http://doi.org/10.1890/14-0996.1>
- Collier, M. P., Dirksen, S., & Krijgsveld, K. L. (2011). A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines. Strategic Ornithological Support Services Project SOSS-03A, 38. Abgerufen von [http://www.detect-inc.com/DeTect info - wind/Paper - A Review of Methods to Monitor Collisions.pdf](http://www.detect-inc.com/DeTect%20info%20-%20wind/Paper%20-%20A%20Review%20of%20Methods%20to%20Monitor%20Collisions.pdf)
- Cook, A. S. C. P., Humphreys, E. M., Masden, E. A., & Burton, N. H. K. (2014). The Avoidance Rates of Collision Between Birds and Offshore Turbines, 5(16), 1–199. Abgerufen von papers2://publication/uuid/94B13D3C-39BF-44F1-9497-4F6129180E9C
- Cook, A. S. C. P., Johnston, A., Wright, L. J., & Burton, N. H. K. (2012). A Review of Flight Heights and Avoidance Rates of Birds in Relation to Offshore Wind Farms. Report prepared on behalf of The Crown Estate, (618), 1–61. Abgerufen von http://www.bto.org/sites/default/files/u28/downloads/Projects/Final_Report_SOSS02_BTOReview.pdf
- Cortés-Avizanda, A., Carrete, M., & Donázar, J. A. (2010). Managing supplementary feeding for avian scavengers: Guidelines for optimal design using ecological criteria. *Biological Conservation*, 143(7), 1707–1715. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.016>
- Davis, A., Weis, T., Halsey, K., & Patrick, D. (2009). Enabling Progress: Compensatory Mitigation Scenarios for Wind Energy Projects in the U.S. 2009. Abgerufen von [http://www.awwi.org/uploads/files/AWWI Mitigation Report Enabling Progress.pdf](http://www.awwi.org/uploads/files/AWWI_Mitigation_Report_Enabling_Progress.pdf)
- DeTect Inc. (2008). Flyer DeTect Bird and Bat Radar Products and Services for Wind Energy Projects.
- DeTect. (2010). Radar-based automated bird control system at CNRL Horizon's tailing pond – Technology overview and efficacy.
- DeTect. (o. J.). Technical Data Sheet MERLIN detect & deter Bird Control Radar Systems.
- Drewitt, A. L., & Langston, R. H. W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148, 29–42. <http://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>

- Erickson, W., Jeffrey, J., Bay, K., & Kronner, K. (2004). Stateline wind project wildlife monitoring final report. July 2001 - December 2003. A report prepared for FPL Energy, State-line Technical Advisory Committee, and Oregon Department of Energy, (December 2003), 98.
- EuGH. Urteil des Gerichtshofs (zweite Kammer) vom 26. April 2017 „Vertragsverletzung eines Mitgliedstaats – Umwelt – Richtlinie 92/43/EWG – Art. 6 Abs. 3 – Erhaltung der natürlichen Lebensräume – Errichtung des Kohlekraftwerks Moorburg (Deutschland) – Natura-20 (2017).
- Everaert, J., Devos, K., & Kuijken, E. (2002). Windturbines en Vogels in Vlaanderen.
- FA Wind - Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2016). Beispiel 1: Schwarzstorch (*Ciconia nigra*), Landkreis Gießen, Hessen, (2014), 2013–2017.
- FA Wind - Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2016). Beispiel 2 : Kranich (*Grus grus*) , Rohrweihe (*Circus aeruginosus*), Landkreis Uckermark, Brandenburg. 1. Runder Tisch Vermeidungsmaßnahmen der FA Wind am 24.02.2016 in Hannover, 3. Abgerufen von <http://www.fachagentur-windenergie.de/themen/natur-und-artenschutz/runder-tisch-vermeidungsmassnahmen-windenergie/unterlagen-des-1-runden-tisches-vermeidungsmassnahmen-am-24022016.html>
- FA Wind - Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2016). Beispiel 3: Rotmilan (*Milvus milvus*) /Schwarzmilan (*Milvus migrans*), Hessen, 2013–2016.
- FA Wind - Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2016). Beispiel 4, Rotmilan (*Milvus milvus*), Hessen, (2013), 1–6.
- FA Wind - Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2016). Beispiel 5: Rotmilan (*Milvus milvus*), Hessen, 2–5. Abgerufen von https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Runder_Tisch_Vermeidungsmassnahmen/1._Runder_Tisch_24.02.2016/FA_Wind_Beiispiel_5_Rm_Hessen_2016-02-24.pdf
- FA Wind - Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2016). Beispiel 7, Rotmilan (*Milvus milvus*), Niedersachsen (Bd. 2016). Abgerufen von https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veranstaltungen/Runder_Tisch_Vermeidungsmassnahmen/3._Runder_Tisch_14.06.2017/FA_Wind_Beiispiel_7_Rm_Monit._2013-2016_NI_2017-06-14.pdf
- FA Wind - Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2016). Dokumentation des 1. Runden Tisches Vermeidungsmaßnahmen.
- FA Wind - Fachagentur Windenergie an Land e.V. (2017). Rundbrief Windenergie und Recht 1/2017, 1, 1–14. Abgerufen von http://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Rechtsprechung/FA_Wind_Rundbrief_Windenergie_und_Recht_1.2016.pdf
- Fachagentur Windenergie an Land. Urteil OVG Magdeburg 2 L 215/11 vom 13.03.2014 (2014).
- Fish, U. S., Service, W., Division, C. P., Bureau, W. T., Commission, F. C., & Fish, T. U. S. (2007). http://www.wirelessestimator.com/t_content.cfm?pagename=FWS%20Response, 1–17.
- Flowers, J. (2015). Design and Testing of an Integrated Wildlife-Wind Turbine Interactions Detection System. OSU MSc Thesis.

- Flowers, J., & Suryan, R. M. (2014). Design and Initial Component Tests of an Integrated Avian and Bat Collision Detection System for Offshore Wind Turbines. Proceeding of the 2nd Marine Energy Technology Symposium, 1–10. Abgerufen von <http://mhk.pnl.gov/publications/design-and-initial-component-tests-integrated-avian-and-bat-collision-detection-system>
- Frenz, W. (2016). Vogeltodvermeidung bei Windrädern. *Natur und Recht*, 38(7), 456–463. <http://doi.org/10.1007/s10357-016-3036-5>
- Gartman, V., Bulling, L., Dahmen, M., Geibler, G., & Koppel, J. (2016). Mitigation Measures for Wildlife in Wind Energy Development, Consolidating the State of Knowledge — Part : Planning and Siting, Construction. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 18(3), 1–45. <http://doi.org/10.1142/S1464333216500137>
- Gartman, V., Bulling, L., Dahmen, M., Geibler, G., & Koppel, J. (2016). Mitigation Measures for Wildlife in Wind Energy Development, Consolidating the State of Knowledge — Part 2. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 18(3), 1–45. <http://doi.org/10.1142/S1464333216500137>
- Gauthreaux, S. A. (o. J.). Determining Bird Collision Risk with Terminal Doppler Weather Bird Aircraft Collisions (BAC). Technology.
- Gillentine, A. (US airforce). (2013). Cadet research seeks to end costly bird-strikes on aircraft, 75.
- Gorresen, M. M., Cryan, P. M., Dalton, D. C., Wolf, S., Johnson, J. A., Todd, C. M., & Bonaccorso, F. J. (2015). Dim ultraviolet light as a means of deterring activity by the Hawaiian hoary bat *Lasiurus cinereus semotus*. *Endangered Species Research*, 28(3), 249–257. <http://doi.org/10.3354/esr00694>
- Government Accountability Office. (2005). Wind Power: Impacts on Wildlife and Government Responsibilities for Regulating Development and Protecting Wildlife. Report to Congressional Requesters, (September), 64. <http://doi.org/W.615>
- Harris, R. E., & Davis, R. a. (1998). Evaluation of the efficacy of products and techniques for airport bird control. Research Associates, King City, Ontario, Canada, 13029(March), 94. Abgerufen von <http://www.tc.gc.ca/publications/bil/TP13029/PDF/HR/TP13029B.pdf>
- Hein, C. D., Prichard, A., Mabee, T., & Schirmacher, M. R. (2014). Efficacy of an Operational Minimization Experiment to Reduce Bat Fatalities at the Pinnacle Wind Farm, Mineral County, West Virginia: Final Report. An annual report submitted to Edison Mission Energy and the Bats and Energy Wind Cooperative, (February), 50 pp.
- Herrholz, T. (2015). Bedarfsgerechte Befeuerung, 1–8.
- Hunt, G. (2002). Golden Eagles In A Perilous Landscape : Predicting The Effects Of Mitigation For Wind Turbine Blade- Strike Mortality. CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, PIER – Environmental Area, (July), 72.
- Hydro Tasmania. (2005). Part A – Deterministic Modelling, (February), 1–30.
- Iberdrola Renewables. (2008). Avian and bat protection plan, 42. Abgerufen von <http://mhk.pnl.gov/publications/avian-and-bat-protection-plan-iberdrola-renewables>
- IMBD. (2005). Clear the Way for Birds ! Energy Policy, (March).
- Isselbacher, K., & Isselbacher, T. (2001). Gutachten zur Ermittlung definierter Lebensraumfunktionen bestimmter Vogelarten (Vogelbrut-, -rast- und -zuggebiete) in zur Errichtung von Windkraftanlagen geeigneten Bereichen von Rheinland-Pfalz Auftragnehmerite.

- Jackson, S. D., & Griffin, C. R. (2000). A Strategy for Mitigating Highway Impacts on Wildlife. *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma*, 143–159.
- Johnson, G. D., Erickson, W. P., Strickland, M. D., Shepherd, M. F., & Shepherd, D. A. (2000). Avian Monitoring Studies at the Buffalo Ridge, Minnesota Wind Resource Area: Results of a 4-year Study. A report prepared for Northern States Power Company, 273 pp.
- Johnston, N. N., Bradley, J. E., & Otter, K. A. (2014). Increased flight altitudes among migrating golden eagles suggest turbine avoidance at a rocky mountain wind installation. *PLoS ONE*, 9(3). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0093030>
- KlfL. (2014). Grundsätzliche Eignung von Maßnahmentypen zur Vermeidung von erheblichen Beeinträchtigungen windkraftsensibler Arten in Vogelschutzgebieten mit Schwerpunkt bei den Arten Rotmilan und Schwarzstorch.
- Kingsley, A., & Whittam, B. (2005). Wind Turbines and Birds A Background Review for Environmental Assessment (Bd. 2). Abgerufen von <http://www.cws-scf.ec.gc.ca/publications/index.cfmlang=e>
- Kohle, O. (2016). Welche neuen Erkenntnisse liegen zur Gefährdung von windkraftsensiblen Vogelarten vor ?
- Koschinski, S., & Lüdemann, K. (2011). Stand der Entwicklung schallminimierender Maßnahmen beim Bau von Offshore-Windenergieanlagen.
- Koulouri, A., & Moccia, J. (2013). Research on cost of environmental survey and mitigation measures in offshore wind farms, (March), 2013.
- Kret, E., Cárcamo, B., Zografou, C., & Vasilakis, D. (2011). Assessing the impact of nine established wind farms on birds of prey in Thrace, Greece. *Proceedings. Conference on wind energy and wildlife impacts*. Abgerufen von <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2011/693.pdf>
- Krijgsveld, K. L., Fijn, R. C., & Lensink, R. (2015). Occurrence of peaks in songbird migration at rotor heights of offshore wind farms in the southern North Sea.
- Laar, F. J. T. van de. (2007). Green Light to Birds. Investigation into the Effect of Bird-Friendly Lighting. *Ecology and Society*, 13(2), 23. <http://doi.org/2>
- LAG VSW. (2017). Abschaltung von Windenergieanlagen (WEA) zum Schutz von Greifvögeln und Störchen bei bestimmten landwirtschaftlichen Arbeiten.
- Larsen, J. K., & Guillemette, M. (2007). Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: Implications for habitat use and collision risk. *Journal of Applied Ecology*, 44(3), 516–522. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01303.x>
- Lau, M. (2016). Rechtsprechungssammlung zum Thema Monitoring.
- LAU. (2014). Artenhilfsprogramm Rotmilan des Landes Sachsen-Anhalt. Unter Mitarbeit von Ubbo Mammen, Bernd Nicolai, Jörg Böhner, Kerstin Mammen, Jasper Wehrmann, Stefan Fischer und Gunthard Dornbusch. *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt*, 5. Abgerufen von http://www.lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Naturschutz/Publikationen/Dateien/berichte_5-14_ahp-rotmilan.pdf
- Lindeiner, A. Von. (o. J.). Windenergie und Biodiversität – Für eine Zukunft voller Leben, 1–17.

- Long, C., Flint, J., Bakar, K., & Lepper, P. (2010). Wind turbines and bat mortality: Rotor detectability profiles. *Wind Engineering*, 34(5), 517–530. <http://doi.org/10.1260/0309-524X.34.5.517>
- Luell, B. (2013). Norway : Birds Could Avoid Wind Turbines Painted Black and.
- Madsen, J., & Boertmann, D. (2008). Animal behavioral adaptation to changing landscapes: Spring-staging geese habituate to wind farms. *Landscape Ecology*, 23(9), 1007–1011. <http://doi.org/10.1007/s10980-008-9269-9>
- Manville, A. M. (U. S. F. and W. S. (2000). No Title.
- March, B., & Schuster, E. (o. J.). No Title.
- March, B., & Schuster, E. (o. J.). No Title.
- Marquenie, J. M., Wagner, J., Stephenson, M. T., & Lucas, L. (2014). Green lighting the way: Managing impacts from offshore platform lighting on migratory birds. *Society of Petroleum Engineers - SPE International Conference on Health, Safety and Environment 2014: The Journey Continues*, 1, 283–297. Abgerufen von <http://www.scopus.com/inward/record.url?id=2-s2.0-84905819794&partnerID=tZOtx3y1>
- Marques, A. T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H., Pereira, M. J. R., Fonseca, C., ... Bernardino, J. (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, 40–52. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.08.017>
- Masden, E. A., Haydon, D. T., Fox, A. D., & Furness, R. W. (2010). Barriers to movement: Modelling energetic costs of avoiding marine wind farms amongst breeding seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, 60(7), 1085–1091. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01.016>
- Masden, E. A., Haydon, D. T., Fox, A. D., Furness, R. W., Bullman, R., & Desholm, M. (2009). Barriers to movement: Impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of Marine Science*, 66(4), 746–753. <http://doi.org/10.1093/icesjms/fsp031>
- Mattfeld, M., Ehlers, F., & Reichenbach, M. (2012). Optimizing the Lighting Equipment on the Mittelplate Drilling and Production Island in the German Wadden Sea Tidelands.
- Matzner, S., Cullinan, V. I., & Duberstein, C. A. (2015). Two-dimensional thermal video analysis of offshore bird and bat flight. *Ecological Informatics*, 30, 20–28. <http://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.09.001>
- May, R., Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S. H., & Nygaard, T. (2015). Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 170–181. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.002>
- Meeting, A. C. (2012). Bats and Wind Energy Cooperative 3 Science and All Committees Meeting. Bats and Wind Energy Cooperative 3rd Science and All Committees Meeting, (January), 1–47.
- Megavind. (2016). Technological solutions to reduce the environmental impacts of wind-energy systems, (May).
- Meschede, A., & Heller, K.-G. (2000). Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern, unter besonderer Berücksichtigung wandernder Arten. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, 66, 374.

- MULNV NRW. (2016). Verlängerung der Geltungsdauer der Verwaltungsvorschriften VV-Habitatschutz und VV-Artenschutz. Düsseldorf.
- Munoz R., A., Ferrer, M., De lucas, M., & Casado, E. (2011). Raptor mortality in wind farms of southern Spain: mitigation measures on a major migration bottleneck area. *Wind energy and Wildlife impacts*, 144.
- NLT. (2014). Naturschutz und Windenergie - Hinweise zur Berücksichtigung des Naturschutzes und der Landschaftspflege bei Standortplanung und Zulassung von Windenergieanlagen (Stand: Oktober 2014). Hannover. Abgerufen von http://www.nlt.de/pics/medien/1_1414133175/2014_10_01_Arbeitshilfe_Naturschutz_und_Windenergie__5__Auflage__Stand_Oktober_2014_Arbeitshilfe.pdf
- NWCC. (2007). Mitigation toolbox, (May).
- Obermeyer, B., Manes, R., Kiesecker, J., Fargione, J., & Sochi, K. (2011). Development by design: Mitigating wind development's impacts on wildlife in Kansas. *PLoS ONE*, 6(10), 1–11. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0026698>
- Orloff, & Flannery. (1996). Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in Altamont Pass and Solano County Wind resource areas.
- Ornithological, S., & Services, S. (2011). Strategic Ornithological Support Services Project SOSS-03A, 1–38. Abgerufen von www.buwa.nl
- Orr, T. L., Herz, S. M., & Oakley, D. L. (2013). Evaluation of Lighting Schemes for Offshore Wind Facilities and Impacts to Local Environments. Report prepared under BOEM Contract M12-PD-00007, 431. Abgerufen von https://www.fbo.gov/indexs=opportunity&mode=form&id=51b9df02523d759b04b160168567b62f&tab=core&_cview=0
- Orr, T. L., Herz, S. M., & Oakley, D. L. (2013). Evaluation of Lighting Schemes for Offshore Wind Facilities and Impacts to Local Environments. Report prepared under BOEM Contract M12-PD-00007, 431. Abgerufen von https://www.fbo.gov/indexs=opportunity&mode=form&id=51b9df02523d759b04b160168567b62f&tab=core&_cview=0
- OVG Berlin-Brandenburg. Urteil 2 A 32.08 vom 26.11.2010 (2010).
- OVG Magdeburg. (2014). 16. Fledermäuse und „Monitoring“-Auflage. *Zeitschrift für neues Energierecht (ZNER)*, 3(9), 300–304.
- OVG Magdeburg. Urteil 2 L 212/11 vom 13.03.2014 (2014).
- OVG Magdeburg. Urteil vom 26.10.2011 - 2 L 6/09 (2011).
- OVG Nordrhein-Westfalen. Beschluss 8 B 441/12 vom 06.11.2012 (2012).
- Pearce-Higgins, J. W., Stephen, L., Douse, A., & Langston, R. H. W. (2012). Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: Results of a multi-site and multi-species analysis. *Journal of Applied Ecology*, 49(2), 386–394. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02110.x>
- Piorkowski, M. D., Farnsworth, A. J., Fry, M., Rohrbaugh, R. W., Fitzpatrick, J. W., & Rosenberg, K. V. (2012). Research priorities for wind energy and migratory wildlife. *Journal of Wildlife Management*, 76(3), 451–456. <http://doi.org/10.1002/jwmg.327>
- Plonczkier, P., & Simms, I. C. (2012). Radar monitoring of migrating pink-footed geese: Behavioural responses to offshore wind farm development. *Journal of Applied Ecology*, 49(5), 1187–1194. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02181.x>

- Rectenwald, J. (2007). Mitigation Toolbox. National Wind Coordinating Collaborative, (May), 1–114.
- Rees, E. C. (2012). Impacts of wind farms on birds : a review. *Wildfowl*, 62, 37–73. Abgerufen von http://nova.wh.who.edu/palit/Powlesland%7B_%7D2009%7B_%7DScience%5CnFor%5CnConservation%7B_%7DImpacts%5Cnof%5Cnwind%5Cnfarms%5Cnon%5Cnbirds%5Cna%5Cnreview
- Reisch, A. (o. J.). Die Windkraft CEF Kraniche und Rohrweihen im Windfeld Wallmow, Uckermark.
- Resch, F. (2014). Vogelschlag an Onshore-Windenergieanlagen in der Bundesrepublik Deutschland Altersverteilung und Phänologie von Verlusten ausgewählter Vogelarten.
- Rioperez. (o. J.). A tool for bird monitoring and bird mortality reduction in wind farms What is.
- Rodrigues, P., Aubrecht, C., Gil, A., Longcore, T., & Elvidge, C. (2012). Remote sensing to map influence of light pollution on Cory's shearwater in Sao Miguel Island, Azores Archipelago. *European Journal of Wildlife Research*, 58(1), 147–155. <http://doi.org/10.1007/s10344-011-0555-5>
- Rodríguez, A., García, D., Rodríguez, B., Cardona, E., Parpal, L., & Pons, P. (2015). Artificial lights and seabirds: Is light pollution a threat for the threatened Balearic petrels? *Journal of Ornithology*, 156(4), 893–902. <http://doi.org/10.1007/s10336-015-1232-3>
- Rodríguez, A., Rodríguez, B., & Negro, J. J. (2015). GPS tracking for mapping seabird mortality induced by light pollution. *Scientific reports*, 5(September 2014), 10670. <http://doi.org/10.1038/srep10670>
- Ronconi, R. A., Clair, C. C. S., O'Hara, P. D., & Burger, A. E. (2004). Waterbird deterrence at oil spills and other hazardous sites: Potential applications of a radar-activated on-demand deterrence system. *Marine Ornithology*, 32(1), 25–33.
- Rotmilan_AHK_2010_aktualisierteFassung.pdf. (o. J.).
- Rushworth, I., & Krüger, S. (2014). Wind farms threaten southern Africa's cliff-nesting vultures. *Ostrich*, 85(1), 13–23. <http://doi.org/10.2989/00306525.2014.913211>
- Schaub, M. (2012). Spatial distribution of wind turbines is crucial for the survival of red kite populations. *Biological Conservation*, 155, 111–118. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.021>
- Schulz, A., Dittmann, T., & Coppack, T. (2014). Erfassung von Ausweichbewegungen von Zugvögeln mittels Pencil Beam Radar und Erfassung von Vogelkollisionen mit Hilfe des Systems VARS, (August), 89. Abgerufen von http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/Windparks/Projekte/Oekologische_Begleitforschung_alpha_ventus/Abschlussberichte_StUKplus/Schlussbericht_Vogelzug_Erfassung_von_Ausweichbewegungen_von_Zugvoegeln_mittels_Pencil_Beam_Radar.pdf
- Schuster, E., Bulling, L., & Köppel, J. (2015). Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects. *Environmental Management*, 56(2), 300–331. <http://doi.org/10.1007/s00267-015-0501-5>

- Scottish Natural Heritage (SNH). (2014). Recommended bird survey methods to inform impact assessment of onshore wind farms. Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE.
- Scottish Natural Heritage. (2010). Use of Avoidance Rates in the SNH Wind Farm Collision Risk Model. SNH Avoidance Rate Information & Guidance Note, 1–10. Abgerufen von <http://scholar.google.com/scholarhl=en&btnG=Search&q=intitle:Use+of+Avoidance+Rates+in+the+SNH+Wind+Farm+Collision+Risk+Model#1>
- Sheppard, J. K., McGann, A., Lanzone, M., & Swaisgood, R. R. (2015). An autonomous GPS geofence alert system to curtail avian fatalities at wind farms. *Animal Biotelemetry*, 3(1), 43. <http://doi.org/10.1186/s40317-015-0087-y>
- Smallwood, K. S. (2006). Biological effects of repowering a portion of the Altamont Pass Wind Resource Area, California: the Diablo Winds Energy Project, (July), 34 pp.
- Smallwood, K. S. (2006). Types of Mitigation Measures.
- Smallwood, K. S. (2008). Wind power company compliance with mitigation plans in the altamont pass wind resource area. *ENVIRONMENTAL & ENERGY LAW & POLICY J.*, 229–285.
- Smallwood, K. S., & Karas, B. (2009). Avian and Bat Fatality Rates at Old-Generation and Repowered Wind Turbines in California. *Journal of Wildlife Management*, 73(7), 1062–1071. <http://doi.org/10.2193/2008-464>
- Smallwood, K. S., & Neher, L. (2004). Repowering the APWRA: Forecasting and minimizing avian mortality without significant loss of power generation. A report prepared for California Energy Commission Public Interest Energy Research (PIER), 28.
- Smallwood, K. S., & Thelander, C. (2008). Bird Mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area, California. *Journal of Wildlife Management*, 72(1), 215–223. <http://doi.org/10.2193/2007-032>
- Sporer, M. K., Dwyer, J. F., Gerber, B. D., Harness, R. E., & Pandey, A. K. (2013). Marking power lines to reduce avian collisions near the audubon national wildlife refuge, North Dakota. *Wildlife Society Bulletin*, 37(4), 796–804. <http://doi.org/10.1002/wsb.329>
- Stantec. (2015). 2014 Bird and Bat Post- Construction Monitoring Report – Laurel Mountain Wind Energy Project, 552(January).
- Strickland, M. D. (2011). COMPREHENSIVE GUIDE TO STUDYING WIND ENERGY/WILDLIFE INTERACTIONS, 1–289.
- Sutter, C., Grandgent, C., & Martin, K. (2013). Condor detection and alert system. *Proceedings of the Wind-Wildlife Research Meeting IX*, (November), 175.
- Tasmania, H. (2004). Proposed Mitigation Measures, (August), 33–35.
- Tellería, J. L. (2009). Wind power plants and the conservation of birds and bats in Spain: A geographical assessment. *Biodiversity and Conservation*, 18(7), 1781–1791. <http://doi.org/10.1007/s10531-008-9558-2>
- Thirgood, S. J. (2004). Using Decision Modeling with Stakeholders to Reduce Human – Wildlife Conflict : a Raptor – Grouse Case Study. *Conservation Biology*, 18(2), 350–359. <http://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00421.x>
- Vasilakis, D. P., Whitfield, D. P., Schindler, S., Poirazidis, K. S., & Kati, V. (2016). Reconciling endangered species conservation with wind farm development: Cinereous vultures (*Aegypius monachus*) in south-eastern Europe. *Biological Conservation*, 196, 10–17. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.01.014>

- VG Aachen. (2017). Beschluss vom 02.09.2016 - 6 L 38/16, 1–56.
- VG Cottbus. Urteil vom 07.03.2013 - VG 4 K 6 /10 (2013).
- VG Kassel. Urteil 1 K 1122/13.KS (2016).
- VG Koblenz. Urteil vom 05.11.2015 - 4 K 1106/14.KO (2015).
- VG Lüneburg. Urteil 2 A 170/11 vom 16.02.2012 (2012).
- VG Minden. Urteil vom 08.08.2016 - 1 L 1155/16 (2016).
- VG Oldenburg. Beschluss vom 07.07.2011 - 5 B 1433/11 (2011).
- VGH Baden-Württemberg. Beschluss vom 06.06.2016 3 S 942/16 (2016).
- Von Müller, U. (2013). Verfahrens- und erfolgskontrolle von cef-maßnahmen in der sap: Auswertung von leitfäden und controlling der speziellen artenschutzrechtlichen prüfung. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 45(8), 248–253.
- Wasmund, N. (2013). Der Rotmilan (*Milvus milvus*) im Unteren Eichsfeld. Brutbestand, Nahrungsökologie und Gefährdungsursachen. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen. Abgerufen von <http://d-nb.info/1044871032/34>
- Weber, J., T, A. D. W., & Weber, V. J. (2017). Auswirkungen der Windenergie auf Tierarten, 49(2), 37–49.
- Weekly, P. (2014). *Managing the*, 16(35), 91710.
- Weise, J. (2016). Vermeidungsmaßnahmen und Monitoring zum Bau eines Windparks. Beispiel: Schwarzstorch. 1. Runder Tisch Vermeidungsmaßnahmen der FA Wind am 24.02.2016 in Hannover, 18. Abgerufen von <http://www.fachagentur-windenergie.de/themen/natur-und-artenschutz/runder-tisch-vermeidungsmassnahmen-windenergie/unterlagen-des-1-runden-tisches-vermeidungsmassnahmen-am-24022016.html>
- WEST (Western Ecosystem Technology Inc.). (2005). Avian Collision and Electrocution Risk Reduction Adaptive Management Plan for the Altamont Pass Wind Resource Area, (August).
- Whitfield, D. P., & Madders, M. (2006). Deriving collision avoidance rates for red kites *Milvus milvus*. *Natural Research Information Note* 3, 44(August), 14.
- Wind, F. (2016). Dokumentation des 1. Runden Tisches Vermeidungsmaßnahmen, (5), 2–5.
- Wind, N. (2015). Bats and Wind Energy Cooperative 4 th Science and All Committees Meeting Louisville , Colorado FINAL 2015 Workshop Proceedings, (January).
- Winder, V. L., Gregory, A. J., McNew, L. B., & Sandercock, B. K. (2015). Responses of male Greater Prairie-Chickens to wind energy development. *Condor*, 117(2), 284–296. <http://doi.org/10.1650/CONDOR-14-98.1>