

Windkraftanlagen und Vögel - ein Konflikt?

Eine Literaturrecherche

Petra Horch
Verena Keller



Bericht zuhanden des Bundesamtes für Umwelt,
Wald und Landschaft (BUWAL)



Schweizerische Vogelwarte Sempach
Station ornithologique suisse de Sempach

Impressum

Windkraftanlagen und Vögel – ein Konflikt?

Autorinnen:

Petra Horch und Dr. Verena Keller

Fotos, Illustrationen:

Thomas Würsten (Titelblatt, Rotmilan); www.suisse-eole.ch (Titelblatt, Mt. Crosin, Abb. 2, Abb. 3); Bruno Bruderer (Abb. 4); Felix Liechti (Abb. 5).

Zitiervorschlag:

Horch, P. & V. Keller (2005): Windkraftanlagen und Vögel – ein Konflikt? Schweizerische Vogelwarte Sempach, Sempach.

Bezugsquelle:

Schweizerische Vogelwarte, CH-6204 Sempach

Tel 041 462 97 00, Fax 041 462 97 10, E-Mail info@vogelwarte.ch

www.vogelwarte.ch

Preis:

Fr. 15.—

© 2005, Schweizerische Vogelwarte Sempach

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Résumée	6
Summary	8
1. Einleitung	10
2. Grundlagen und Begriffe	11
3. Literaturoauswertung	11
3.1 Methode	12
3.2 Systematik der Auswirkungen	13
3.3 Kollisionen (Vogelschlag)	14
3.3.1 Erfahrungen mit Vogelschlag an anderen vertikalen Infrastrukturen	14
3.3.2 Vogelschlag an Windkraftanlagen	14
3.4 Auswirkungen auf Lebensraum und Verhalten	19
3.4.1 Lebensraumverlust	20
3.4.2 Einfluss auf Vögel zur Brutzeit	20
3.4.3 Einfluss auf rastende und überwinternde Vögel	24
3.4.4 Einfluss auf ziehende Vögel (Zugrouten, Kursänderungen)	26
3.4.5 Offshore-Windkraftanlagen	30
3.4.6 Indirekte Auswirkungen	32
3.4.7 Gewöhnung	32
3.5 Der aktuelle Wissensstand - Kommentar	33
4. Windkraftanlagen in der Schweiz	35
4.1 Bestehende Anlagen und geplante Projekte	35
4.2 Folgerungen für die Schweiz	37
4.2.1 Generelle Überlegungen	37
4.2.2 Vogelzug	37
4.2.3 Vom Kollisionsrisiko speziell betroffene Arten	41
4.2.4 Lebensraumveränderungen und speziell betroffene Arten	41
4.2.5 Hinweise zur Planung von Windkraftanlagen	42
4.2.6 Vorschläge zur Abschwächung von Konflikten zwischen Windkraftanlagen und Vögeln	43

5. Literatur	45
5.1 Zitierte Literatur Windkraftanlagen und Vögel	45
5.2 Zitierte Literatur weitere Grundlagen	55
5.3 Weitere Literatur Windkraftanlagen und Vögel	56

Dank

Wir danken den zahlreichen Personen, die bei der Zusammenstellung der Literatur und beim Entstehen der Publikation mitgeholfen haben. Speziell danken wir Prof. Dr. Bruno Bruderer und PD Dr. Lukas Jenni, die von Anfang an wichtige Anregungen zum Konzept beisteuerten und das Manuskript kritisch durchsahen. Ebenfalls danken wir Simon Birrer und Dr. Christian Marti für die Durchsicht des Manuskripts, Lis Räber für die Unterstützung bei der Erfassung der Literatur und schliesslich Daniel Bizet und Odile Fossati von CoGard sowie Hannes Ackerl von der Universität Salzburg für den Literaturaustausch, der uns Zugang zu vielen Berichten in der „grauen Literatur“ ermöglichte. Das BUWAL, Abteilung Artenmanagement, Sektion Jagd und Wildtiere, unterstützte die Arbeit finanziell.

Zusammenfassung

Die Nutzung der Windenergie als erneuerbare Energiequelle hat in den letzten Jahren starken Auftrieb erhalten. Dem Umweltnutzen der Windenergie, insbesondere unter dem Aspekt der Kohlendioxidproblematik, stehen wie bei jeder technischen Anlage mögliche Konflikte mit Anliegen des Naturschutzes gegenüber.

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über das aktuelle Wissen zu möglichen Auswirkungen der Windenergienutzung auf Vögel. Einbezogen wurden 268 Publikationen, Berichte und Schriften. 174 davon bezogen sich direkt auf den Konflikt Windenergie und Vögel. Mögliche Auswirkungen können folgendermassen systematisiert werden: (1) Vogelschlag/Kollision; (2) Auswirkungen auf den Lebensraum (Habitat) und das Verhalten der Vögel.

Kollisionen von Vögeln mit Windkraftanlagen wurden in vielen Gebieten festgestellt. Von Kollisionen betroffen sind sowohl ziehende als auch ortsansässige Vögel. Tagsüber sind insbesondere grosse Vögel (z.B. Störche und Greifvögel) und mit geringer Manövrierfähigkeit betroffen. Für nachziehende Vögel bergen vor allem Nächte mit schlechten Wetterverhältnissen (insbesondere schlechter Sicht) ein grosses Gefahren-Potenzial. Die Auswirkungen der erhöhten Mortalität auf die Entwicklung der Bestände sind unklar. Für die Bestände von grösseren und langlebigen Arten mit einer geringen Fortpflanzungsrate könnte die erhöhte Mortalität problematisch sein. Dies vor allem, wenn die Kollisionen an Orten auftreten, wo sich Vögel aus einem grossen Einzugsgebiet konzentrieren, z.B. an Zugschneisen. Bei Kleinvögeln scheinen die möglichen Auswirkungen nicht sehr gross zu sein, da es sich bei den meisten um kurzlebige Arten mit einer hohen Fortpflanzungsrate handelt.

Windkraftanlagen verändern die Lebensräume von Vögeln, weil durch sie neue Strukturen geschaffen werden und mit der Erstellung der Anlagen meist eine Änderung der Nutzung der Fläche verbunden ist. Änderungen in der Habitatnutzung oder im Verhalten, z.B. Meiden der Umgebung von Windkraftanlagen, scheinen vor allem bei Brut- und Rastvögeln offener Lebensräume vorzukommen (z.B. Limikolen, Gänse). Inwieweit diese Auswirkungen relevant sind, die aus Naturschutzsicht einem partiellen bis vollständigen Lebensraumverlust gleich kommen, hängt in erster Linie vom Gefährdungsstatus der betroffenen Arten und Lebensräume ab.

Die Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Zugvögel bestehen vor allem darin, dass die Vögel durch das Hindernis vom Zugweg abgelenkt werden oder dass ein Teil der Vögel, die sich nicht ablenken lassen und durch den Windpark fliegen, mit den Anlagen kollidiert oder durch Wirbel zu Boden geschleudert wird. Da die meisten Zugwege traditionelle Routen sind, wiederholt sich die Beeinträchtigung jeden Herbst und Frühling. Welche Auswirkungen diese Verluste für die Populationen haben, ist unbekannt.

Die indirekten Auswirkungen von Windkraftanlagen z.B. durch den Bau von zusätzlichen Infrastrukturanlagen oder die Erschliessung bisher wenig genutzter Räume, die zu einer Veränderung z.B. der landwirtschaftlichen Nutzung oder zu einem höheren Besucheraufkommen führen können, wurden bisher kaum untersucht, müssen aber bei der Prüfung der Verträglichkeit von Windkraftanlagen mitberücksichtigt werden.

Der aktuelle Wissenstand zeigt, dass Windkraftanlagen negative Auswirkungen auf Vögel (und andere fliegende Tiere) haben können. Dabei steht aber auch fest, dass weitere, international koordinierte Forschung in einem grösseren Rahmen durchgeführt werden muss. Die Heterogenität der Projekte und die Vielfalt an Reaktionen der Vögel lassen bislang keine abschliessenden und allgemeingültigen Folgerungen zu. Aus der Sicht der Schweiz ist besonders zu

beachten, dass Untersuchungen aus dem Voralpen- und Alpenraum weitgehend fehlen. Die meisten Untersuchungen sowohl zu Kollisionen wie auch zu Auswirkungen auf die Nutzung des Lebensraumes fanden in tiefen Lagen, oft in Küstengebieten statt.

In der Schweiz soll die Windenergienutzung gefördert werden. Das Programm „EnergieSchweiz“ sieht bis 2010 die Erstellung von mehreren Windparks vor. Aufgrund der Literaturlauswertung sind Konflikte in erster Linie dort zu erwarten, wo gefährdete Arten offener Landschaften betroffen sind oder wo sich Zugvögel aufgrund topographischer Bedingungen konzentrieren. Der Standortwahl ist deshalb höchstes Gewicht einzuräumen, um Konflikte mit der Vogelwelt möglichst zu vermeiden. Zu berücksichtigen sind dabei die bereits vorhandenen Grundlagen zu Vorkommen relevanter Arten (insbesondere Prioritätsarten für Artenförderungsprogramme), zu bedeutenden Lebensräumen (Bundesinventare) sowie die Kenntnisse über den Vogelzug.

Résumé

L'utilisation de l'énergie éolienne comme source d'énergie renouvelable est en plein essor ces dernières années. Cependant, du point de vue de la conservation de la nature, l'avantage d'une énergie propre par rapport à la problématique du gaz carbonique doit être mis en balance avec les conflits potentiels liés à toutes installations techniques.

Le présent travail donne une vue d'ensemble sur les connaissances actuelles au sujet des conséquences possibles de l'exploitation de l'énergie éolienne sur les oiseaux. 268 publications, rapports et ouvrages ont été étudiés. 174 d'entre eux se réfèrent directement au conflit entre l'énergie éolienne et les oiseaux. Les conséquences possibles peuvent être cataloguées de la manière suivante : (1) collisions entre les oiseaux et les éoliennes, (2) effets sur l'habitat et le comportement des oiseaux.

Des collisions entre les oiseaux et les installations éoliennes ont été constatées dans de nombreux endroits. Les oiseaux migrateurs aussi bien que les oiseaux sédentaires sont concernés. La journée, les grands oiseaux (p. ex. cigognes, rapaces), avec leur faible capacité de manœuvre, sont particulièrement menacés. Pour les migrateurs nocturnes, ce sont surtout les nuits avec de mauvaises conditions météorologiques et une mauvaise visibilité qui renferment un grand danger potentiel. Cette mortalité additionnelle peut être problématique pour les populations des grandes espèces à longévité importante et à faible taux de reproduction, surtout lorsque ces collisions ont lieu dans des endroits où les oiseaux venant d'une région très large se concentrent (p. ex. couloirs de migration). Chez les petits oiseaux, les conséquences ne semblent pas être très grandes, puisqu'il s'agit d'espèces à faible longévité et à fort taux de reproduction.

Les installations éoliennes modifient l'habitat des oiseaux par la création de nouvelles structures et par les changements d'utilisation du terrain liés à la construction des installations. Les changements d'utilisation de l'habitat ou de comportement semblent apparaître surtout chez les oiseaux nicheurs ou en escale qui aiment les milieux ouverts (par ex. les limicoles et les oies). Ils évitent alors p. ex. les environs des installations éoliennes. Lorsque les zones autour des éoliennes sont évitées, cela équivaut à une perte d'habitat complète ou partielle. D'un point de vue de protection de la nature, l'importance de ces effets dépend en premier lieu du statut de conservation de l'oiseau ou de l'habitat concerné.

Les effets principaux des installations éoliennes, sur les oiseaux migrateurs consistent soit à une déviation des oiseaux de leurs voies de migrations à cause de l'obstacle, soit à leur collision avec les éoliennes ou leur propulsion à terre par les turbulences produites par les pales, lorsqu'ils empruntent tout de même ces voies. Comme la plupart des voies migratoires sont traditionnelles, le préjudice se répète chaque automne et chaque printemps. Les conséquences des ces pertes sur les populations sont inconnues.

Les effets indirects des installations éoliennes par ex. la construction d'infrastructures supplémentaires ou la desserte routière d'espaces peu utilisés jusque là, peuvent amener un changement, par ex. dans l'utilisation agricole ou par la présence d'un plus grand nombre de visiteurs. Ces effets indirects ont été peu étudiés jusqu'à présent et doivent être intégrés aux études d'impact pour les installations éoliennes.

L'état actuel des connaissances montre que les installations éoliennes peuvent avoir des conséquences négatives sur les oiseaux (et sur d'autres animaux volants). Cependant, d'autres recherches coordonnées au niveau international doivent être menées dans un plus grand cadre. A cause de l'hétérogénéité des projets et de la diversité des réactions des oiseaux, des

conclusions définitives et universelles ne peuvent pas encore être tirées. Du point de vue de la Suisse, il faut particulièrement tenir compte du fait que les recherches dans les Préalpes et les Alpes manquent. La plupart des recherches aussi bien sur les collisions que sur les conséquences sur l'utilisation de l'habitat ont lieu en basse altitude, souvent sur les côtes.

En Suisse, l'utilisation de l'énergie éolienne est encouragée par les autorités. Le programme EnergieSuisse prévoit la création de plusieurs parcs éoliens d'ici 2010. Sur la base de la recherche bibliographique, il faut s'attendre à des conflits en premier lieu là où se trouvent des espèces menacées dans des paysages ouverts ou bien où des oiseaux migrateurs se concentrent en raison des conditions topographiques. C'est pourquoi il faut accorder une grande importance au choix du lieu pour éviter le plus possible les conflits avec l'avifaune. Il faut donc tenir compte de toutes les connaissances actuelles sur les espèces essentielles (en particulier les espèces prioritaires du Programme de conservation des oiseaux), sur les habitats significatifs (inventaires fédéraux) et sur la migration des oiseaux.

Summary

In recent years wind power as a renewable source of energy has been increasingly promoted. However, as with any other technical infrastructure, the environmental advantage has to be balanced against possible disadvantages for the natural environment.

This report reviews the current knowledge on effects of wind farms on birds. In total, 268 publications and unpublished reports were included, 174 of which dealt directly with the conflict between wind energy production and birds. The possible effects can be grouped into (1) collisions of birds with wind turbines, (2) effects on habitats and on the behaviour of birds.

Collisions of birds with wind turbines have been observed in many areas. Migrating as well as resident birds are concerned. During daytime large birds with limited ability for manoeuvring, e.g. soaring storks and raptors, risk to collide with wind turbines most. For night-migrating birds collision risk increases in bad weather conditions (low visibility in particular). The effects of mortality due to collisions on bird populations are not clear. Increased mortality could be a potential problem for populations of large birds with low reproductive rates. This would be particularly relevant where there is a high collision risk at sites where birds coming from a large area congregate, e.g. at migration bottlenecks. On the other hand, the effects on populations of small birds often seem to be small.

Wind farms change the habitats of birds by creating new structures in the landscape and due to changes in the way habitats are used by man, which often go hand in hand with the construction of wind farms. Changes in habitat use or the behaviour of birds have been found mostly for breeding or wintering birds of open habitats (e.g. waders, geese). Where the areas around wind farms are avoided, this is equivalent to a complete or partial loss of habitat. Whether these effects are relevant from a nature conservation point of view, depends mainly on the conservation status of the species or habitats concerned.

Several types of reactions of migrating birds have been observed: in many cases, migrating birds seem to deviate from their migratory direction. A minority of birds seem to fly across wind farms, where they risk to collide with turbines or to be pushed towards the ground by turbulences. Since birds mostly follow traditional migratory routes, the problems arise each autumn and spring. The effects of the associated losses on populations are largely unknown.

Indirect effects of wind farms, e.g. due to additional infrastructure or development of previously little used areas, may lead, for instance, to changes in agricultural use or to an increase of visitors to the area. So far, such effects have hardly been studied but have to be taken into consideration in environmental impact assessments.

The review showed that wind farms can have negative impacts on birds (and other flying animals). It also showed many knowledge gaps and the need for more internationally coordinated research in larger areas. The heterogeneity of the projects and the variety of reactions of birds does not allow to draw very general conclusions. For the discussion in Switzerland the almost complete lack of studies in the prealpine or alpine regions is particularly relevant. Most studies on collision risk as well as on habitat use were carried out in lowland areas, often in coastal habitats.

In Switzerland, there is a commitment to increase the use of wind power. The programme "Energy Switzerland" encourages the construction of several wind farms until 2010. Based on the literature review, conflicts are most likely to arise in areas where threatened species of open

landscapes occur, or at migration bottlenecks where birds concentrate due to topographical conditions. The choice of sites for wind farms has therefore to be treated with priority to avoid possible conflicts with birds as far as possible. This has to consider all available knowledge on the occurrence of relevant bird species (in particular priority species for recovery programmes), of important habitats (federal inventories) as well as data on bird migration.

1. Einleitung

Fossile Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) decken drei Viertel des weltweiten Energieverbrauchs. Die geopolitischen und wirtschaftlichen Probleme sowie die Umweltbelastung durch fossile Brennstoffe und Kernenergie beschleunigen die Suche nach anderen Energiequellen. Erneuerbare Energiequellen folgen dem Prinzip der Nachhaltigkeit. Die Nutzung der Wasserkraft hat in der Schweiz einen sehr hohen Stand erreicht. Die Gewinnung von alternativen Energien (Solarenergie im weitesten Sinne und Windenergie) steht dagegen erst am Anfang. Insbesondere die Windenergie stellt eine erneuerbare Energiequelle dar, die bislang in der Schweiz kaum genutzt wurde. Ihre Erschliessung trägt zum Klimaschutz bei. Die schweizerische Energiepolitik hat sich zum Ziel gesetzt, dass bis im Jahre 2010 zusätzliche 500 GWh elektrische Energie pro Jahr (dies entspricht ca. 1 % des gegenwärtigen Energieverbrauchs) aus erneuerbaren Quellen stammen sollen. Dazu soll die Windenergie einen substanziellen Beitrag leisten. Der Bundesrat hat sich im Rahmen des Programms „EnergieSchweiz“ das Ziel gesteckt, bis 2010 fünf bis zehn Windparks mit insgesamt 50 – 100 GWh elektrischer Energie pro Jahr zu errichten (Versorgung von 15'000 – 30'000 Haushalten) (Robyr Soguel & Henz 2001, Horbaty 2003, Bundesamt für Energie et al. 2004).

Wie Wasserkraftwerke und andere technische Anlagen können auch Anlagen zur Gewinnung von Windenergie negative Auswirkungen auf die Landschaft sowie auf die Tier- und Pflanzenwelt haben. Als Bewohner des Luftraumes könnten Vögel in besonderem Masse durch Windkraftanlagen beeinträchtigt werden.

Die Literatur zum Thema ist allerdings weit verstreut und zum Teil schwer zugänglich. Mit der vorliegenden Literaturstudie versuchen wir die relevanten Informationen zusammenzutragen und im Hinblick auf die Verhältnisse in der Schweiz zu werten. Allen, die sich mit der Umweltverträglichkeit von Windkraftanlagen befassen, sollen damit die Grundinformationen vermittelt und der Einstieg in die einschlägige Literatur erleichtert werden. Wir sind uns bewusst, dass die Auswirkungen auf die Vogelwelt jedoch nur ein Teil der zu berücksichtigenden möglichen Umweltbelastungen von Windkraftanlagen sind.

Zudem gilt es zu berücksichtigen, dass bei der dynamischen Entwicklung der Technik von Windkraftanlagen diese Literaturstudie nur als Momentaufnahme betrachtet werden kann. So galt z.B. bis vor kurzem die Ansicht, dass die Windverhältnisse in der Schweiz nur in Höhenlagen über 800 m eine wirtschaftliche Nutzung der Windenergie erlauben würden (Buser et al. 1996). Im Windkonzept Schweiz wurden aber auch tiefer gelegene Standorte als geeignet erachtet (Bundesamt für Energie et al. 2004). Die Entwicklung der Windturbinen zeigt in Richtung zunehmender Höhe der Anlagen, was heute ungeeignet erscheinende Gebiete ebenfalls für die Erzeugung von Windstrom geeignet machen könnte (gleich bleibende, für die Erzeugung von Windstrom günstige Winde kommen mit zunehmender Höhe über Boden häufiger vor, siehe z.B. Binswanger 1999). Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus Untersuchungen an älteren Anlagen müssen deshalb immer wieder darauf hin geprüft werden, ob sie auf heutige Verhältnisse übertragbar sind. Dies wird auch in Zukunft unumgänglich sein.

2. Grundlagen und Begriffe

Für die Literaturlauswertung konzentrierten wir uns auf Spezialliteratur zum Thema Windenergie und Vögel (s. Kap. 2.1). Für Hintergrundinformationen zum Stand der Windenergienutzung in der Schweiz stützten wir uns auf allgemein zugängliche Informationen des Bundesamtes für Energie, der Vereinigung SwissEole und anderer Organisationen.

Technische Begriffe werden gemäss den Definitionen des Energiekonzepts Schweiz (Bundesamt für Energie et al. 2004) verwendet:

Einzelanlage: eine alleinstehende Windkraftanlage, evtl. auch zwei.

Windpark: mehrere Windkraftanlagen in einer gemeinsamen Anordnung, mind. 3 Anlagen.

Leichtwindanlage: Unabhängig von der Grösse wird darunter ein Anlagenkonzept verstanden, welches schon bei sehr tiefen Windgeschwindigkeiten Energie produziert. Dadurch können diese Maschinen auch an Standorten eingesetzt werden, welche für eine wirtschaftlich rentable Windnutzung eigentlich zu tiefe Windgeschwindigkeiten aufweisen, v.a. im Mittelland. Die Energiegestehungskosten sind in der Höhe von Photovoltaikanlagen.

Anlagenhöhe: Mast- bzw. Nabenhöhe + $\frac{1}{2}$ Rotordurchmesser.

Eine detaillierte technische Beschreibung von Windkraftanlagen würde den Rahmen dieses Berichts sprengen. Für Vögel dürften insbesondere die Höhe und die Zahl der Anlagen von Bedeutung sein. Die Dimensionen von Windkraftanlagen können sehr unterschiedlich sein. So gibt es heute sowohl 30 kW-Anlagen mit einer Gesamthöhe von 34 m (28 m Nabenhöhe, 12 m Rotordurchmesser) wie auch 750 kW-Anlagen mit 84 m Gesamthöhe (60 m Nabenhöhe, 48 m Rotordurchmesser). Zudem ist ein deutlicher Trend zur Installation von hohen Einzelanlagen zu erkennen, da sie wirtschaftlich interessanter sind. Doch werden auch sie häufig in kleinen Gruppen aufgestellt. Das Projekt auf dem Crêt-Meuron (NE) sieht z.B. die Installation von sieben 1500 kW-Anlagen vor (120 m Nabenhöhe, 100 m Rotordurchmesser, also 170 m Gesamthöhe).

3. Literaturlauswertung

In der Schweiz stehen erst sehr wenige Windkraftanlagen. Vor- und Nachuntersuchungen über mögliche Auswirkungen auf Vögel aus der Schweiz fehlen ganz. Soll nun die Nutzung der Windenergie ausgebaut werden, ist aber die Kenntnis solcher Auswirkungen auf Vögel sehr wichtig, um keine neuen Konflikte hervorzurufen. Vor allem in Deutschland, den Niederlanden, Belgien, Grossbritannien, aber auch in Spanien und den USA wurden in den letzten Jahrzehnten viele Windkraftanlagen oder Windparks erstellt. Zumindest teilweise wurden auch Studien an Vögeln durchgeführt. Folgenden Fragen will das folgende Kapitel nachgehen: Zu welchen Ergebnissen kamen diese Studien? Welche Auswirkungen auf Vögel wurden festgestellt? Wie weitreichend sind diese Auswirkungen? Sind ganze Vogelpopulationen bedroht? Welche Massnahmen zur Vermeidung von negativen Auswirkungen auf Vögel sind bekannt? Welche Erfahrungen und Empfehlungen sind auf die Situation in der Schweiz übertragbar? Von welchen Entwicklungen kann die Schweiz beim Aufbau ihrer Windenergieprojekte profitieren, und welche möglichen Konflikte kann sie vermeiden?

3.1 Methode

Die Literatursuche erfolgte mittels Schlagwortsuche in Bibliotheksdatenbanken und im Internet sowie über das Literaturverzeichnis von veröffentlichten Arbeiten. Einbezogen wurden so auch unveröffentlichte (oder nur im Internet zugängliche) Gutachten, Dissertationen und Diplomarbeiten. Nicht direkt zugängliche Studien werden aus der Sekundärliteratur zitiert. Um einen möglichst umfassenden Überblick über das Thema zu erhalten, wurden nicht nur Publikationen zum Thema Windenergie und Vogelschutz direkt berücksichtigt, sondern auch solche zu verwandten Themenkreisen wie Landschaftsschutz oder Vogelschlag/Kollisionen mit anderen technischen Einrichtungen. Beigezogen wurde ebenfalls allgemeine ornithologische Literatur zur Wertung möglicher Auswirkungen. Hinzu kamen einige grundsätzliche Veröffentlichungen zum Thema Windenergie (energiepolitische bis technische Publikationen) sowie Positionspapiere diverser Organisationen und Institutionen.

In die Literaturstudie wurden 268 Studien und Publikationen aus folgenden 10 Themenbereichen einbezogen:

• Energiepolitik	6	
• Landschaftsbild, Landschaftsschutz	10	
• Positionspapier	14	
• Raumplanung	21	
• Technik	5	
• Vogelschlag	18	
• Windenergie allgemein oder politisch	20	
• Windkraftanlagen offshore und Vögel	19	
• Windkraftanlagen und Vögel	124	
• Windkraftanlagen/Vogelschlag	31	174
Total	268	

Von den insgesamt 174 Publikationen, die Aussagen zum enger gefassten Themenbereich Windkraftanlagen und Vögel (Windkraftanlagen Offshore und Vögel, Windkraftanlagen und Vögel, Windkraftanlagen/Vogelschlag) machen, sind 103 Originalarbeiten zum Thema (v.a. Untersuchungen, Monitoringprojekte, Studien zu Auswirkungen von Windkraftanlagen). 51 Arbeiten sind kommentierte Zusammenstellungen des aktuellen Wissens und 20 sind Berichte von Workshops oder Tagungen, Informationen zu konkreten Projekten etc. Publikationen zu diesem enger gefassten Themenbereich erschienen vereinzelt ab 1984. Wie Abb. 1 zeigt, nahm die Aufmerksamkeit für das Thema ab 1992 zu und hatte einen deutlichen Schwerpunkt in den Jahren 1999/2000, als v.a. in Deutschland Ergebnisse von ersten Untersuchungen vorlagen.

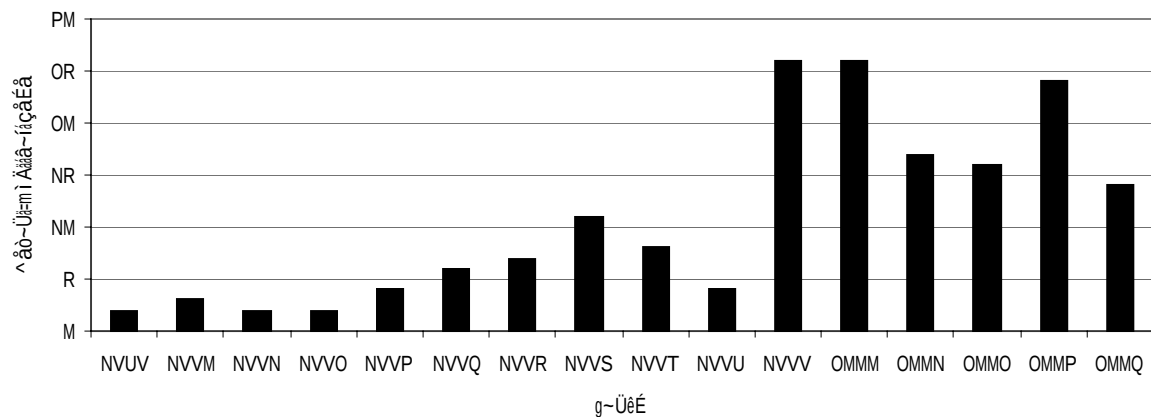


Abb. 1. Erscheinungsjahre der 174 Publikationen zum Thema Windenergie und Vögel von 1989–2004.

3.2 Systematik der Auswirkungen

Die Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Vögel lassen sich in zwei Kategorien aufteilen:

1. Kollisionen (Vogelschlag)

Im Falle von Windkraftanlagen kommen Kollisionen mit dem Anlagenturm oder den Rotoren vor. Auch kollidieren Vögel mit Spannungsseilen von Anlagentürmen, elektrischen Leitungen, die die Energie zum Abnehmer bringen, und weiteren Infrastrukturanlagen im Windpark. Zudem können die an den Rotoren entstehenden Turbulenzen einen Vogel zu Boden schmettern. Die Folgen sind oft tödliche Verletzungen. Bei turbulenzbedingten Zwischenfällen ist teilweise auch eine Erholung möglich.

2. Auswirkungen auf den Lebensraum (Habitat) und das Verhalten der Vögel

Durch die Erstellung eines Windparks wird eine vorher unbebaute Fläche in ihrer Gestalt verändert. Die durch Windkraftanlage überbaute Fläche ist zwar oft klein, doch bringt der Bau einer Windkraftanlage oft Änderungen der Nutzung der zwischen den Anlagen liegenden Flächen mit sich. Zu beurteilen sind also sowohl Veränderungen in der Struktur des Lebensraumes wie im Angebot von Ressourcen (Nahrung, Neststandorte etc.). Auch indirekte Veränderungen des Lebensraumes in der weiteren Umgebung sind hier zu diskutieren. Viele Vogelarten reagieren auf menschliche oder technische Aktivitäten mit Änderungen im Verhalten oder physiologischen Reaktionen, die sich längerfristig negativ auf die biologische Fitness der Individuen und als Folge davon auf die Entwicklung der Bestände auswirken können (Stock et al. 1994, Keller 1995). Auch die Meidung von Gebieten gehört zu diesen möglichen Reaktionen. Solche unter dem Stichwort Störungen zusammengefassten Reaktionen lassen sich oft nicht von Einflüssen von Lebensraumveränderungen trennen; sie werden deshalb im selben Kapitel behandelt.

3.3 Kollisionen (Vogelschlag)

3.3.1 Erfahrungen mit Vogelschlag an anderen vertikalen Infrastrukturen

Kollisionen von Vögeln mit technischen Einrichtungen sind häufig, werden aber oft wenig beachtet. Verschiedene Untersuchungen beschäftigten sich speziell mit Zugvögeln. Hauptsächlich nächtlich ziehende Zugvögel können Opfer von Kollisionen werden (Buurma & Ockelorn 1988, Johnson et al. 2002). Dabei scheinen die Wetterbedingungen eine wichtige Rolle zu spielen. Von beleuchteten Fernsehtürmen und Fernmeldemasten ist seit langem bekannt, dass sie für in der Nacht ziehende Vögel zum tödlichen Hindernis werden können: Im Nebel oder Nieselregen werden die Vögel durch die Lichtquelle angelockt und prallen in die hohen Strukturen. Wird das Licht gelöscht, sinkt die Kollisionsgefahr stark (Cochran & Graber 1958). Eine Radaruntersuchung an einem 300 m hohen beleuchteten Fernsehturm zeigte, dass die Vögel sich nur bei tief liegenden Wolken unter 100 m im Bereich des Turmes konzentrierten. Unter klarem Himmel oder bei einer hohen geschlossenen Wolkendecke wurden keine Konzentrationen von Vögeln um den Turm festgestellt (Larkin & Frase 1988). Vor allem in nebligem Herbstwetter werden Vögel auch von beleuchteten Ölbohrinseln angelockt. In einer starken Zugnacht im Herbst, in der plötzlich starker Nebel aufkam, konnte diese Gefahr von einer beleuchteten Off-shore-Forschungsplattform aus beobachtet werden: Von ca. 100'000 Vögeln aus mindestens 37 verschiedenen Arten, die in sechs Stunden an der Insel vorbeiflogen, fanden über 2000 durch Anflug an die Plattform-Aufbauten den Tod (Müller 1981). Zu Kollisionen mit Turm-Abspannungsseilen kommt es v.a. in stürmischen Nächten, wenn die Vögel niedriger fliegen als unter normalen Bedingungen in der Nacht üblich, und die Abspannungsseile nicht als Hindernis wahrnehmen (Kelm 1978, Lammen & Hartwig 1994). Bekannt sind auch Kollisionen von im Sturm verdrifteten Zugvögeln mit Stacheldrahtzäunen, die auf Deichkronen errichtet wurden (Gloe 1984).

Eine zusammenfassende Studie über die Auswirkungen von Freileitungen auf Vögel kam zum Schluss, dass von Kollisionen zwar alle Vogelarten betroffen sein können, dies aber in der Schweiz insbesondere für die Bestände von Weissstorch und Uhu problematisch ist (Marti 1998). Vor allem die frisch flüggen Jungvögel sind einem starken Kollisionsrisiko ausgesetzt. Sie sind mit den Gefahren in der Umgebung noch nicht vertraut, und ihre Flugfähigkeit ist noch nicht voll ausgebildet. Daher haben sie Schwierigkeiten im Reagieren auf ein Hindernis: Untersuchungen beim Uhu ergaben für 34 % bis über 50 % der Todesfälle die Todesursache „Kollision mit Leitung“ (Haller 1978, Marchesi et al. 2001, Rubolini et al. 2001).

Wie viele Vögel an technischen Einrichtungen zu Tode kommen, ist relativ schwierig zu erforschen, da Kadaver in unübersichtlichem Gelände schwierig zu finden sind (vor allem Kleinvögel) und sehr schnell von Prädatoren abgeräumt werden, oder weil verletzte Vögel weiterfliegen und ausserhalb des Untersuchungsgebietes liegen bleiben. So zeigt eine Untersuchung der Verweildauer von Vogelkadavern unter Hochspannungsleitungen (Schicker 1997), dass nach 2 Tagen 50 % der Vogelkadaver verschwunden waren, nach 5 Tagen über 75 %. Bei einer täglichen Kontrolle sollten nach Schicker hingegen 70–80 % der Kadaver gefunden werden können (vgl. aber Winkelmann 1992 und Kapitel 3.3.2.).

3.3.2 Vogelschlag an Windkraftanlagen

Häufigkeit von Kollisionen

Kollisionen mit Windkraftanlagen wurden immer wieder festgestellt. Die meisten Untersuchungen versuchten, die Häufigkeit von Kollisionen abzuschätzen, besonders betroffene

Artengruppen zu identifizieren sowie die Bedingungen festzustellen, die die Häufigkeit von Kollisionen beeinflussen können.

Wie bei Kollisionen mit anderen Infrastrukturanlagen besteht auch bei Windkraftanlagen das Problem, dass die Erfassung der Zahl der Kollisionsopfer methodisch schwierig ist. Projekte, die eine verlässliche Aussage zur Anzahl Kollisionsopfer machen, sind selten, da das Gelände konsequent nach Kollisionsopfern abgesucht werden muss, was die Untersuchung sehr aufwändig macht. Auch heute stammen viele Ergebnisse zum Thema Vogelschlag aus Projekten mit eher zufälliger Absuche des Geländes nach Kollisionsopfern. Duchamp (2003) untersuchte verschiedene Publikationen und kam zum Schluss, dass die Mortalitätsrate wohl meist deutlich unterschätzt wurde. Winkelman schliesst aus jahrelangen Untersuchungen, dass bereits in der Nacht ein Grossteil der Kadaver von Kleinvögeln abgeräumt wird und die effektive Anzahl von Kollisionsopfern sogar bei täglichen Untersuchungen unterschätzt wird (Winkelman 1992).

Umfangreiche Studien von Winkelman in den Niederlanden erbrachten folgende Ergebnisse: In einer Untersuchung im Herbst/Winter 1983/84 in sechs Windparks mit mittelhohen Anlagen nahe der Küste konnten Flugrichtungsänderungen beobachtet werden, die eindeutig auf die Windparks zurückzuführen waren (Winkelman 1985). Zwar konnte in der Untersuchung keine Kollision beobachtet werden. Doch führt Winkelman dies auf die Untersuchungszeit (Tag) zurück und warnt davor, das Ergebnis ihrer Untersuchung auf die Nacht und auch auf Tage mit schlechten Sichtverhältnissen anzuwenden. Eine zweite, langjährige Untersuchung (1984–91) in einem Windpark mit 18 Windturbinen (35 m Turmhöhe, 30 m Rotordurchmesser), sieben Wetterstationen und drei Kontrollgebäuden zeigte, dass die Anzahl Kollisionen im Verhältnis zur Anzahl arbeitender Turbinen zunahm (Winkelman 1990). Kadaver wurden fast auf der ganzen Windparkfläche gefunden, mit einer leicht tieferen Rate in der Mitte des Windparks. Dies lässt vermuten, dass das flächige Anlegen von Windparks das Kollisionsrisiko (sowohl im Schnitt pro Turbine wie über den ganzen Windpark gesehen) senkt im Vergleich zu linienförmig oder einreihig angelegten Windparks. Eine Untersuchung im Windpark in der Nähe von Urk, am IJsselmeer (25 Anlagen mit Nabenhöhe 30 m und Rotordurchmesser von 25 m) von Januar bis April 1987, Dezember 1987 bis April 1988 und Oktober 1988 bis April 1989 ergab, dass im Herbst zwei- bis dreimal so viele Vögel kollidierten wie im Winter oder Frühling (Winkelman 1989). Allerdings vermuten Winkelman und ihre Mitarbeiter, dass die effektive Zahl von Kollisionsopfern deutlich höher sein könnte, da von den Feldmitarbeitern Kadaver übersehen und von Prädatoren Kadaver weggeräumt worden sein könnten und es auch möglich ist, dass kollidierte Vögel, die nicht sofort tot waren, noch eine gewisse Strecke wegflogen und erst später den Verletzungen erlagen. Dieser Annahme entsprachen die Forscher mit einer Korrektur der gefundenen Opferzahlen (siehe auch Winkelman 1990). So errechneten sie im Mittel 0,5–1,2 Vögel pro Tag und Windpark. Dies ergab für die ganze Untersuchungsperiode von 16 Monaten eine Kollisionszahl von 107 bis mehreren hundert Vögeln. Im Herbst wurden nach 13 Nächten mit guten Flugbedingungen und guter Sichtbarkeit keine Opfer unter Singvögeln gefunden. Nach acht Nächten mit guten Flugbedingungen, aber schlechter Sichtbarkeit wurden 5 tote Singvögel gefunden (0,63 Vogel/Nacht). Nach fünf Nächten mit schlechten Flugbedingungen und schlechter Sichtbarkeit wurden 5 tote Singvögel gefunden (1,0 Vogel/Nacht; Winkelman 1989).

Insbesondere bei schlechten Sichtverhältnissen können Windkraftanlagen für überwinternde oder ziehende Vögel eine Gefahr darstellen (Nebel, Sturmwinde). Diese vergrössert sich beim Auffliegen nach Störungen (Panik) oder beim Einfliegen in Schwärmen (Akkermann 1999). In einer Untersuchung in einer Gross-Windfarmregion in Minnesota USA (Buffalo Ridge, 354 Anlagen, 425 MW Leistung) wurden 51 von 55 Opfern nach Gewittern, bei Nebel oder

stürmischen Winden gefunden (Johnson et al. 2002). Ein Teil der Turbinen war beleuchtet, da sie in der Nähe eines Flugplatzes stehen. Hier wurden die meisten Opfer gefunden.

Eine Studie in Belgien (Rodts 1999) zeigte ein neues Phänomen, das bis 1999 wenig beschrieben wurde. 28 % der Kleinvögel, die in der Nacht oder in der Dämmerung durch den in Betrieb stehenden Windpark hindurchflogen, wurden Opfer von Kollisionen. Am Tag betrug der Anteil Kollisionsopfer 7 %. Dabei kollidierten die Kleinvögel nicht nur direkt mit den Rotoren oder den Masten, sondern wurden von Turbulenzen zu Boden gedrückt. Diese Turbulenzen hatten nur Auswirkungen, wenn die Kleinvögel mit Rückenwind durch die Anlage flogen. Sie konnten zwar den Rotoren besser ausweichen, doch wurden sie dahinter von den Turbulenzen überrascht. Für die Hälfte der zu Boden geschmetterten Kleinvögel war das Ereignis tödlich. Bei Gegenwind schienen sie besser mit den Turbulenzen zurecht zu kommen (Rodts 1999).

Acht Windfarmen, verteilt über ganz Spanien, wurden während 3 Jahren beobachtet (De Lucas et al. 2004). Ziel der Untersuchung war, das Risiko von Vogelschlag (hauptsächlich bei Greifvögeln) an Windkraftanlagen zu beurteilen und Massnahmen zu erarbeiten, um es zu reduzieren. Untersucht wurden Auswirkungen von unterschiedlicher Windgeschwindigkeit und -richtung auf das Flugverhalten und die Mortalität der Vögel. Aus Untersuchungen bei Tarifa (SEO BirdLife International 1994, Acha 1998, Barrios & Rodriguez 2004) war bekannt, dass der Gänsegeier zu den häufigsten Kollisionsopfern gehört. Die aerodynamische Charakteristik des Gänsegeierflugs wurde durch De Lucas Castellanos mit Versuchen im Windkanal untersucht um herauszufinden, welche aerodynamischen Mechanismen die hohe Mortalität beeinflussen. Erste Resultate ergaben keinen schlüssigen Zusammenhang zwischen dem Flugverhalten von Gänsegeiern und der Mortalitätsrate. Dennoch besteht der Verdacht, dass der Gänsegeier die Art mit den meisten Todesopfern durch Kollisionen mit den Rotoren ist, weil er durch seine Grösse eine geringere Manövrierfähigkeit hat und für eine plötzlich erforderliche Verhaltensänderung vor dem Zusammenstoss zu viel Zeit braucht.

Bei grossen Greifvögeln scheint das Kollisionsrisiko an Windparks auf Bergkämmen am höchsten zu sein, da sich die Segelflieger in den Aufwinden entlang der Hänge in die Höhe schrauben – also genau dort, wo auch ideale Bedingungen für die Erzeugung von Windenergie herrschen. Diese Erkenntnis stammt hauptsächlich aus Untersuchungen von zwei Windparkregionen, nämlich vom Altamont Pass in Kalifornien und von der Küstenlinie bei Gibraltar: Beide Grossanlagen stehen auf Bergkanten, die Ablösepunkte für Thermik sein können, welche von grossen Scharen von Segelfliegern ausgenutzt werden. Dort kreisen Vögel stundenlang in Thermikschläuchen in der Nähe der laufenden Rotoren. Selbst bei niedriger Wahrscheinlichkeit von Vogelschlag kommt es durch die grosse Anzahl an Möglichkeiten zu Verlusten. Am Altamont Pass in Kalifornien stehen 7340 Turbinen (Gill et al. 1996). Es wurde geschätzt, dass von 1989 bis 1991 567 Greifvögel getötet wurden. Jedes Jahr vermutete man 39 Opfer unter den Steinadlern, was die Windenergie zur Verursacherin von 69 % aller Todesfälle von Adlern in der Region machte. Ein Problem ist am Altamont Pass, dass sich durch die Installation des Windparks gute Lebensbedingungen für Kleinsäuger einstellten, die nun Beutegreifer anlocken (Thelander & Rugge 2000). Bei Gibraltar (Tarifa) wurden innerhalb eines Jahres 82 Vögel gefunden, die mit den Windkraftanlagen kollidiert waren, darunter 30 Gänsegeier, 24 Turmfalken, 1 Weissstorch und 2 Uhus. Schätzungen ergaben 0,38 tote Vögel pro Turbine und Jahr, bei 370 Turbinen also 140 tote Vögel pro Jahr (Sunyer 1994, Marti Montes & Barrios Jaque 1995, Acha 1998).

Everaert et al. (2002) fanden in Belgien im Mittel pro Jahr und Turbine 23 getötete Vögel. Die meisten Opfer wurden unter den in der Umgebung in grosser Zahl vorkommenden Arten Silbermöwe, Heringsmöwe und Lachmöwe gefunden. Auch unter weniger häufigen Arten wie

Sperber, Turmfalke, Wanderfalke, Dreizehenmöwe, Flusseeeschwalbe, Zwergeseeschwalbe und Steinwälzer wurden Opfer gefunden. Die Zahl der Opfer variierte stark zwischen den Turbinen; entlang der Küste war die mittlere Zahl der Vögel mit 39 höher als weiter entfernt von der Küste, wohl weil an der Küste die Zugintensität grösser war. Die Höhe der Anlagen schien eine untergeordnete Rolle zu spielen.

Eine Untersuchung in Belgien (Rodts 1999) zeigte, dass 5 % aller Vögel, die den Windpark auf Höhe der Rotoren durchquerten (20 – 50 m über Boden), mit diesen zusammenstießen. 1 % starb dabei. Nimmt man die Vögel hinzu, die knapp unter oder über den Rotoren durch den Windpark flogen (0 – 60 m über Boden), ergibt sich, dass 0,25 % mit den Rotoren kollidierten. Dabei spielte es eine entscheidende Rolle, von welcher Grösse die Vögel waren. Bei den Singvögeln, die den Park in der Nacht oder in der Dämmerung durchquerten, verminderte sich die Kollisionsrate mit zunehmender Grösse des Vogels.

Die Totfunde von Enten und Austernfischern aus einer zweijährigen Untersuchung von Windparks entlang der norddeutschen Küste fielen alle in die Brutzeit. Die Autoren vermuteten, dass die Vögel z.B. beim Balzflug einen geringeren Sicherheitsabstand zu den Anlagen einhielten (Böttger et al. 1990). Umgekehrt schätzte Akkermann (1999) das Risiko für Brutvögel im Allgemeinen als geringer ein als jenes für ziehende Vögel.

Das Kollisionsrisiko kann auch vom Typ der Windkraftanlage abhängen. So haben Untersuchungen gezeigt, dass an Gittermasten ein grösseres Risiko für Kollisionen besteht als an glatten Masten (Akkermann 1999). Ebenso wiesen mit Halteseilen verkabelte Anlagen ein erhöhtes Kollisionsrisiko auf (Breuer 1996, Mielke 1996, Akkermann 1999). Breuer (1995) und Akkermann (1999) weisen zudem darauf hin, dass andere im Zusammenhang mit Windkraftanlagen erstellte neue Infrastrukturanlagen auch berücksichtigt werden müssen, vor allem Freileitungen. In Gebieten, die bis anhin nicht durch Stromtrassen erschlossen sind, könnte die Erstellung einer Windkraftanlage dadurch negative Auswirkungen haben, denn an Freileitungen kann es zu kollisionsbedingten Tierverlusten von bis zu mehreren hundert Individuen pro Jahr und Leitungskilometer kommen (Akkermann 1999).

Verschiedene Autoren versuchten, das Risiko von Kollisionen anhand der Flughöhe der Vögel abzuschätzen. Larsen und Clausen (2002) simulierten das Risiko für Vogelschlag für Singschwäne an zwei Szenarien von unterschiedlich hohen Windparks (Gesamthöhe 69 bzw. 101 m, wobei die erzeugte Gesamtenergie gleich war, da im niederen Windpark mehr Anlagen geplant wurden). Es ging darum, das ungestörte Verhalten der Schwäne zu studieren und das mögliche Kollisionsrisiko für die beiden Szenarien abzuwägen. Unter der Annahme, dass die Schwäne das Gebiet in gleicher Art weiter nutzen und die Windkraftanlagen nicht meiden würden, schätzten die Autoren die Zahl der potenziell kollidierenden Vögel bei der höheren Variante als geringer ein, da die überwinternden Schwäne vom nächtlichen zum täglichen Aufenthaltsgebiet zwischen 5 und 45 m über Boden flogen. Koop (1997, 1999) schätzte für sein Untersuchungsgebiet in der Probstei (Deutschland), dass vor allem auch unter den Kleinvögeln mit grossen Verlusten zu rechnen sei, da die Zughöhen wegen der besonders starken Gegenwinde (Herbstzug West- bis Nordwind, Frühlingszug Ostwind) durchschnittlich bei nur 72 bis 95 m über Boden lägen.

Da das Kollisionsrisiko von Vögeln mit Windkraftanlagen in dunklen Nächten oder Nächten mit schlechten Sichtverhältnissen als am grössten eingeschätzt wird, wurden mit einem Radargerät die Flugmuster von rastenden Watvögeln und Tauchenten in Küstennähe untersucht (Van der Winden et al. 1999). Dabei stellte sich heraus, dass die Watvögel sowohl bei Tag wie auch bei

Nacht in Höhen unter 100 m über Boden flogen. Die Tauchenten mieden die Windkraftanlagen sowohl bei Tag wie bei Nacht – das Kollisionsrisiko war daher sehr gering.

Übrigens sind Vögel nicht die einzigen fliegenden Tiere, von welchen Kollisionen mit Windkraftanlagen bekannt sind, sondern es gibt auch Hinweise darauf, dass Fledermäuse – vor allem während des Herbstzuges – Verluste an Windkraftanlagen erleiden (Dürr 2001, 2002, Erickson et al. 2004).

Bedeutung der Kollisionen für Vogelpopulationen

Wie sich die kollisionsbedingten Verluste auf die Entwicklung der Vogelbestände auswirken, ist nur mit aufwändigen und langfristigen Untersuchungen festzustellen. Nur wenige Studien versuchen, die Auswirkungen der Mortalität durch Windkraftanlagen auf die Vogelbestände abzuschätzen.

Verschiedene Autoren schätzen, dass – auch wenn die Todesrate in den meisten Untersuchungen wohl unterschätzt wurde – ein Verlust von ein paar Dutzend bis vielleicht ein paar Hundert Schlagopfern jährlich pro Windfarm keine negativen Auswirkungen auf die meisten Vogelbestände haben wird, wenn sie auch sehr wohl eine Bestandsabnahme bei den lokalen Vorkommen zur Folge haben können (Albouy et al. 1997, Royal Society for the Protection of Birds 2004). Dennoch ist das Wissen um die Grösse dieser Verluste wichtig. Es gibt bedrohte Vogelpopulationen, die solche Verluste nicht kompensieren können. Dies könnte in erster Linie für langlebige, wenig Nachwuchs produzierende Arten wie Greifvögel und Störche negativer sein als bisher angenommen (Gill et al. 1996). Ähnliches könnte für den Uhu gelten, eine Art, die bereits von Kollisionen mit Freileitungen betroffen ist (Marti 1998). In Deutschland wurden in letzter Zeit zunehmend Uhus gefunden, die durch Kollisionen mit Windkraftanlagen umgekommen waren (EGE - Gesellschaft zur Erhaltung der Eulen e.V. 2004).

Eine sehr kritische Auslegung der bisherigen Studien über Vogelschlag und Vogelschlaggrössen ist in einem Bericht von Aves zu finden (Aves, société d'études ornithologiques 2002). Obwohl v.a. in den neuesten Studien ein Korrekturfaktor in die Berechnungen der Anzahl kollidierender Vögel einbezogen wird, halten die Autoren die veröffentlichten Zahlen zu den Kleinvögeln für wenig verlässlich, da man nur wenige Vögel findet (Grösse des Vogels, Vegetation, Prädatoren) und daher ein Korrekturfaktor, der von der Anzahl wiedergefundener, toter Vögel abhängig ist, sehr unsicher ist. Die Autoren verglichen die Zahlen der getöteten Vögel mit den Zahlen der Vögel, die an diesem Ort durchflogen. Das Verhältnis variierte zwischen den Arten, aber auch den Standorten. So kam man in Zeebrugge auf 1/600 bei den Zwergseeschwalben und auf 1/12'000 bei den Flusseeeschwalben. In Oosterbierum lagen die Zahlen bei 1/9'500 bei den Singvögeln und bei 1/21'600 (Tag) oder bei 1/1'200 (Nacht) bei den Möwen, was ein Mittel von 1/1'200 für alle Arten ergibt. In Zeebrugge, wo man annahm, dass Brutvögel der Umgebung von Todesausfällen durch Kollisionen betroffen waren, lag das Verhältnis bei 1/400 bei den Flusseeeschwalben, 1/164 bei den Zwergseeschwalben und bei 0 Opfern bei den Brandseeschwalben. Dies deutet auf eine unterschiedliche Relevanz des Mortalitätsfaktors Windenergie für verschiedene Arten hin. Analog zu populationsdynamischen Studien über den Einfluss der Jagd folgern die Autoren: (1) Arten, deren Populationsdynamik auf geringer Reproduktionsrate und geringer Mortalität basiert, sind sensibel für die Ausfälle durch Vogelschlag. Hingegen können Arten mit einer hohen Reproduktionsrate und einer geringen Lebenserwartung flexibler reagieren. Grundsätzlich sind also grosse Arten mit wenig Nachwuchs pro Jahr (1–2 Junge) gefährdeter als kleine. (2) Der Zeitpunkt des Vogelschlags dürfte ebenfalls eine Rolle spielen:

Verluste im Herbst sind etwas weniger gravierend als Verluste im Frühling. Eine Windkraftanlage, an welcher Vogelschlag passiert und die in einem Kanal des Frühjahrszugs steht, hat also negativere Auswirkungen auf Vogelpopulationen als eine Windkraftanlage in einem Herbstzugskanal, weil die Anzahl potenzieller Brutpaare direkt verkleinert wird. Die Autoren weisen ebenfalls darauf hin, dass die zusätzliche Mortalität durch Windkraftanlagen im Fall von gefährdeten Arten den negativen Effekt einer Vielzahl von anderen Faktoren verstärken kann. Sie kommen deshalb zum Schluss, dass Windkraftanlagen nicht in wichtigen Zugschneisen oder an wichtigen Rastplätzen erstellt und ebenfalls von wichtigen Brutplätzen von bedrohten Vogelarten, v.a. von Kolonien, ferngehalten werden sollten.

Verschiedene Autoren vergleichen die Kollisionen mit Windkraftanlagen mit jenen an anderen Infrastrukturanlagen. Windkraftanlagen sind durch die Bewegung der Rotoren und die dabei entstehenden Geräusche sowie die helle Färbung für Vögel unter normalen Bedingungen zu erkennen – sowohl am Tag wie in der Nacht (Clemens & Lammen 1995, Breuer 1996, Kersten 1996, Mielke 1996, Akkermann 1999). So kommen viele Autoren zum Schluss, dass Windkraftanlagen keine grösseren Verluste an Vögeln verursachen als andere Infrastrukturen, wo man Verluste ebenfalls toleriert (Böttger et al. 1990, Kleinschmidt et al. 1994, Breuer 1996, Osborne et al. 1999). Damit wird jedoch nichts über die langfristigen Auswirkungen ausgesagt. Faida (1996) ist der Ansicht, dass bei der derzeitigen Dichte an Anlagen in Deutschland die Mortalitätsrate von Vögeln an Windkraftanlagen keine Rolle spiele, dass dies sich aber mit dem weiteren Ausbau der Windenergienutzung ändern könnte. Auch Untersuchungen in den USA kamen zum Schluss, dass die derzeitigen Verluste an Vögeln durch Windkraftanlagen nicht mit den Verlustzahlen durch Kollisionen mit Autos, Lastwagen, Zügen, Flugzeugen, mit Freileitungen oder an Kommunikationstürmen verglichen werden können (Erickson et al. 1999), weil es erst vergleichsweise wenige Windparks gibt (Ende 2001: 15'000 Windkraftanlagen; 4 Millionen Kommunikationstürme). Osborne et al. (1999) weisen darauf hin, dass die Kollisionsrate an Windturbinen in einem Windpark in Minnesota wohl vergleichbar ist mit derjenigen an anderen Infrastrukturen, was negative Langzeitauswirkungen auf Vogelpopulationen jedoch nicht ausschliesse.

Auch wenn viele Autoren die Bedeutung der Mortalität an Windkraftanlagen als nicht allzu gross einschätzen, befürworten sie Massnahmen, die das Kollisionsrisiko verringern können, z.B. durch die Wahl von windgünstigen Flächen, die wenig vogelschlaggefährdet sind, oder die Gestaltung der Anlagen (Erickson et al. 1999, Royal Society for the Protection of Birds 2004, Allavena & Panella 2003). Zudem gibt es erste Hinweise darauf, dass alte Windkraftanlagen ein grösseres Kollisionsrisiko darstellen (Erickson et al. 2001). Also könnte schon der Ersatz von alten Windkraftanlagen durch neue sowie die bewusste Aussparung von Risiko-Bereichen (zum Beispiel das Rückversetzen der Anlagenlinie von der Bergkammlinie hinter den Bergkamm) das Kollisionsrisiko für Vögel an Windkraftanlagen deutlich senken (Johnson et al. 2000).

3.4 Auswirkungen auf Lebensraum und Verhalten

In einem ersten Kapitel gehen wir auf den Aspekt des Lebensraumverlusts ein. Die folgenden Kapitel sind nach Auswirkungen auf verschiedene Gruppen von Vögeln bzw. Vögel in verschiedenen Situationen gegliedert: Vögel zur Brutzeit, rastende und überwinterte Vögel, ziehende Vögel. Untersuchungen an Offshore-Anlagen werden in einem separaten Abschnitt betrachtet. Anschliessend beleuchten wir die Frage, in wie weit sich Vögel an Windkraftanlagen gewöhnen können, und gehen kurz auf indirekte Auswirkungen von Windkraftanlagen ein.

3.4.1 Lebensraumverlust

Jede Infrastrukturanlage braucht Platz. Einige Autoren gehen davon aus, dass Windparks im Gegensatz zu vielen anderen Bauwerken wenig Veränderung in der Fläche verursachen (5 % Landverbrauch durch den Sockel; Royal Society for the Protection of Birds 2004). Auch wenn die Anlagen also den Charakter des Gebietes vor allem visuell und ästhetisch verändern, erlauben sie doch die Beibehaltung der vorherigen Vegetationsstruktur und der Flächennutzung. Andere Autoren argumentieren, dass der Platzverbrauch durch den obligatorischen Abstand zwischen den einzelnen Windkraftanlagen von 5 – 10 mal der Rotorlänge viel grösser ist, als auf Grund der Anzahl Anlagen selbst angenommen wird, und dass ausserdem weitere Infrastrukturen (Strassen, Infozentrum und Parkplatz) Platz belegen (Böttger et al. 1990, Sunyer 1994, Otzen & Heydemann 1998, Loske 1999, Roux et al. 2002, Zeiler 2002, Langston & Pullan 2003). Werden die Anlagen touristisch genutzt, ist meist auch die vorherige (häufig landwirtschaftliche) Nutzung nur mehr eingeschränkt möglich.

In einer Untersuchung zur Raumnutzung von Kurzschnabelgänsen in Dänemark versuchten Larsen und Madsen (2000) den Lebensraumverlust durch Windkraftanlagen zu quantifizieren. Im Vergleich zu anderen durch den Menschen geschaffenen Elementen wie Siedlungen, Strassen, Windschutz und Hochspannungsleitungen, die für 68 % des Raumverlustes verantwortlich waren, war der direkte Lebensraumverlust durch die Windturbinen mit 4 % gering. Da jedoch die Gänse die Nähe von Windturbinen mieden, waren weitere 13 % der restlichen Fläche für die Gänse nicht mehr nutzbar. Die Autoren zeigten auch die möglichen kumulativen Effekte verschiedener technischer Anlagen. Bei grossen Windparks war der Lebensraumverlust pro Turbine grösser als bei kleinen, weil erstere ins offene Landwirtschaftsland gestellt wurden, während letztere entlang von Strassen oder anderen Elementen errichtet wurden, die von den Gänsen bereits vorher gemieden wurden. Die Autoren plädieren dafür, in für den Schutz der Gänse wichtigen Gebieten weitere Windfarmen (wenn überhaupt) in kleinen Gruppen oder in Reihen an bereits bestehende Bauten anzuordnen, um den direkten und indirekten Lebensraumverlust zu minimieren.

3.4.2 Einfluss auf Vögel zur Brutzeit

Die meisten Untersuchungen konzentrierten sich auf die Frage, welche Vogelarten im Bereich von Windkraftanlagen brüten, wie sie sich verteilen und ob sich die Zahl der Brutpaare nach dem Bau von Windkraftanlagen veränderte. Die meisten Studien fanden jedoch nur über einen kurzen Zeitraum statt, typischerweise nur über ein Jahr vor und eines nach dem Bau der Anlage.

Vor allem kleinere Vogelarten der halboffenen Kulturlandschaft mit eng begrenzten Revieren und Vögel gehölzreicher Lebensräume scheinen mit Windkraftanlagen in „ihrem“ Brutgebiet keine Probleme zu haben. Stübing und Bohle (2001) fanden, dass die Verteilung und die Grösse des Brutvogelbestands im Umkreis von 200 m um 35 Windkraftanlagen vor allem von der allgemeinen Qualität der Habitatsstruktur abhängig waren. Allerdings fehlten hier Voruntersuchungen, die einen Dichtevergleich erlaubt hätten. Ebenso bei folgendem Beispiel: Um zwei Windkraftanlagen in Bremerhaven im industriell genutzten Bereich mit Kläranlage und Flugplatz in der Nachbarschaft siedelten sich im Umkreis von 100 m um die Windkraftanlagen im Jahr der Inbetriebnahme der Anlagen 25 Arten an, die Vertikalstrukturen tolerieren (Schermer 1999). Der Bestand vor dem Bau der Anlagen wird nicht dargestellt. Die Untersuchung verschiedener Brutvogelarten von halboffenen Lebensräumen in einem Gebiet vor (1995) und nach dem Bau (1996) einer Windkraftanlage zeigte die Toleranz der erfassten Vogelarten gegenüber Windkraftanlagen (Kaatz 1999): Von 23 Brutvogelarten konnten 1996 22 (1997 in einer

Nachuntersuchung auch die fehlende) statusadäquat wiedergefunden werden. In vertieften, auf Individuen bezogenen Untersuchungen (mit Beringung) konnte für Nachtigall und Gelbspötter auch die Toleranz einzelner Individuen nachgewiesen werden. Rohrammer und Braunkehlchen bezogen beide 1996 neue Brutplätze in einem Bereich, der näher an der Windkraftanlage liegt. Beim Weissstorch zeigte sich ein individuell geprägtes Bild: ein Storchenpaar bezog den nahe an einer Windkraftanlage gelegenen Horst im Jahr nach dem Bau wieder, ein anderes Paar erst im darauffolgenden, ein drittes Paar erst drei Jahre später. Eine Erklärung für die grosse Toleranz könnte auch in der hohen Brutortstreue verschiedener Brutvogelarten liegen. Dies beschreibt Bergen (2001a) für Feldlerche, Buchfink und Goldammer.

Ein Paar Turmfalken nahm einen Nistkasten, der an der Turmspitze der Windkraftanlage befestigt wurde, sofort an (Sommerhage 1997). Auch aus anderen Studien (Sinning 1999) ist bekannt, dass Turmfalken (auch in Betrieb stehende) Anlagen als Ansitzwarte nutzen; der Mäusebussard nutzte das Trafobauhaus als Ansitzwarte.

Anders als Arten halboffener Landschaften scheinen typische Offenlandarten stärker von Windkraftanlagen betroffen zu sein. So nahm die Brutpaardichte von sensiblen Wiesenbrüter-Arten im Umkreis von bis zu 1000 m um eine Windkraftanlage drastisch ab (Hinzen & Mayr 1995). Selbst bisher als relativ tolerant eingeschätzte Arten wie Feldlerche und Wiesenpieper mieden den Windpark und seine engere Umgebung (Mielke 1996, Korn & Scherner 2000). Eine Untersuchung an drei Windkraftanlagen in Paderborn kam umgekehrt zum Schluss, dass die Windkraftanlagen auf die Verteilung der Feldlerchenreviere sowie auf Neststandorte und Verhalten keine feststellbaren Auswirkungen hatten (Loske 2000a, 2000b). Doch führte der Autor die Einschränkung an, dass es sich beim Untersuchungsgebiet um ein schon von vornherein nicht ideales Feldlerchengelände (Bundesstrasse, Wald- und Gehölzflächen, Gebäude) handelte, die Abundanz von 14,5 Revieren/100 ha am unteren Ende der registrierten Siedlungsdichte von Feldlerchen in Ackergebieten anzuordnen war und die Untersuchung nur in einer einzigen Brutzeit stattfand; deshalb könne dieses Ergebnis nicht als abschliessende Bewertung zum Störeinfluss von Windkraftanlagen auf Feldlerchen verwendet werden. Als Gründe für die geringeren Dichten von Feldlerchen führen Korn und Scherner (2000) Turbulenzen an, die im Windpark bei Funktion der Rotoren entstehen. Als wahrscheinlicher erscheint allerdings die Veränderung in der Struktur des Lebensraumes, da brütende Feldlerchen zu hohen Vertikalstrukturen in ihrem Lebensraum allgemein einen Abstand einhalten (Oelke 1968).

Verschiedene Autoren weisen deshalb darauf hin, dass auch die scheinbar „leergefegten“ Feldfluren, die von vielen als für den Naturschutz uninteressant und also geeignet für den Bau von Windkraftanlagen angesehen werden („Standort ohne Bedenken“), eine teilweise recht grosse Bedeutung für gefährdete Brutvogelarten wie Wiesen- und Rohrweihe, Wachtelkönig und Grauammer besitzen (Bunzel-Drüke & Schulze-Schwefe 1994, Günnewig 1996, Koop 1997, Loske 2000a). Zu den bereits bestehenden Gründen für den Rückgang der Feldvögel (Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung, Chemikalien- und Düngereinsatz, Flächenverbrauch durch Gewerbe- und Siedlungserweiterungen, Strassenverkehr, Freileitungen, Erholungsdruck und Jagd) könnte der Ausbau der Windenergie im Inland kumulativ wirken (Loske 2000b). Vor allem die Verringerung von Siedlungsdichte und Bruterfolg von Bodenbrütern ist kritisch, da viele dieser Arten in ihrem Bestand bedroht sind (Hinzen & Mayr 1995).

Eine Studie aus den USA zeigte, dass die Vogeldichte in Graslandregionen mit Windkraftanlagen kleiner war als in benachbarten Graslandregionen ohne Turbinen (Leddy et al. 1999). Erst ab einem Radius von 180 m und mehr um die Windkraftanlagen unterschied sich die Vogeldichte nicht mehr von jener im Grasland ohne Windkraftanlagen.

Bei einer Studie in Schottland wurden die Brutvogelbeobachtungen zwar erst im Jahr vor Baubeginn gestartet, doch führte man sie dann über acht Jahre kontinuierlich fort, um eventuelle „Langzeiteffekte“ zu erfassen (Meek et al. 1993). Obwohl sich die Zahl der Brutvogelpaare zum Teil dramatisch veränderte, konnten keine Änderungen im Brutvogelbestand signifikant auf die Windkraftanlagen zurückgeführt werden. Ein Brand im Gebiet der Windkraftanlagen im Jahr vor Baubeginn hatte nämlich durch die darauf erfolgende Abnahme des Nahrungsangebotes einen deutlich stärkeren Einfluss auf die Verteilung der Brutvögel als die Errichtung der Windkraftanlagen.

Eine in Cuxhaven durchgeführte Studie an Windkraftanlagen, die im Landwirtschaftsgebiet aufgestellt wurden, fand keinen Einfluss auf die Verteilung der Reviere von Schafstelze, Wiesenpieper und Braunkehlchen; der Kiebitz schien die Nähe der Windkraftanlagen allerdings zu meiden (Handke et al. 1999, Walter & Brux 1999, 2000a, 2000b).

Auch andere Untersuchungen fanden bei Limikolen, die in offenen Landschaften brüten, eine Abnahme der Brutdichte oder Änderungen in der Verteilung. In Dänemark hielten sich vor dem Bau der Windkraftanlagen 30 % der Brutvögel im Perimeter des Windparks auf, 70 % im Umland. In der Brutsaison nach dem Bau waren es bei insgesamt gleicher Anzahl Brutpaare im Windpark noch 5 % gegenüber 95 % im Umland (Pedersen & Poulsen 1991b, Hartwig 1994). In einer Studie in Norddeutschland schienen Rotschenkel und Uferschnepfe die Nähe von Anlagen zu meiden; beim Kiebitz waren die Ergebnisse nicht eindeutig (Ketzenberg et al. 2002). Gerjets (1999) fand hingegen, dass Kiebitze in einem Radius von 200 m um die Windkraftanlagen keine Nester mehr anlegten. Für den Kiebitz gibt es auch Hinweise, dass Windkraftanlagen den Brut-erfolg beeinträchtigen könnten: Gelege gingen verloren, weil die Eltern auf die Bewegungen der Rotoren nervös reagierten und häufig vom Nest aufflogen (Kruckenberg 2002).

Ein erster Zwischenbericht (nach einer Feldsaison) aus einer Langzeitstudie über Auswirkungen von zwei Windparks im Ostfriesischen Binnenland auf Brutvögel des Offenlandes erbrachte für die räumliche Verteilung der Brutpaardichte bei Kiebitz, Uferschnepfe, Austernfischer, Feldlerche und Wiesenpieper keine erkennbaren Auswirkungen durch die Windparks, beim Grossen Brachvogel Tendenzen zur Meidung einzelner Anlagen im Umkreis von 100–150 m Abstand (Reichenbach & Schadeck 2001). Bei gehölzbrütenden Singvögeln zeigten sich gewisse Tendenzen für eine niedrigere Brutpaardichte auf anlagennahen Flächen. Allerdings ist der Untersuchungszeitraum zu kurz, um sicher zu sein, dass diese Tendenzen mehr sind als nur natürliche Bestandschwankungen. Für einen Teil des Untersuchungsgebiets liegen Daten zur Brutvogel-Situation vor Errichtung des Windparks vor. Nicht mehr nachgewiesen werden konnten nach dem Bau des Windparks: Wiesenweihe, Baumfalke, Bekassine, Rebhuhn und Steinschmätzer. Neu aufgetreten sind Braunkehlchen, Schwarzkehlchen und Wachtel. Die Brutpaarzahl von Kiebitz, Grosse Brachvogel, Uferschnepfe und Wiesenpieper verzeichnet starke Zunahmen sowohl innerhalb wie ausserhalb der Windparkfläche.

Aus dem Alpenraum gibt es noch wenige Erfahrungen mit Windkraftanlagen. Da flache Kuppen und Rücken über der Waldgrenze oder Sättel für Birkhühner wichtig als Balzgebiete sind, könnten Windkraftanlagen ein Problem darstellen, da diese Strukturen auch potenzielle Standorte von Windkraftanlagen sind (Zeiler 2002). In Oberzeiring wurden 2002 elf Windkraftanlagen (60 m Nabenhöhe, Rotordurchmesser 66 m) errichtet - im Zentrum eines Birkhuhnvorkommens. Von April 2002 bis Mitte Mai 2003 wurden Beobachtungen durchgeführt, um den Einfluss der Windkraftanlagen auf die dort lebenden Birkhühner zu erfassen. Die Birkhühner nutzten das Gebiet auch nach der Errichtung der Windkraftanlagen und mieden dabei auch die Nähe der Windräder nicht. Die Anzahl der balzenden Hähne nahm hingegen von im Schnitt 8,9 Hähnen

2002 auf im Schnitt 5,4 Hähne 2003 ab, also fast um die Hälfte. Am Ende der Balzseason 2003 waren keine ein- und zweijährigen Hähne auf dem durch die Windkraftanlagen betroffenen Balzplatz mehr zu finden, nur die älteren Hähne schienen am traditionellen Balzplatz festzuhalten. Die Autoren interpretieren diese Entwicklung als Signal für eine ganz wesentliche Beeinträchtigung des Fortpflanzungsverhaltens beim Birkhuhn (Zeiler & Berger 2004).

Da nur vereinzelt Bruterfolgsuntersuchungen durchgeführt wurden, bezeichnen mehrere Autoren die bisher erfolgten Untersuchungen zum Einfluss von Windkraftanlagen auf Brutvögel als mangelhaft (Kruckenberg 2002, Stübing 2002). Sie führen an, dass Untersuchungen zum Problem „Windpark als ökologische Falle“ und zu Stresszuständen oder der Fitness der im Windparkareal weiterhin brütenden Vögel unbedingt in langfristigen Untersuchungen erhoben werden sollten, um Aussagen zum Thema Windenergie und Brutvögel machen zu können (Stübing 2002).

Die sehr lückenhaften und teilweise methodisch problematischen Untersuchungen machen generelle Aussagen schwierig. Tabelle 1 versucht, die für einzelne Arten vorliegenden Ergebnisse aus einigen umfassenderen Untersuchungen zusammenzufassen.

Tab. 1. Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Brutvögel, Versuch einer Zusammenfassung (Gerjets 1999, Kaatz 1999, Bergen 2001a, Ketzenberg et al. 2002).

Brutvogel-Art	Widersprüchliche Aussagen	Keine Auswirkungen (K) (Brut in unmittelbarer Nähe der Anlage)	Meiden, Abnahme der Brutdichte (M)	Verschwenden als Brutvogel (G)
Weissstorch	K – M	x	x	
Stockente		x		
Reiherente		x		
Greifvögel			x	
Turmfalke		x		
Raufusshühner			x	
Wachtel				x
Austernfischer		x		
Kiebitz			x	
Uferschnepfe			x	
Rotschenkel			x	
Lachmöwe		x		
Sturmmöwe		x		
Silbermöwe		x		
Feldlerche	K – M	x	x	
Wiesenpieper	K – M	x	x	
Bachstelze		x		
Nachtigall		x		
Braunkehlchen		x		
Gelbspötter		x		
Dohle		x		
Star		x		
Buchfink		x		
Goldammer		x		
Rohrhammer		x		

3.4.3 Einfluss auf rastende und überwinternde Vögel

Die meisten negativen Effekte von Windkraftanlagen wurden bei rastenden Vögeln festgestellt. Sie nutzten vor dem Bau der Windkraftanlagen die Rast- und Nahrungsgebiete stark, nach dem Bau nicht mehr. Doch sind die Ergebnisse oft schwierig zu interpretieren, denn die Verteilung der Rastvögel hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab wie z.B. Nahrungsangebot, Biotopstruktur, Störungen oder Tradition (Schreiber 1999, Handke 2000, Schreiber 2000). Erschwerend für die Beurteilung von Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Rastvögel ist auch, dass oft gar nicht allgemein bekannt ist, dass ein bestimmter Ort Rastplatz für Zugvögel ist oder welche Bedeutung ein Rastplatz für Vögel hat (Schreiber 1996).

Eine langfristige Untersuchung in Holland kam zum Schluss, dass die Auswirkungen auf Vögel, die vor der Installation auf den Flächen rasteten, sehr bedeutend war, zwischen 60 und 95 % nutzten die Fläche nämlich nicht mehr als Rastgebiet (Winkelman 1992, Rodts 1999).

Eine Untersuchung in Holland (Clemens & Lammen 1995) stellte fest, dass Rastplätze für Schwäne und Gänse nach dem Bau eines Windparks nachweislich verloren gingen. Zudem war die Individuenzahl von rastenden Arten in der Umgebung der Windkraftanlagen um einen Faktor 5 kleiner als in der weiteren Umgebung; Stock-, Tafel-, Reiher- und Schellenten hielten bis 500 m Abstand von den Anlagen. In einem Rastgebiet in Nordrhein-Westfalen wurde das Rastverhalten des Kiebitzes über 4 Jahre beobachtet (Bergen 2001b). In den Jahren 1998 und 1999 wurden 10'604 bzw. 7'471 rastende Kiebitze beim Nahrungserwerb beobachtet. Im Jahr 2000, nach dem Bau von 17 Windkraftanlagen, wurden 6'240 Kiebitze gezählt, 2001, nach der Erweiterung um 9 Anlagen, konnten nur noch 40 Kiebitze gezählt werden. Die Fläche wurde somit kaum noch als Rastplatz genutzt. Eine weitere Untersuchung aus Nordrhein-Westfalen bestätigte ein generelles Meiden des Windparks durch Vogelschwärme teilweise bis im Umkreis von 800 m (Hinzen & Mayr 1995). Obwohl nach der Errichtung von Windkraftanlagen in Sachsen-Anhalt auf den bekannten Rastflächen im Umkreis von 2 km besonders auch bei Gänsen beliebte Fruchtarten angebaut wurden, mieden die Gänse den Anlagenkomplex weiträumig (900 m; Kaatz in Ihde et al. 1990). Kiebitze rasteten hingegen schon im ersten Winter mehrere Wochen auf den Flächen, sogar zwischen den Anlagen, die untereinander einen Abstand von ca. 100 m hatten (Kaatz 1999). An Windkraftanlagen in Niedersachsen und Schleswig-Holstein wurde festgestellt, dass Nahrung suchende Vögel sich den Anlagen näherten, während nur rastende Vögel der gleichen Art einen Sicherheitsabstand einhielten (Hartwig 1994). Eine Intensivstudie zur Raumnutzung rastender Weisswangengänse zeigte, dass 41 % der früheren Rastfläche unmittelbar nach der Erstellung des Windparks nicht mehr aufgesucht wurden (Kowallik & Borbach-Jaene 2001). Die Möglichkeit der Gewöhnung wird allerdings nicht ausgeschlossen, da Weisswangengänse ein stark traditionelles Rastverhalten zeigen. Untersuchungen an Blässgänsen in Rastgebieten in Norddeutschland zeigten, dass erst ab einem Abstand von 600 m zum Windpark die Verteilung der Gänse nicht mehr von den Anlagen beeinflusst wurde; im Abstand von 600 bis 400 m war die Nutzung deutlich eingeschränkt, im Abstand von weniger als 400 m konnte keine Gans beobachtet werden (Kruckenberg & Jaene 1999, Kruckenberg & Borbach-Jaene 2001).

Da Windkraftanlagen oft den Bau neuer Freileitungen zur Folge haben, ist in diesem Zusammenhang auch eine Untersuchung zur Qualitätsminderung eines Wintergebiets für Blässgänse durch die Auswirkungen einer Mittelspannungsleitung von Interesse (Ballasus 2002). Blässgänse nutzten verschiedene Nahrungsflächen sehr unterschiedlich, was weitgehend durch die störungsökologischen Einflüsse von Mittelspannungsleitung, Strasse, bestehenden Leitungen bzw. deren Zusammenwirken erklärt werden konnte. Der Autor betont, dass das Zusammenwirken von

mehreren Störungsquellen bei vielen Untersuchungen zur Störung von Brutvögeln zu wenig berücksichtigt wird.

Die Ergebnisse aus einem weiteren Untersuchungsgebiet (ein etwa drei Kilometer breiter Streifen entlang des Nationalparks „Niedersächsisches Wattenmeer“ sowie der Unterläufe von Ems und Weser) stützen die Aussage zum Meideverhalten von Gastvögeln gegenüber Windkraftanlagen: Nach Errichten des Windparks wurde dessen Umfeld fast vollständig gemieden. Das Raumnutzungsverhalten von Gastvögeln wurde in 14-tägigen Rastvogel-Zählungen zwischen August 1995 und Mai 1996 erhoben. Für eine Teilfläche konnte die Verteilung von Rastvogeltrupps (Blässgans, Grosser Brachvogel, Goldregenpfeifer, Graugans, Kampfläufer, Kiebitz, Lachmöwe, Weisswangengans, Pfeifente, Ringelgans, Saatgans, Singschwan, Star, Stockente und Sturmmöwe) vor und nach Errichten eines Windparks dargestellt werden (Schreiber 2000). Wat- und Wasservogel scheinen generell negativ auf Windparks zu reagieren (Knake 1996, 1997).

Ein erster Zwischenbericht (nach einer Feldsaison) aus einer Langzeitstudie über Auswirkungen von zwei Windparks im Ostfriesischen Binnenland erbrachte für die räumliche Verteilung der Gastvogelarten zum Teil deutliche Meidungsabstände zu den Anlagen bei Kiebitz, Wacholderdrossel, Star und Mäusebussard. Beim Kiebitz konnte ein Effekt bis 500 m nachgewiesen werden (Reichenbach & Schadeck 2001).

Wenn sich Untersuchungen auf die engere Umgebung eines Windparks beschränken, werden allenfalls weiter reichende Auswirkungen nicht erkannt. So fanden Ketzenberg und Exo (1997) anhand telemetrierter Vögel, dass die Raumansprüche des Goldregenpfeifers deutlich grösser sein können als bisher angenommen wurde. Nach bisherigen Kenntnissen über die Reaktionen von Goldregenpfeifern auf Windkraftanlagen (Schreiber 1993a, 1993b, Clemens & Lammen 1995) dürften dicht und insbesondere parallel zur Küstenlinie installierte Anlagen als Barriere zwischen funktionell zusammengehörenden Gebieten fungieren und die artspezifischen Wechsel zwischen Wattenmeer bzw. deichnahen Gebieten und dem Binnenland erschweren, wenn nicht sogar verhindern, so dass grosse Räume als Rast- und Nahrungsgebiet ausfallen. Die Autoren sind überzeugt, dass auch die Raumansprüche anderer Küstenvögel unterschätzt wurden und die bisher installierten Anlagen bereits essentielle Lebensräume zerstörten. Sie plädieren dafür, regional, national und international bedeutende Feuchtgebiete (ebenso Nationalparke und Naturschutzgebiete) einschliesslich entsprechender Pufferzonen frei von Windkraftanlagen zu erhalten. Dies kann in der Küstenregion nach Meinung von Ketzenberg nur mit einem wesentlich grossflächigeren Ansatz als bisher geleistet werden (Ketzenberg & Exo 1997, Ketzenberg et al. 2002).

Auf dem Zug rastende Vögel scheinen stärker auf Windkraftanlagen zu reagieren als überwinternde Artgenossen. Unter diesen gibt es Individuen, die sich auf der Nahrungssuche in die unmittelbare Nähe der Anlagen begeben. So verlangt Kaatz (in Ihde et al. 1999), dass vor allem Durchzugsgebiete weit wandernder Arten rechtlich besser geschützt und nicht als Entwicklungsgebiete für Windenergienutzung bezeichnet werden sollten.

Tab. 2. Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Rastvögel (nach Pedersen & Poulsen 1991b, Schreiber 1993a, 1993b, Clemens & Lammen 1995, Mielke 1996, Sinning & Gerjets 1999, Schreiber 2000, Bergen 2001b).

Rastvogel-Art	Wider- sprüchliche Aussagen	Keine Auswirkungen (K)	Gewisser Abstand feststellbar (M), kleinere Dichte	Weiträumige Meidung der ehemaligen Rastflächen (G)
Graureiher	K – G	x	x	x
Weisstorch	K - M	x	x	
Saatgans				x
Kurzschnabelgans				x
Blässgans				x
Weisswangengans			x	
Pfeifente			x	
Kornweihe		x		
Mäusebussard	K-M	x	x	
Turmfalke		x		
Austernfischer		x		
Goldregenpfeifer	M – G		x	x
Kiebitz	K – G	x	x	x
Kampfläufer			x	
Bekassine			x	
Grosser Brachvogel	M – G		x	x
Waldwasserläufer			x	
Bruchwasserläufer			x	
Lachmöwe	K – M	x	x	
Silbermöwe	K – M	x	x	
Hohltaube			x	
Ringeltaube			x	
Feldlerche		x		
Wiesenpieper		x		
Wacholderdrossel			x	
Rotdrossel			x	
Rabenkrähe		x		
Star			x	
Haussperling		x		
Grünfink		x		
Distelfink		x		

3.4.4 Einfluss auf ziehende Vögel (Zugrouten, Kursänderungen)

Die meisten Beobachtungen an ziehenden Vögeln gingen der Frage nach, wie sich Vögel im Bereich von Windkraftanlagen verhalten. Sie sollten als Grundlage zur Abschätzung des Kollisionsrisikos dienen, aber auch Hinweise auf andere mögliche Auswirkungen geben.

Dabei stellt sich als erstes das Problem, dass viele Zugvögel in der Nacht unterwegs sind und nur mit technischen Hilfsmitteln wie Radar und Infrarot eine ungefähre Vorstellung der Anzahl Zugvögel zu erhalten ist, um zu entscheiden, wie hoch das Kollisionsrisiko an einem Windpark sein könnte. Harmata interessierte sich dafür, wie gut die Radartechnik gegenüber direkter Beobachtung am Tag ist und untersuchte daher den Raumgebrauch von Zugvögeln auf einer für ein Windkraftprojekt vorgesehenen Fläche mit Hilfe von Radar- wie auch direkten Beobach-

tungen. Das Radargerät entdeckte beim Frühlingszug mindestens 12-mal so viele Vögel verglichen mit der rein visuellen Beobachtung (Harmata et al. 1999).

Die Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Richtung und Ablauf des Kleinvogelzugs sind tagsüber und bei guten Sichtverhältnissen als gering einzustufen. Windkraftanlagen mit einem Abstand von 300 m zueinander verursachten in Nordrhein-Westfalen unter guten Zugbedingungen keine wesentlichen Beeinträchtigungen des Kleinvogelzugs (Bergen 2001a). Standen die Anlagen näher beieinander, konnten horizontale Ausweichbewegungen und Änderungen der Schwarmstruktur beobachtet werden, v.a. wenn die Anlagen senkrecht zur Zugrichtung standen.

In einem Windpark in Südwestfrankreich reagierten 88 % der beobachteten Vögel beim Näherkommen auf die Windkraftanlagen durch Ausweichen, wodurch sie jedoch zum Teil in die Nähe anderer Infrastrukturanlagen gelangten, an denen ein Kollisionsrisiko bestand (z.B. Freileitung) (Albouy et al. 2001).

Eine Untersuchung in Belgien über die Reaktionen von Zugvögeln auf einen Windpark brachte folgende Ergebnisse (Rodts 1999): In der Nacht zeigten 87 % der Vögel bei Gegenwind und 29 % bei Rückenwind eine deutliche Reaktion auf die Windkraftanlagen, indem sie die Flügelschlagfrequenz steigerten und entweder zickzack flogen oder bremsen und an Ort und Stelle rüttelten. Diese Reaktionen wurden bei Tag nur bei 8 % der Vögel gezeigt, egal bei welchem Wind. Teilweise reagierten Vögel während der Annäherung an die Rotoren und wendeten sich ab. Dies ereignete sich ebenfalls häufiger in der Nacht (35 %) als am Tag (15 %). Wenn sich Vogelgruppen den Rotoren näherten, veränderte ein Viertel der Vögel die Route und flog zwischen den Turbinen durch (ohne die Flughöhe zu verändern). Ein steiles Ansteigen in die Höhe, um den Windpark zu überfliegen, wurde in der Untersuchung nicht beobachtet.

In anderen Untersuchungsgebieten hingegen zeigten Zugvögel genau diese Reaktionen am häufigsten, dass sie nämlich vor den Windparks steil in die Höhe stiegen und die Parks überflogen oder abrupt die Richtung änderten und die Windparks grossräumig umflogen (Böttger et al. 1990, Pedersen & Poulsen 1991a, Winkelmann 1992, Benner & Benner 1993, Schreiber 1993a, 1993b, Neau et al. 1999). Grossräumiges Umfliegen ist dabei wohl die häufigste Reaktionsweise überhaupt. Radaraufnahmen an einer 2 MW-Anlage mit 60 m Rotordurchmesser in Tjaereborg/DK zeigten, dass die Vögel bei Tag und Nacht 100 bis 200 m vor der Anlage ihre Flugroute änderten, stark anstiegen und in sicherer Höhendistanz über die Anlage hinwegflogen (Hartwig 1994). In dänischen und niederländischen Untersuchungen wurden Zugrichtungsänderungen von 10–30° beobachtet, was die Autoren als sehr kräftezehrende Umwege interpretierten (Hartwig 1994). Tages-Untersuchungen in Holland (Winkelmann 1985) zeigen zum Beispiel, dass von ca. 6'200 Vogeltrupps mit ungefähr 87'000 Vögeln im Umkreis von 200 bis 300 m zu den Windkraftanlagen 13 % der Tagzieher den Turbinen deutlich auswichen. Nur 0,8 % der wahrgenommenen Vögel kamen in den Bereich des Rotors, und nur in 5 Fällen wurden dabei Bewegungen festgestellt, die auf Panik schliessen liessen. Zu den Windkraftanlagen wurde von allen Arten ein Sicherheitsabstand eingehalten (50–100 m). Untersuchungen in Norddeutschland zeigten, dass parallel zur Küste stehende Windparks, deren einzelne Windkraftanlagen relativ nah zueinander aufgestellt wurden, sogar als Barriere wirkten (optisch, akustisch und wegen Turbulenzen) und von den herannahenden Vogelschwärmen grossräumig umflogen wurden (Clemens & Lammen 1995, Kersten 1996, Ketzenberg & Exo 1997, Sommerhage 1997, Brauneis 2000). Die Auswirkungen der Windparks liessen sich sowohl an der Anzahl der insgesamt vorbeiziehenden Vögel wie auch an der Gruppengrösse ablesen (Rodts 1999). Ein Teil der Zieher schien die Windparks zu meiden und eine andere Zugroute zu wählen. Manchmal blieb auch die gesamte Anzahl der Tagzieher, die durch den Windpark hindurchflogen, gleich, aber die Grup-

pen teilten sich vor dem Hindernis, durchquerten oder umflogen das Hindernis in kleineren Gruppen und vereinten sich danach wieder. Standen die Anlagen still, erfolgte dennoch eine Verringerung der Zugvogelzahl um 36 % im Vergleich zur Situation vor dem Bau der Anlage. War die Anlage in Betrieb, verkleinerte sich die Zahl von Zugvögeln im Umkreis der Anlage um bis zu 67 % (Rodts 1999).

Im Gegensatz zu den inzwischen zahlreichen Studien an Brut- und Rastvögeln wurde das Verhalten ziehender Vögel an Windkraftanlagen im Binnenland bisher noch wenig untersucht. Während dieser Fragestellung in flachen Küstengebieten, wo die Durchzügler den Anlagen einfach ausweichen können, eine geringere Bedeutung zukommt, ist sie im Mittelgebirgsraum durch lokal starke Zugverdichtungen an Leitlinien möglicherweise von grösserer Bedeutung. Eine Studie von Stübing am hessischen Vogelsberg führte an 10 Windparks mit mehr als 55'000 Durchzüglern zu folgenden Ergebnissen: Die Vögel zeigten zunehmendes Ausweichverhalten gegenüber den Anlagen mit abnehmender Flughöhe, zunehmender Grösse des Zugvogeltrupps und steigender Umdrehungsgeschwindigkeit der Rotoren. Die Deutlichkeit der Ausweichbewegung war auch abhängig von der Ausrichtung der Windparks in der Landschaft. Insgesamt 55 % der Durchzügler zeigten Verhaltensänderungen beim Passieren der Windkraftanlagen, wobei bis zu einer Entfernung von 350 m fast alle, bis zu 550 m etwa die Hälfte und bis zu 750 m nur noch wenige Tiere den Anlagen auswichen. Insgesamt reagierten Vögel mit schlechteren Flugeigenschaften (kleinerem Handflügel-Index), also vor allem „Waldarten“, stärker als Arten des Offenlandes und des freien Luftraumes (z.B. Greifvögel, Schwalben). Während Brutvögel in der Umgebung von Windparks sich zur Brutzeit unbeeinflusst zeigten, reagierten die gleichen Arten während des Zuges mit deutlichen Ausweichbewegungen gegenüber den Rotoren (Stübing 2003).

Eine Untersuchung auf der Vasbecker Hochfläche (Nordhessen), einem Zug- und Rastgebiet von überregionaler Bedeutung, hatte zum Ergebnis, dass Einzelvögel und kleinere Trupps in der Regel einen kleineren Abstand zu Windkraftanlagen hielten als grössere Trupps, die oftmals insbesondere durch drehende Rotoren verunsichert wurden. Abstände von 200–500 m zu den Anlagen waren die Regel. Dabei näherten sich kleinere Vögel (Lerchen und Ammern) den Windkraftanlagen eher als grössere wie Ringeltauben und Kiebitze. Doch hielten erstere bei laufenden Rotoren einen Sicherheitsabstand von mind. 100 m zu den Anlagen, letztere oftmals einen Abstand von mehreren hundert Metern zu Einzelanlagen wie Windparks ein. Bei Windstille zeigten ziehende Feldlerchen, Rauch- und Mehlschwalben, Baum- und Wiesenpieper sowie Braunkehlchen keine Scheu (Sommerhage 1997).

Auch wenn die Aussagen bezüglich Auswirkungen auf den Vogelzug oder Zugrouten unterschiedlich sind, die Zugvögel je nach Standort (Küstenlinie, Binnenland, Kreten), Zeit (Nacht- oder Tageszug, Bewegungen in der Dämmerung), Zugstrategie (Einzelflug oder Gruppenflug) und Art (Segelflieger, Kleinvogel) unterschiedlich reagieren, kommt die Mehrzahl der Autoren zum Schluss, dass in Gebieten, in denen es Konzentrationen des Vogelzugs gibt, keine Windkraftanlagen aufgestellt werden sollten. Auch wenn nicht nachgewiesen ist, dass von Windkraftanlagen längerfristig negative Auswirkungen auf Zugvögel ausgehen (z.B. Bleijenberg 1989), sollte die Planung von Windkraftanlagen dem Vorsorgeprinzip folgen und wichtige Vogelzuggebiete als Tabuzonen betrachten (Kersten 1996, Bergen 2001a).

Tab. 3. Auswirkungen von Windkraftanlagen auf ziehende Vögel. Versuch einer Zusammenfassung (Pedersen & Poulsen 1991b, Koop 1997, Sommerhage 1997, Brauneis 2000).

Zugvogel-Art	Wider- sprüchliche Aussagen	Keine Reaktionen (K)	Mittlere Reaktionen, Ausweichen oder Überfliegen (M)	Starke Reaktionen, grossräumiges Umfliegen, deutliche Kurskorrektur (G)
Graureiher				x
Löffler			x	
Kurzschnabelgans			x	
Blässgans				x
Gaugans			x	
Weisswangengans				x
Pfeifente				x
Stockente			x	
Eiderente			x	
Rohrweihe				x
Turmfalke		x		
Kranich				x
Goldregenpfeifer			x	
Kiebitz	M – G		x	x
Strandläufer			x	
Grosser Brachvogel				x
Kampfläufer			x	
Lachmöwe	K – G	x	x	x
Sturmmöwe			x	
Silbermöwe	K – G	x	x	x
Flusseeschwalbe			x	
Hohltaube			x	
Ringeltaube				x
Mauersegler			x	
Feldlerche	K – M	x	x	
Rauchschwalbe	K – M	x	x	
Mehlschwalbe	K – M	x	x	
Baumpieper	K – M	x	x	
Wiesenpieper	K – M	x	x	
Schafstelze (Trupps)			x	
Braunkehlchen	K – M	x	x	
Wacholderdrossel				x
Rotdrossel				x
Sumpfrohrsänger			x	
Eichelhäher		x		
Elster		x		
Dohle				x
Saatkrähe (Trupps)				
Rabenkrähe	K – G	x	x	x
Star			x	
Sperlinge			x	
Buch- und Bergfink			x	
Zeisige			x	
Goldammer			x	

3.4.5 Offshore-Windkraftanlagen

Obwohl die Windenergienutzung auf dem freien Meer für die Schweiz keine direkte Bedeutung hat, folgen hier doch ein paar Bemerkungen zu den Auswirkungen, welche durch die Errichtung von Offshore-Windkraftanlagen auf die Vögel entstehen können. Indirekt haben Offshore-Anlagen insofern eine Bedeutung, als mit dem liberalisierten Energie-Markt möglicherweise auch in die Schweiz Offshore-Strom geliefert wird, wenn die Nachfrage nach Windstrom nicht durch die inländische Produktion gedeckt wird.

In einer Studie von Nath (1997) wird das Potenzial zur Energie-Erzeugung untersucht, welches durch die Aufstellung von Windkraftanlagen vor der bundesdeutschen und dänischen Nord- und Ostseeküste genutzt werden könnte. Unter Berücksichtigung von Randbedingungen wie Wassertiefe, Neigung des Meeresbodens, Abstand von der Küste und verschiedenen Ausschlussflächen sowie durch Auswertung von Winddaten werden mögliche Aufstellorte für Offshore-Windkraftanlagen ausgewiesen. In Deutschland besteht demnach ein Potenzial an Offshore-Windkraftanlagen von 237 TWh einem jährlichen Energieverbrauch von 450 TWh gegenüber. Liessen sich 10 % der Anlagen realisieren, könnten 5 % des Energieverbrauchs vor der Küste erzeugt werden.

Die Errichtung der in grossem Umfang geplanten Offshore-Windkraftanlagen kann in Europa zu einem sehr grossen Eingriff in marine Lebensräume werden. Verschiedene internationale Abkommen sowie nationale Gesetze und Verordnungen machen umfassende ökologische Begleitforschungen erforderlich. Die Artikel von Hüppop und Exo legen grosses Gewicht auf die Methodik von Untersuchungen: Ablaufschema der biologischen Begleituntersuchung, Erfassungsmethoden (Zählungen vom Schiff und Flugzeug aus, Radaruntersuchungen, Sichtbeobachtungen und Erfassung von Flugrufen, Dokumentation). Sie machen ebenfalls Empfehlungen zur Auswertung und Darstellung der Daten sowie zur Qualitätssicherung der Auswertungen (Hüppop et al. 2002, Exo et al. 2002).

Die besondere Lage vor der Küste und die häufig noch fehlenden Grundinformationen zu Zugwegen, Flughöhen und Flugverhalten der Vögel unter verschiedenen Wetterbedingungen und tageszeitlichen sowie jahreszeitlichen Bedingungen kurz vor der Küste machen den Einsatz von besonderen Untersuchungshilfsmitteln, z.B. den Einsatz von Radargeräten oder Infrarotkameras nötig (Noer et al. 2000). Diesem Themengebiet waren mehrere Vorträge anlässlich der Tagung der European Ornithologists' Union von 2003 gewidmet (Exo & Hüppop 2003, Hüppop & Garthe 2003, Wendeln & Hüppop 2003, Poot et al. 2003, Desholm 2003).

Am Windpark Tuno Knob wurden umfangreiche Untersuchungen an Meerestenten durchgeführt, die auch das Nahrungsangebot berücksichtigten. Madsen und Bonefeld (2000) fanden heraus, dass die Errichtung des Windparks zu einer Erhöhung von Fisch- und Muschelbeständen geführt haben könnte, weil die Fundamente der Anlagen als künstliche Riffe fungierten und ausserdem keine kommerzielle Fischerei zwischen den Anlagen stattfindet. Gleichzeitig fand aber bei Tuno Knob ein starker Rückgang von Eider- und Trauerenten statt, die vor dem Bau des Windparks in diesem Gebiet in grosser Zahl überwinterten. Doch wurde ein ähnlicher Rückgang im ganzen Sektor festgestellt (Guillemette et al. 1998). Die Untersuchung der Nahrungsgründe zeigte, dass die kleinen Muscheln, von denen sich die Meerenten ernähren, in der gleichen Zeit stark abgenommen hatten und andere Muscheln sich ausbreiteten. Daher führten die Autoren den Rückgang an Wintergästen auf das kleinere Nahrungsangebot zurück und nicht auf die Errichtung des Windparks (Guillemette et al. 1999).

Die Planung von Offshore-Windkraftanlagen in der Nordsee hat die Frage aufgeworfen, wie viele Zugvögel diese Hindernisse zu bewältigen haben werden. Beobachtungen mit einem Zielfolgeradar an der Insel Vlieland im Wattenmeer (Holland) erbrachten Dichtedaten pro Höhe für Tag und Nacht und für Artengruppen. Hinzu kam ein Grossraum-Überwachungsradar, der gleichzeitig Muster des Vogelzugs über der südlichen Nordsee registrierte. Gemeinsam betrachtet unterstützen diese Radardaten die Ansicht, dass die meisten Vogelbewegungen über dem Meer in Wellen und im Breitfrontzug geschehen. Die Küstenlinie scheint ein ausschlaggebender oder kritischer Übergangsbereich zu sein bezüglich der unterschiedlichen Flugstrategien über Land und über Wasser. Diese Unterschiede zu verstehen ist sehr wichtig, um zu quantitativen Vorstellungen eines möglichen Kollisionsrisikos an Hindernissen unter unterschiedlichen Wetterverhältnissen zu kommen. Eine besonders kritische Phase scheint die zweite Nachthälfte zu sein, wenn Singvögel auf geringe Flughöhen absinken (Buurma & van Gasteren 2003).

Percival (2001) analysierte vorhandene Studien im Hinblick auf Empfehlungen für Offshore-Anlagen in Grossbritannien. Er kam zum Schluss, dass küstennahe Bereiche besonders sensibel seien, vor allem wenn man die Küstenvögel einbezieht. Obwohl erst wenige Kollisionen beobachtet wurden, könnte es bei täglichen Bewegungen durch einen Windpark nahe vor der Küste zu grösseren Ausfällen kommen. Er empfiehlt daher, Windparks ausserhalb von lokalen Wechseln zu platzieren (z.B. Wechsel in Nahrungsgebiete abhängig von Ebbe und Flut). Völlig verzichtet werden sollte auf elektrische Leitungen über dem Wasser, welche die Energie an Land transportieren – sie könnten ein grösseres Kollisionsrisiko darstellen als der Windpark selbst. Percival empfiehlt auch, Offshore-Windkraftanlagen dicht und kompakt aufzustellen, um die Gesamtfläche der Windparks klein zu halten und es für die Vögel wenig attraktiv zu machen, zwischen den Anlagen durchzufliegen.

Da erst so wenig Wissen vorhanden ist, plädieren einige Autoren dafür, bei der Planung von weiteren Offshore-Windkraftanlagen umsichtig vorzugehen, um nicht neue Konflikte zwischen Energieentwicklung und Vogelschutz entstehen zu lassen. Dies gilt vor allem für Gebiete, die noch nie auf ihre Bedeutung für die Vogelwelt untersucht wurden (Arbeitsgemeinschaft Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer 2000, Bundesamt für Naturschutz 2000, Handke 2000, Percival 2000, Söker et al. 2000, Desholm et al. 2000, Runge 2001, CADDET Danish National Team 2001, Percival 2001, Herbert 2002, Kruckenberg 2002, Langston & Pullan 2003). Zumindest zu Beginn der Entwicklung von Offshore-Windkraftanlagen war hauptsächlich die Errichtung von Anlagen in küstennahen, ökologisch empfindlichen Flachgewässern wirtschaftlich interessant. Der Naturschutzbund Deutschland NABU forderte 1999 Untersuchungen, die solche Pläne hinsichtlich des Naturschutzes bewerten sollten. Er stellte Forschungsbedarf fest und sah eine mögliche Konfliktverhinderung in einer grossräumigen Suche und Festschreibung geeigneter Standorte (Naturschutzbund Deutschland NABU 1999). Nach Meinung von Exo und weiteren Mitautoren ist eine fundierte biologische Bewertung der Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen auf die marine Umwelt nur möglich, wenn Einzelstandorte nicht isoliert betrachtet werden, sondern alle potenziellen Windparkstandorte inkl. Netzanbindung in eine gemeinsame übergeordnete Bewertung für Nord- bzw. Ostsee einbezogen werden (Exo et al. 2002, 2003). Doch die Entwicklung der Windkraftnutzung ging schneller voran als die Bezeichnung von empfindlichen Gebieten. So stellt Henning (2003) fest, dass Windparks im Offshorebereich, die teilweise oder ganz in Important Bird Areas (IBA) liegen, bereits bewilligt wurden, obwohl Meeresschutzgebiete noch nicht fertig ausgeschieden sind. Lowther (2000) hingegen meint, dass die Entwicklung von grossen Offshore-Windparks immerhin den Druck auf die für Vögel wichtigen Flächen im Inland nehmen wird.

Auch in Grossbritannien wehren sich Naturschutzorganisationen vermehrt gegen den Bau von Offshore-Anlagen, die ohne Rücksichtnahme auf die Natur geplant werden, auch wenn sie an sich die Förderung der Windenergie unterstützen (Pitches 2004).

3.4.6 Indirekte Auswirkungen

Windparks haben teilweise eine grosse Anziehungskraft auf Menschen (Böttger et al. 1990). Besucherzentren und andere touristische Aktivitäten im Bereich von Windparks und einzelnen Anlagen bringen zusätzliche anthropogene Störungen ins Gebiet (Kleinschmidt et al. 1994, Langewiesche & Theis 2003). Werden dazu auch Infrastrukturanlagen (Strassen, Infozentrum, etc.) errichtet, sind die Auswirkungen noch grossflächiger. Untersuchungen aus den Niederlanden und den USA fanden, dass die Bedrohung seltener Arten nicht so sehr von den Turbinen direkt ausging, sondern Folge des zum Teil täglich erforderlichen Unterhalts und von Störungen durch Besucher war (Musters et al. 1996, Leddy et al. 1999, Walter & Brux 2000a, 2000b). Vor allem für Brutvögel bedeuten die Beeinträchtigungen durch Windkraftanlagenbesucher eine weitere Abwertung des Geländes als Brutgebiet. Diese entsteht vor allem in bevölkerungsreichen Regionen, wo 100–150 Personen/Tag im Infozentrum keine Ausnahme sind (Mielke 1996).

3.4.7 Gewöhnung

Von Gewöhnung spricht man dann, wenn Vögel auf einen bestimmten Reiz allmählich weniger stark reagieren. Literatur zu Auswirkungen von Störungen durch verschiedenste menschliche Tätigkeiten zeigt, dass generelle Aussagen schwierig sind, da eine Vielzahl von Faktoren dazu beiträgt, ob sich Vögel an einen Störreiz gewöhnen können (Keller 1995). Wichtig scheint dabei zu sein, dass die Veränderung nicht so massiv ist, dass die wirkliche oder vermeintliche Gefahr sofort zur Meidung des Gebiets führt. Meiden die Tiere das Gebiet nicht, dann tritt Gewöhnung am schnellsten ein, wenn die Erscheinung hinsichtlich Aussehen, Ort und Zeitpunkt sowie der Art und Weise möglichst konstant ist und die neue Erscheinung häufig genug vorkommt, damit eine Erfahrungsbildung bei den Tieren überhaupt möglich ist (Ingold 2005). Diese grundsätzlichen Bedingungen scheinen auch bei Windkraftanlagen zu gelten. Die meisten Autoren diskutieren die Frage der Gewöhnung (Habituation) zwar, doch gibt es kaum Studien, die Auswirkungen von Windkraftanlagen unter diesem Aspekt untersuchten. Die meisten Autoren gehen davon aus, dass sich lokale Brutvögel sowie Gastvögel, die längere Zeit an traditionellen Rastplätzen verweilen, eher an Windkraftanlagen gewöhnen können als Durchzügler, betonen aber auch die möglichen starken Unterschiede zwischen verschiedenen Vogelarten (Gill et al. 1996, Kaatz 1999, Naturschutzbund Deutschland NABU 1999, Stübing 2002, Zeiler 2002, Langewiesche & Theis 2003, Langston & Pullan 2003).

Einige Gänsearten sowie Limikolen scheinen sich nicht an Windkraftanlagen zu gewöhnen (Hartwig 1994, Mielke 1996). Einzig die Auswertung von Hartwig basiert auf einer Beobachtungsserie über längere Zeit. Die Autorin stellte beim Vergleich ihrer Untersuchung mit dem Ergebnis von Böttger (Böttger et al. 1990) fest, dass Goldregenpfeifer sich nicht an Windkraftanlagen zu gewöhnen scheinen, denn sie hielten auch vier Jahre später immer noch einen deutlichen Abstand von mehreren hundert Metern zu den Anlagen ein (Hartwig 1994).

Die Tatsache, dass bis auf wenige Ausnahmen die Ergebnisse von Studien aus verschiedenen Regionen weitgehend übereinstimmen, ist ein überzeugendes Argument dafür, dass die Beurteilung der Empfindlichkeit von Vogelarten gegenüber Windkraftanlagen möglich ist. Dies gilt allerdings bei weitem nicht für alle Vogelarten. Für viele Arten liegen bislang nur Tendenz-

aussagen vor, die zur Einordnung in Empfindlichkeitsstufen herangezogen werden können (Hüppop & Garthe 2003, Reichenbach 2003, Garthe & Hüppop 2004).

Gewöhnen sich Vögel an Windkraftanlagen, so könnte das nicht nur positiv sein. Vor allem bei Greifvögeln könnte eine Gewöhnung zu einem erhöhten Risiko für Vogelschlag führen, wenn die Vögel die Türme als Ansitzwarten nutzen und während der Jagd keine Sicherheitsabstände zu den Anlagen mehr einhalten (Roux et al. 2002).

3.5 Der aktuelle Wissensstand - Kommentar

Gemäss dem aktuellen Wissensstand können Windkraftanlagen negative Auswirkungen auf Vögel (und andere fliegende Tiere) haben. Dabei steht aber auch fest, dass weitere, international koordinierte Forschung in einem grösseren Rahmen durchgeführt werden muss. Die Heterogenität der Projekte und die Vielfalt an Reaktionen der Vögel lassen bislang keine abschliessenden und allgemeingültigen Folgerungen zu. Zu diesem Schluss kommen auch verschiedene Übersichtsarbeiten, die in anderen Ländern publiziert wurden (z.B. Böttger et al. 1990, Crockford 1992, Justka & Bruns 1995, Winkelmann 1995, Mielke 1996, Gill et al. 1996, Loske 1999, Rodts 1999, Naturschutzbund Deutschland NABU 1999, Söker et al. 2000, Erickson et al. 2001, Sinclair 2001, Exo et al. 2002, Aves (société d'études ornithologiques) 2002, Roux et al. 2002, Duchamp 2003, Langewiesche & Theis 2003, Langston & Pullan 2003, Allavena & Panella 2003, Zucco & Merck 2004).

Dennoch lassen sich einige Schlüsse aus den Untersuchungen ziehen, die eine, wenn auch vorsichtige, Gewichtung der Auswirkungen erlauben:

- Kollisionen mit Windkraftanlagen kommen vor. Tagsüber sind vor allem grosse Vögel mit geringer Manövrierfähigkeit betroffen. Für nachziehende Vögel bergen vor allem Nächte mit schlechten Wetterverhältnissen (insbesondere schlechter Sicht) ein grosses Gefahrenpotenzial. Die Auswirkungen der erhöhten Mortalität auf die Entwicklung der Bestände sind unklar. Für die Bestände von grösseren Arten, insbesondere Segelfliegern, könnte die erhöhte Mortalität insbesondere an Stellen, wo sich Vögel aus einem grossen Einzugsgebiet konzentrieren, problematisch sein. Bei Kleinvögeln scheinen die Auswirkungen allerdings oft nicht sehr gross zu sein.
- Änderungen in der Habitatnutzung oder im Verhalten, z.B. durch Meidung der Umgebung von Windkraftanlagen, scheinen insbesondere bei Brut- und Rastvögeln offener Lebensräume aufzutreten (z.B. Limikolen, Gänse). Inwieweit diese einem vollständigen oder partiellen Lebensraumverlust gleich kommenden Auswirkungen aus Naturschutzsicht relevant sind, ist in erster Linie vom Gefährdungsstatus der betroffenen Arten und Lebensräume abhängig.
- Die Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Zugvögel bestehen vor allem darin, dass die Vögel durch das Hindernis vom Zugweg abgelenkt werden oder dass ein Teil der Vögel, die sich nicht ablenken lassen und durch den Windpark fliegen, mit den Anlagen kollidiert oder durch Wirbel zu Boden geschleudert wird. Da die meisten Zugwege traditionelle Routen sind, wiederholt sich die Beeinträchtigung jeden Herbst und Frühling. Welche Auswirkungen diese Verluste für die Populationen haben, ist unbekannt.
- Die indirekten Auswirkungen von Windkraftanlagen z.B. durch den Bau von zusätzlichen Infrastrukturanlagen oder die Erschliessung bisher wenig genutzter Räume, die zu einer Veränderung z.B. der landwirtschaftlichen Nutzung oder zu einem höheren Besucher-

aufkommen führen können, wurden bisher kaum untersucht, müssen aber bei der Prüfung der Verträglichkeit von Windkraftanlagen berücksichtigt werden.

Die Sichtung der Literatur zeigte aber auch klar die ungleiche Verteilung der Studien, sowohl geografisch als auch bezüglich Themen. Die bis anhin unternommenen Studien in den USA z.B. widmeten sich vor allem dem Thema „Vogelschlag“ (z.B. Sinclair 2001). Die Studien in Europa untersuchten darüber hinaus auch kurz- und langfristige Lebensraumverluste, Barriereeffekte und die Frage der Gewöhnung. Die meisten der bisher publizierten Untersuchungen stammen aber aus den Küstengebieten in den Niederlanden, in Dänemark und Norddeutschland. Die Untersuchungen über die Reaktion von Binnenlandarten auf Windkraftanlagen, vorab aus dem Voralpen- und Alpenraum, sind spärlich. Hier besteht ein grosser Forschungsbedarf, denn sowohl die Schweiz wie auch Österreich und Norditalien zeigen sich an einem Ausbau der Windkraftnutzung interessiert (Sachslehner & Kollar 1997, Rössler & Ranner 2003, Forconi & Fusari 2003, Magrini 2003, Rössler & Frank 2004, Bundesamt für Energie et al. 2004).

Die bisherigen Kenntnisse zur Frage, welche Auswirkungen die räumliche Konzentration und auch die grossräumliche Streuung von Windkraftanlagen auf die Avifauna haben, beruhen auf relativ unsystematischen Beobachtungen (Jedicke 1997). Die meisten Untersuchungen und Gutachten werden unter Zeitdruck und mit äusserst knapper Finanzierung erarbeitet. Häufig fehlt ein wichtiger Datensatz, z.B. sind keine Voruntersuchungen (Situation vor dem Bau der Windkraftanlagen) vorhanden, oder es muss in der Feldarbeit gespart werden und die Interpretation des erhobenen Datenmaterials wird dementsprechend angreifbar. Es fehlen grundlegende Untersuchungen in verschiedenen Gebieten nach standardisierter Vorgabe. Wegen der vielen unterschiedlichen Faktoren, die auf das Verhalten der Vögel Einfluss nehmen können, ist es allerdings auch schwierig, standardisierte Vorgaben zu machen (Bergen 2001a). Es besteht die Gefahr, dass Ergebnisse aus Einzeluntersuchungen pauschal verwendet werden. Aussagen aus Untersuchungen zu Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Brutvögel sagen aber nichts aus über Auswirkungen auf Vögel, die im gleichen Gebiet rasten oder durchziehen (Rast- oder Zugvögel) (Bach et al. 1999). Auch Ergebnisse von Untersuchungen an Anlagenstandorten, die für Zug- und Rastvögel keine besondere Bedeutung haben und bei welchen daher kein Einfluss auf Zug- und Rastvögel festzustellen war, dürfen nicht auf Gebiete mit hoher Bedeutung für Zug- und Rastvögel angewendet werden (Handke et al. 1999). In den USA wurden Versuche unternommen, die Methodik der Untersuchungen abzustimmen, so dass Resultate vergleichbar werden (Anderson et al. 1999).

Eine weitere Schwierigkeit rührt daher, dass die meisten ornithologischen Untersuchungen an Anlagen durchgeführt wurden, die weniger als 50 m Gesamthöhe erreichten und weniger als 350 kW Leistung erbrachten. So lassen sich viele Ergebnisse nicht auf die jüngste Generation von grossen Windkonvertern übertragen (rund 150 – 200 m Gesamthöhe bzw. Rotordurchmesser von 100 m und mehr). Die Anlagen ragen mit wachsender Höhe in die Zughöhe der Vögel hinein, was das Risiko von Vogelschlag erhöhen könnte. Andererseits stehen sie weiter auseinander, häufig wird sogar nur eine Anlage aufgestellt. Dies könnte auch zu einer Verminderung des Vogelschlagrisikos führen.

Die Untersuchungen an der Nordseeküste lassen auf deutliche Reaktionen bei den meisten Zugvögeln schliessen. Es wurde festgestellt, dass viele Zugvögel die Windkraftanlagen-Barriere in einem Reaktionsraum von 100 – 200 m umfliegen. Ob dies bereits Auswirkungen auf den Energiehaushalt der Zugvögel hat, ist zu bezweifeln (Verdriften um mehrere Hundert Meter sind sich Zugvögel gewohnt, siehe Liechti 1993a). Interessant sind die Tages-Beobachtungen von Kleinvögeln, die bei Windstille keine Scheu zeigten, zwischen den Anlagen durchzufliegen, bei

Wind (Anlagen in Funktion) jedoch mindestens einen Abstand von 100 m zu den Anlagen hielten. Dies zeigt, dass die in Funktion stehenden Anlagen auch bei Tag eine Scheuchwirkung auf Kleinvögel haben können, vermutlich wegen der entstehenden Surr- und Pfeifgeräusche und der in den Parks entstehenden Turbulenzen. Dies weist auf Forschungsbedarf bezüglich Turbulenzen hin. Auch diese Erkenntnisse könnten technische Verbesserungen der Anlagen zur Folge haben, die zu einer Entschärfung des Konflikts beitragen, indem zum Beispiel die Wirbel abgeschwächt werden.

Im Bereich Verhaltensforschung – Aerodynamik wird von Kaatz (1999) grosser Forschungsbedarf festgestellt. Untersuchungen am Gänsegeier im Windkanal (De Lucas et al. 2004) gehören zu den ersten, die im Flugverhalten der betroffenen Art die Begründung für das Vogelschlagrisiko zu finden suchen, um dann geeignete (technische) Massnahmen für die Senkung des Risikos zu ergreifen.

Untersuchungsbedarf gibt es aber auch bei der Frage der Auswirkungen auf Verhalten oder Raumnutzung von Vögeln, sowohl während der Brutzeit als auch ausserhalb. Mit einer grösseren Zahl methodisch verlässlicher Untersuchungen liessen sich auch scheinbare Widersprüche zwischen einzelnen Arbeiten erklären. Als Beispiel seien hier Untersuchungen an Greifvögeln erwähnt. So finden Hinzen und Mayr (1995) und Mielke (1996) Hinweise für Scheucheffekte auf Greifvögel, während Sommerhage (1997) von einem Nistkasten am Turbinenturm berichtet, der durch Turmfalken bezogen wurde. Über den Bruterfolg wird allerdings nichts berichtet. Sinning und Gerjets (1999) sahen sowohl Turmfalken wie Mäusebussarde auf oder in der Nähe von Windkraftanlagen ansitzen. Zieht man hier Publikationen zum Thema Vogelschlag hinzu, könnte die fehlende Scheu ein Grund für die vielen Vogelschlagopfer vor allem unter den Turmfalken sein.

4. Windkraftanlagen in der Schweiz

Die Literaturzusammenstellung hat gezeigt, dass Auswirkungen auf Vögel durch Windkraftanlagen vorkommen und dass doch einiges an grundlegendem Wissen und an Erfahrungen vorhanden ist, um weitere Konfliktsituationen zu verhindern. Die Übersicht zeigte aber auch, dass die Auswirkungen je nach Situation unterschiedlich sein können. Die Frage stellt sich deshalb, inwieweit die Ergebnisse und Erfahrungen auf die Situation in der Schweiz übertragbar sind.

4.1 Bestehende Anlagen und geplante Projekte

Die 19 in der Schweiz installierten Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 5,36 MW erzeugten 0,5 GWh Elektrizität. Mit 0,42 W/Einwohner installierter Windenergieleistung steht die Schweiz bei der Windenergienutzung auf dem drittletzten Platz in Europa.



Abb. 2. Übersicht über die installierten und projektierten Windkraftanlagen in der Schweiz. Die Grösse der Punkte gibt die Produktivität der Standorte an; Quelle: www.suisse-eole.ch.

Dies soll sich nach Meinung des Bundes ändern: Das Programm EnergieSchweiz sieht vor, dass bis 2010 jährlich 50–100 GWh Windstrom produziert werden sollen, was (bei gleichbleibender Verbrauchshöhe) den Verbrauch von 15'000 bis 30'000 Haushaltungen decken würde. Daher soll auf dem Crêt-Meuron (NE) ein Windpark realisiert werden (Abb. 3). Die sieben Windkraftanlagen von je 1.75 MW Nennleistung werden dort jährlich 14,53 GWh Strom produzieren. Dies ist dreimal soviel wie bis 2002 in der Schweiz insgesamt produziert wurde. Das Projekt bei Ste Croix hat eine ähnliche Grösse. Beim Projekt Rengg LU handelt es sich um eine kleinere Anlage mit Ausbaumöglichkeit zum Windpark.



Abb. 3. Fotomontage des neuen Windpark-Projekts auf dem Crêt-Meuron (Quelle: www.suisse-eole.ch).

Die Bundesämter für Energie, für Raumentwicklung und für Umwelt, Wald und Landschaft erarbeiten ein „Konzept Windenergie Schweiz“, in welchem prioritäre Standorte für Windparks vorgeschlagen wurden (Bundesamt für Energie et al. 2004). Im Vernehmlassungsentwurf wurden 2003 40 Standorte vorgeschlagen, die nach folgenden Kriterien ausgewählt wurden: gute Windverhältnisse, vorhandene Infrastruktur für Bau und Betrieb, geringe Auswirkungen auf die Umwelt. Die Schweizerische Vogelwarte wurde zu einer Beurteilung der ausgewählten Standorte aus ornithologischer Sicht eingeladen (Horch 2003, Horch et al. 2003). Von den 40 Standorten wurden 6 als eher unbedenklich eingestuft, da sie bereits durch touristische und andere Infrastrukturanlagen belastet sind. Für weitere 6 Anlagen wurde empfohlen, sie von weiteren Abklärungen auszuschliessen, da erhebliche Auswirkungen auf die Vogelwelt zu erwarten waren. Für die übrigen 28 Standorte genügten die Grundlagen nicht für eine klare Einstufung. Sie bedürfen weiterer Abklärung.

In der definitiven Fassung des Windkonzepts finden sich nur noch 12 prioritäre Standorte. Im weiteren werden aber auch verschiedene Projekte aufgeführt, die aus der Sicht von Kantonen und Gemeinden als wichtig erachtet wurden und sich teilweise bereits in Planung befinden. Dies zeigt, dass eine Beurteilung der geplanten Entwicklung der Windenergienutzung aufgrund der uns vorliegenden Dokumente schwierig ist. Hinzu kommt die technische Entwicklung, die dazu führen könnte, dass heute als ungeeignet betrachtete Standorte bereits in naher Zukunft anders eingestuft werden könnten.

Weder Einzelanlagen noch Windparks unterliegen bislang einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Detaillierte Auswirkungsabklärungen müssen aber spätestens im Baubewilligungsverfahren getroffen werden (Kunz et al. 1998, Langraf 2000).

4.2 Folgerungen für die Schweiz

4.2.1 Generelle Überlegungen

Die Auswertung der Literatur zeigte, dass mit negativen Auswirkungen von Windkraftanlagen durchaus gerechnet werden muss. Aufgrund der topographischen Verhältnisse und des Windpotenzials sind in der Schweiz allerdings nicht so grosse Windparks zu erwarten wie z.B. in flachen Küstengebieten. Viele Ergebnisse aus den flachen Gebieten Norddeutschlands und der Niederlande sind auf die Schweiz deshalb nicht direkt übertragbar. Umgekehrt führen gerade die topographischen Verhältnisse dazu, dass sich der Vogelzug an gewissen Stellen konzentriert. Auf den Vogelzug wird deshalb im nächsten Kapitel speziell eingegangen.

4.2.2 Vogelzug

Grundlagen zum Vogelzug im Alpenraum

Für wandernde Vögel ergibt sich ein relativ grosses Gefahrenpotenzial von Windkraftanlagen, da sich diese Vögel in unbekanntem Gebiet bewegen, viele von ihnen nachts. Zudem kann der Vogelzug in Gebirgsgegenden horizontal und vertikal stark konzentriert werden. Wir gehen deshalb hier relativ detailliert auf das Zugverhalten im Alpenraum ein. Leider beziehen sich die meisten Studien auf den Herbstzug. Für den Frühling nehmen wir grundsätzlich ähnliches Verhalten an. Allerdings fliegen die Vögel im Frühling häufig mit Rückenwind. Daher wird der Vogelzug im Mittelland nicht konzentriert. Im Jura und in den von Süden in die Alpen führenden Tälern und dementsprechend über Pässen in diesen Tälern muss hingegen im Frühling

vermehrt mit Konzentrationen von Zugvögeln gerechnet werden (z.B. Gotthard, siehe auch Horch et al. 2002; Gr. St. Bernhard).

Wenn sich die Zugvögel im Herbst mit Richtungen um SW den Alpen oder einer Bergkette nähern, haben sie sich zu entscheiden, ob sie das Hindernis mit Richtungsänderung umfliegen oder durch Aufsteigen mit konstanter Richtung überfliegen wollen. Da die mittleren Kammhöhen in den Zentralalpen im Bereich von 3000 m ü.M. liegen und 90 % der Zugvögel über dem Schweizerischen Mittelland und über Süddeutschland unter 2500 m ü.M. fliegen, muss die Mehrheit der Zugvögel diese Entscheidung treffen. Der herbstliche Vogelzug über Mitteleuropa erfolgt generell auf breiter Front Richtung SW (ca. 230°), am Alpen- und Jurarand entstehen aber sowohl im Tagzug wie auch im Nachtzug regionale und lokale Abweichungen im Sinne des „geleiteten Breitfrontzuges“ (vgl. Abb. 4, Übersicht in Bruderer 1996).

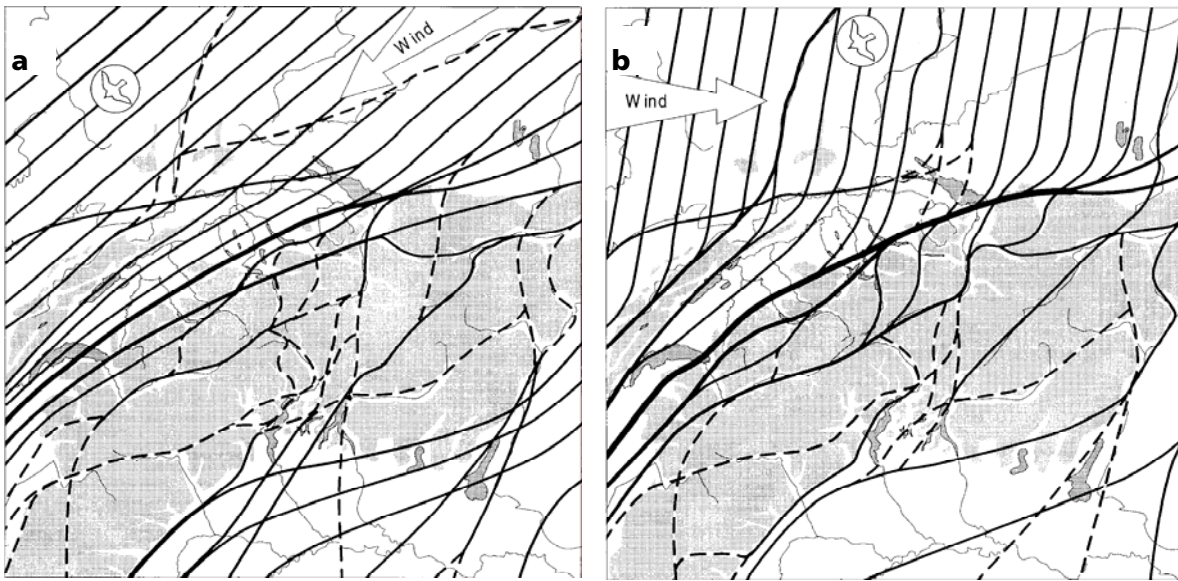


Abb. 4. Schematische Zusammenfassung und Extrapolation der verfügbaren Information über die Richtungen des Vogelzuges im Bereich der Alpen, basierend auf Radardaten (insbesondere Rüsch & Bruderer 1981, Liechti & Bruderer 1986, Bruderer & Jenni 1990, Bruderer & Liechti 1990) und Mondbeobachtungen (Liechti et al. 1995, 1996, Liechti 2001). (a) Verlauf des tiefen Zuges (unterhalb von ca. 1000 m über den Talböden) bei Rückenwind: Ablenkung des Breitfrontzuges (230°) entlang der Haupttäler, Verdichtung zwischen Jura und Alpen, Konzentration am Alpenrand sowie an den südwestwärts verlaufenden Hauptkämmen. (b) Westwindsituation mit ausschliesslich tiefem Zug: Nach SSW verdrifteter Breitfrontenzug über dem Flachland; starke Ablenkung durch Täler, höchste Konzentration am Alpenrand und an den Hauptalpenkämmen (aus Bruderer 1996).

Die in verschiedenen Untersuchungen (siehe Bruderer 1996) über den nächtlichen Vogelzug unter 1000 m über Boden (ü.B.) festgestellte Basisrichtung ist 232°. Topographisch erklärbare Abweichungen von der Basisrichtung in der Grössenordnung von 10–20° kommen vor allem an Leitlinien vor, die nur wenig von der Vorzugsrichtung abweichen, so an der Schwäbischen Alb, am Rhein südlich von Schaffhausen, am Alpenrand bei Thun oder vor der Rigi sowie im Rhonetal bei Aigle (in der Achse des Haupttales und Richtung Val d'Illiez). Die Basisrichtung der über 1500 m ü.B. fliegenden Vögel liegt über Süddeutschland südlicher als für die tiefer fliegenden Vögel am selben Messort. Dies könnte darauf hindeuten, dass Vögel, die aus weit entfernten Herkunftsgebieten in grossen Flughöhen unterwegs sind, südlichere Richtungen einhalten und eher zur Alpenquerung neigen als tiefer fliegende und/oder erst kürzlich gestartete Vögel. Auf

NE–SW verlaufenden Alpenpässen (Hahnenmoospass, Col de la Croix) ist der Zug durch die lokale Topographie besonders stark konzentriert.

Sehr häufig müssen die südwestwärts ziehenden Vögel mit westlichen Winden zurecht kommen, die meist mit der Höhe an Geschwindigkeit zunehmen (Bruderer & Jenni 1988). Über Süddeutschland wehen diese Winde vorwiegend aus W bis NW, während sie im schweizerischen Mittelland – kanalisiert durch Jura und Alpen – aus SW wehen (Bruderer & Liechti 1990). Winde über 5 m/s werden nur teilkompensiert, d.h. der Vogel wird durch den Wind in eine andere Richtung verdriftet, als der Vogel selbst (ohne Wind) einhalten würde. Im Fall von Wind entgegen der Basisrichtung nimmt vor allem über Süddeutschland die Tendenz zu, mit zunehmender Windstärke Drift nicht nur zu tolerieren, sondern die Eigenrichtung (Richtung zur Körperachse) etwas südwärts zu drehen (Bruderer & Liechti 1990, Liechti 1993b). Daraus ergeben sich bei starkem SW-Wind häufig S- bis SE-Richtungen des Vogelzugs, die aber kaum Vögel mit südöstlicher Eigenrichtung enthalten, sondern hauptsächlich Vögel, deren Eigenrichtung durch den Wind nach S bis SE abgelenkt wird (siehe Abb. 4a).

Die grösste Zugverdichtung ergibt sich über der Schweiz, wenn der Zug bei NW- und W-Wind-Situationen über Süddeutschland beinahe senkrecht zur Vorzugsrichtung gegen die Alpen verdriftet wird und beim Auftreffen auf die Leitlinie entlang der Alpen wieder in die Vorzugsrichtung einschwenkt. Unter diesen Windbedingungen ergeben sich auch die grössten Konzentrationen in Alpentälern und auf Alpenpässen (siehe Abb. 4b).

Bei klarem Himmel und schwachen östlichen Winden halten die über den Kammlinien fliegenden Vögel oft dieselben Richtungen ein wie über dem östlichen Mittelland. Neuere Untersuchungen (Zehnder et al. 2001) zeigten allerdings, dass auch Vögel, welche in mittlerer Kamm- und Gipfelhöhe zogen, noch recht stark den Geländestrukturen folgten. Einem hoch über das Flugniveau aufragenden Hindernis wird im Sinne einer Optimierung mit minimaler Abweichung von der Vorzugsrichtung (oder von der aktuellen Flugrichtung) und mit minimaler Steigrate ausgewichen. Oft werden Kursänderungen vorgenommen, um durch Einfliegen in einen Tal- oder Pässeinschnitt die Höhenänderung zu minimieren (Liechti & Bruderer 1986). Der Zug durch Täler und über Pässe erleichtert die Driftkompensation und erlaubt bei Gegenwind Energieeinsparungen aufgrund reduzierter Windgeschwindigkeiten. Je tiefer die Anflughöhe der Vögel unter der Kammlinie liegt, je stärker und tiefer die Bewölkung und je stärker die Abweichung des Windes von der Zugrichtung, desto mehr nehmen Topographie- und Windablenkung zu (Bruderer 1982, Liechti & Bruderer 1986).

Während der Nacht fliegen durchschnittlich 50 % der Vögel unter 600 m (Bruderer & Liechti 2004), wobei sie in der Regel die untersten 30 m meiden, um Zusammenstösse mit Hindernissen (Bäumen, Gebäuden etc.) zu vermeiden (Liechti & Bruderer 1986). Abb. 5 nach Bruderer und Liechti (2004) zeigt anhand von drei Grafiken aus dem schweizerischen Mittelland (Römerswil LU) die Höhenverteilung während der Nacht im Herbstzug. Besonders gut ersichtlich ist, dass die Vögel am Tag deutlich tiefer fliegen als in der Nacht.

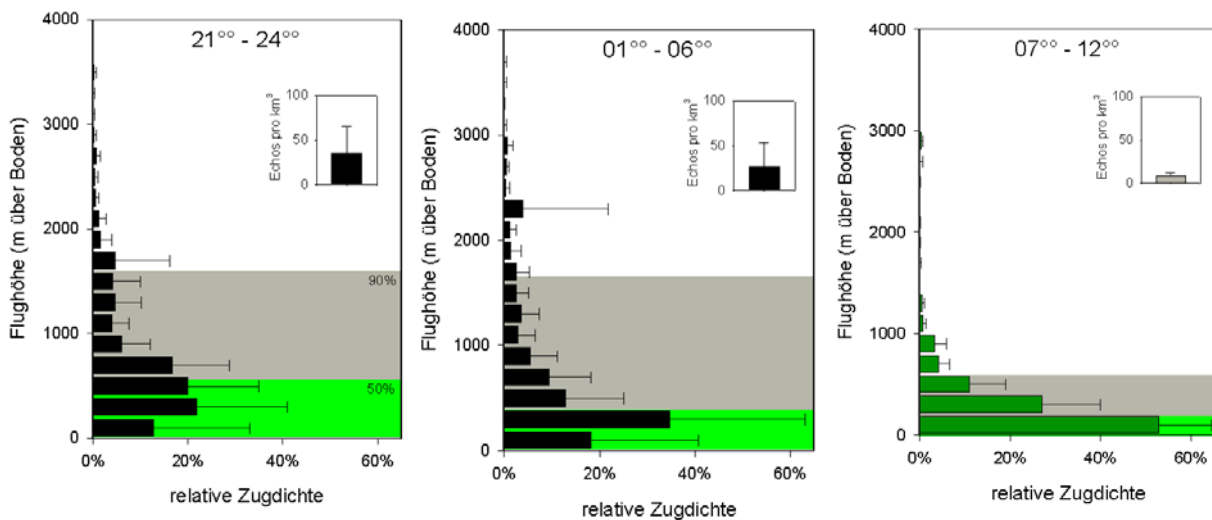


Abb. 5. Relative Höhenverteilung (Mittelwert und Standardabweichung) des Herbstzuges im schweizerischen Mittelland für drei tageszeitliche Abschnitte: Sonnenuntergang bis Mitternacht (21.00 h – 24.00 h; Anzahl Dichtemessungen $n = 124$); Mitternacht bis Sonnenaufgang (01.00 h – 06.00 h; $n = 323$); 07.00 h – 12.00 h ($n = 93$). Nicht kontinuierliche Messungen aus 42 Nächten im Zeitraum 28.8.–12.10.2000. Die Säule in der oberen rechten Ecke jeder Grafik zeigt die mittlere absolute Echodichte. Höhenbereiche, die 50 % (dunkelgraugrün) bzw. 90 % (grau) des Zuges umfassen sind schattiert (Bruderer & Liechti 2004).

Bedeutung für den Bau von Windkraftanlagen

Da Zugvögel Richtungs- und Flughöhenänderungen zu minimieren versuchen, können sich in nach W bis SW (Herbst) bzw. E bis NE (Frühling) gerichteten Tälern und Passübergängen vor allem bei Gegenwind erhebliche Zugkonzentrationen in den bodennahen Luftschichten ergeben. Allerdings profitiert der Frühlingszug von häufigen Rückenwindlagen und wird im schweizerischen Mittelland nicht konzentriert. Im Jura und in den von Süden in die Alpen führenden Tälern muss aber im Frühlingszug mit Konzentrationen gerechnet werden.

Viele Pässe und Übergänge liegen in häufig von Zugvögeln (Situation Herbstzug) passierten Zuglinien. Hier nur die wichtigsten (von Ost nach West): Julier, Maloja, Septimer, Splügen, Panixer, Etzel, Klausen, Sattel, Lukmanier, Oberalp, Gotthard, Furka, Grimsel, Brünig, Simplon, Gemmi, Gurnigel, Hahnenmoos, Jaun, Rawil, Col du Pillon, Col de la Croix, Col des Mosses, Jaman, Grosser St. Bernhard, la Forcla, Cou, Bretolet, Mollendruz, la Givrine.

Das Mittelland wird von vielen Bergkämmen gequert, die als Hindernisse im Vogelzug wirken können. Andere Bergketten sind für den Vogelzug wichtig als Leitlinien. Zu diesen gehören zum Beispiel (Reihenfolge von Ost nach West): Ricken, Hörnli, Randen, Etzel, Pfannenstil, Lägern, Albis, Acheberg, Heitersberg, Bözberg, Staffelegg, Hauenstein, Napf nordseite, Weissenstein, Le Montoz, Bantigergebiet, Le Chasseral, Chasserongebiet.

Windkraftanlagen, welche in die Flugbahn ragen – sei es durch die Anlagenhöhe, sei es, dass sie in Reihen quer zur Zuglinie aufgestellt werden – können daher als Hindernisse wirken und das Risiko von Kollisionen erhöhen. In der Nacht halten die meisten Vögel einen Sicherheitsabstand von mindestens 30 m über Boden ein. Das Risiko von Kollisionen dürfte zwar bei den vergleichsweise kleinen Windparks in der Schweiz eher gering sein, doch gilt es zu berücksichtigen, dass bei den zunehmend höheren Anlagen das Risiko steigen wird.

Während des Tages fliegen viele Vögel in den untersten 200 m ü.B. Allerdings können sie Hindernisse gut erkennen und ihnen ausweichen, also auch einem Windpark. Weht ein starker Gegenwind, so ist der Zug schwächer, es sind weniger Vögel unterwegs. Doch konzentrieren sich die Vögel dann in den untersten 10 bis 50 m über Boden (die Dichte ist dann entsprechend hoch) und können plötzlich auftauchenden Hindernissen weniger gut ausweichen. Bei schlechten Wetterverhältnissen dürfte demnach trotzdem ein gewisses Kollisionsrisiko bestehen.

4.2.3 Vom Kollisionsrisiko speziell betroffene Arten

Aus der Literatur kristallisieren sich vor allem grössere Vogelarten, insbesondere Segelflieger, als speziell von Kollisionen betroffene Arten heraus, dies insbesondere, weil bei langlebigen Arten die zusätzliche Mortalität für die Bestandsentwicklung relevant sein kann. Dies betrifft in der Schweiz vor allem Greifvögel, Uhu und Weissstorch. Bei Arten, für die die Auswirkungen von Kollisionen auf die Bestände als gering eingeschätzt werden, gilt es jedoch auch zu bedenken, dass häufige Todesfälle durch Kollisionen dem Image der Windenergie als umweltfreundliche Energie schaden könnten.

Zur Zugzeit dürften der Weissstorch sowie Rot- und Schwarzmilan, Mäuse- und Wespenbussard, Korn-, Rohr- und Wiesenweihe, Sperber sowie Turmfalke betroffen sein. Sie nutzen Thermiksäulen und Hangwinde entlang von Kreten, um sich darin in die Höhe zu schrauben und topografische Hindernisse ohne grossen Aufwand zu überfliegen. In solchen Luftsäulen können sich zur Zugzeit Hunderte von Vögeln sammeln.

Auch für Wasservögel ist ein gewisses Kollisionsrisiko nicht auszuschliessen, speziell in der Nähe von Wasservogelgebieten von internationaler oder nationaler Bedeutung, in denen sich viele Wasservögel vor allem im Herbst und Winter konzentrieren. Wasservögel wechseln oft zwischen verschiedenen Rastplätzen hin und her. Die Seenregionen, z.B. die Region von Neuenburger-, Bieler- und Murtensee, sind zudem im Winter oft von Nebel betroffen.

Verschiedene Vogelarten sind vom Kollisionsrisiko auch zur Brutzeit oder bei Standvögeln ganzjährig betroffen. Dazu gehören Weissstorch und Uhu, für die ein spezielles Risiko bereits für Kollisionen mit Freileitungen gezeigt wurde (Marti 1998). Auch Bartgeier und Steinadler könnten durch Kollisionen gefährdet sein. Da unerfahrene Jungvögel ein grösseres Kollisionsrisiko haben, ist es vor allem wichtig, die Umgebung von Horstplätzen zu beachten.

4.2.4 Lebensraumveränderungen und speziell betroffene Arten

Die Auswertung der Literatur zeigte, wie vielfältig die Auswirkungen auf einzelne Arten oder Lebensräume sein können. Auch hier gilt, dass nicht alle Ergebnisse und Schlussfolgerungen für die Schweiz relevant sind. So finden sich in der Schweiz z.B. keine grossen Ansammlungen überwinternder Gänse. Aus dem Binnenland, vorab aus dem Voralpen- und Alpenraum, fehlen aber Studien weitgehend. Hier besteht ein grosser Forschungsbedarf.

Aus den vorliegenden Arbeiten ergeben sich für folgende Arten bzw. Artengruppen bereits Hinweise auf einen Konflikt mit Windkraftanlagen:

Raufusshühner reagieren allgemein auf Infrastrukturanlagen und Störungen empfindlich: Das Alpenschneehuhn hält sich in den Alpen vorwiegend in Höhen zwischen 2000 und 2500 m auf, am liebsten in blockübersäten Hängen mit Kuppen und Runsen, die reichlich Sitzwarten und Deckung bieten. Als Art der offenen Landschaft reagiert es sensibel auf Vertikalstrukturen und Bewegungen von oben. Der Lebensraum des stark gefährdeten Auerhuhns ist bereits sehr stark

fragmentiert. Vor allem auf Erschliessungsprojekte (Strassen jeglicher Kategorie) in bisher wenig erschlossene und vom Auerhuhn besiedelte Waldgebiete oder mögliche Ausbreitungsgebiete ist daher zu verzichten (Leclercq & Roche 1992, Dändliker et al. 1996). Ähnliches gilt auch für das Haselhuhn. Zunehmende Erschliessung und wachsender Erholungsbetrieb an der oberen Waldgrenze sowie Vergandung bedeuten Gefahren für den Birkhuhnbestand. Windkraftanlagen könnten vor allem ein Problem bedeuten, da die als Balzplätze genutzten flacheren Bereiche auch für den Bau von Windkraftanlagen geeignet sind.

In der Beurteilung der prioritären Standorte im Rahmen des Konzepts Windenergie Schweiz zeigte sich, dass die Heidelerche eine in der Schweiz spezifisch durch Windparks betroffene Art sein könnte (Horch et al. 2003). Die Heidelerche ist auf der Roten Liste als stark gefährdet (EN) eingestuft (Keller et al. 2001) und eine der Prioritätsarten für Artenförderungsprogramme (Bollmann et al. 2002). Die extensiv genutzten Wiesen und Weiden auf den Jurahöhen gehören zu den letzten Lebensräumen, in denen die Heidelerche heute noch vorkommt. Da die Heidelerche vertikale Strukturen in ihrem Lebensraum eher toleriert als die Feldlerche, dürfte die Meidung der Windkraftanlagen ein weniger grosses Problem darstellen als für die Feldlerche. Unbekannt ist allerdings die Reaktion auf die Bewegungen der Rotoren. Problematischer könnten die mit dem Bau von Windkraftanlagen oft verbundenen Änderungen in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung sein, die sich auch auf andere Arten dieses insgesamt gefährdeten Lebensraums auswirken können. Da sich viele der geplanten oder als geeignet eingestuften Standorte für Windparks im Jura befinden, muss bei der Planung das Konfliktpotenzial zwischen der Windenergienutzung und der Heidelerche sowie anderen Arten dieser extensiv genutzten Lebensräume genau abgeklärt werden.

Arten offener Lebensräume scheinen auf Windkraftanlagen besonders stark zu reagieren. Solche offenen Lebensräume finden sich in der Schweiz in den Tieflagen des Mittellandes. Viele Arten des offenen Kulturlandes und der Feuchtgebiete sind in der Schweiz gefährdet. Mit speziellen Massnahmen wird heute vermehrt versucht, ihre Lebensräume aufzuwerten. Windkraftanlagen in offenen Landschaften sind deshalb in der Schweiz als problematisch einzustufen.

4.2.5 Hinweise zur Planung von Windkraftanlagen

Für Windparks sind in der Schweiz keine Umweltverträglichkeitsprüfungen vorgeschrieben. Dennoch müssen die Aspekte des Naturschutzes bereits in der Planung berücksichtigt werden, damit mögliche Konflikte vermieden werden können.

Für die Beurteilung der Standorte für Windenergienutzung sind unserer Ansicht nach primär folgende Punkte massgebend (Horch et al. 2003):

- Vogelzug (bekannte oder potenzielle Konzentrationsgebiete)
- Rastgebiete und wichtige Bewegungskorridore
- Wichtige Vogelgebiete (z.B. als „Important Bird Area IBA“ ausgewiesene Gebiete, Naturschutzgebiete etc.)
- Vorkommen von Prioritätsarten für Artenförderungsprogramme (z.B. Trockenwiesenarten und Arten der offenen Kulturlandschaft)
- Vorkommen von störungssensiblen Arten (z.B. Raufusshühner)
- Vorhandensein von Grossvögeln (z.B. Weissstorch, Steinadler, Bartgeier, Uhu)

Die Grundlagen für diese Beurteilung sind vorhanden. Im Bereich Arten sind dies in erster Linie die Liste der Prioritätsarten für Artenförderungsprogramme (Bollmann et al. 2002), die Liste der Arten, für welche die Schweiz spezielle Verantwortung trägt (Keller & Bollmann 2001) sowie die Rote Liste der gefährdeten Brutvogelarten (Keller et al. 2001). Im Bereich Gebiete sind dies die Bundesinventare der Lebensräume von nationaler Bedeutung (Auen, Moorlandschaften, Wasservogelreservate etc.) sowie das Verzeichnis der wichtigen Vogelgebiete der Schweiz (Heer et al. 2000).

Windkraftanlagen können Auswirkungen haben, die über die durch die Anlage direkt beanspruchten Flächen hinaus gehen. Deshalb sind auch genügend grosse Pufferzonen um Vogellebensräume herum zu berücksichtigen, in welchen keine Infrastrukturbauten errichtet werden dürfen. Breuer und Südbeck (1999) schlagen einen Mindestabstand der 10-fachen Anlagenhöhe als Abstandswert von bedeutenden Vogellebensräumen vor. In den stark gegliederten Landschaften der Schweiz ist ein solch generelles Mass allerdings problematisch. Die Grösse der Pufferzone muss im Einzelfall geprüft werden.

Planungsgrundsätze für eine verträgliche Entwicklung der Windenergienutzung in der Schweiz sind daher:

- Standortplanungen sind auf allen Ebenen erforderlich, ebenso die Berücksichtigung dieser Ergebnisse auf allen Planungsebenen.
- Für den Natur- und Landschaftsschutz bedeutende Gebiete sind von Windkraftanlagen freizuhalten.
- Standorte mit hoher Vorbelastung sind zu bevorzugen (Industrie- und Gewerbegebiete oder Gebiete mit anderen technischen Anlagen).
- Beeinträchtigungen sind nach Beendigung des Baus auszugleichen. Ist kein Ausgleich möglich, muss Ersatz geleistet werden.
- Die Forschung nach konfliktärmeren Windkraftanlagen-Typen oder Massnahmen, die Auswirkungen auf die Umwelt vermindern, ist fortzuführen.

4.2.6 Vorschläge zur Abschwächung von Konflikten zwischen Windkraftanlagen und Vögeln

Wenn die oben erwähnten Planungsgrundsätze berücksichtigt werden, können potenzielle Konflikte bereits weitgehend vermieden werden. Die Frage stellt sich, ob mit technischen Anpassungen an den Windkraftanlagen selbst Konflikte gemindert werden können.

Die Gegebenheiten der Topographie sollten v.a. in den alpennahen Ländern in die Anordnung der Anlagen einfließen, um die Hindernisse aus risikoreichen Zonen herauszurücken und gut erkennbar zu machen. Dies kann bedeuten, dass die Anordnung über die Sicherheitsabstände zwischen den einzelnen Anlagen hinausgeht und keiner Rasteranordnung verpflichtet ist.

Grundsätzlich sollten Windparks in kleinen Gruppen an bereits bestehenden Bauten angeordnet werden. Weite, grosse und bis jetzt ungestörte Flächen sind freizuhalten. Bei hohen Anlagen scheint eine Anordnung mit grossen Abständen geeigneter, um Vogelschlag zu vermindern, weil Vögel Windparks durchfliegen können, ohne in die Nähe von Turbulenzen geraten. Vor allem die Anordnung quer zu Zuglinien ist fatal.

Da Vögel Augentiere sind, ist zu erwarten, dass die Zahl der Kollisionen reduziert werden kann, wenn die Rotoren besser sichtbar gemacht werden. Allerdings dürfen Türme und Rotoren nicht

mit Scheinwerfern beleuchtet werden, da dies bei schlechten Sichtverhältnissen zu zusätzlichen Kollisionen aufgrund der Anziehungswirkung des Lichts führt. Einzig die Beleuchtung mit Natrium-Dampflampen, bei denen das Licht schwach und gelblich, diffus und von allen Seiten blendfrei ist, kann zur Verhinderung von Vogelschlägen empfohlen werden. Zu prüfen wäre vor allem, ob die Rotorspitzen mit orangen Blinklichtern versehen werden könnten. Blinklichter haben keine wesentliche Anziehungswirkung. Oranges (diffus gelbes oder rotes) Licht dürfte die beste Wirkung als reines Positionslicht (ohne Scheinwerferwirkung) haben und zieht auch am wenigsten Insekten an.

Um das Vogelschlagrisiko v.a. auch an den Stromleitungen zu verringern, könnten Ergebnisse aus Markierungsversuchen von Stromleitungen hinzugezogen werden. Auf die Erstellung von neuen Freileitungen sollte wenn immer möglich verzichtet werden. Dies gilt im Speziellen für die Umgebung der Nistplätze von Weissstorch und Uhu.

Beachtung finden muss auch die Nutzung des Windparkgeländes und seiner Umgebung. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, negative Auswirkungen von Windkraftanlagen wenigstens teilweise zu kompensieren. Ausgleichsmassnahmen können die Lebens- und Brutsituation für Vögel im weiteren Umkreis des Windparks wieder verbessern. Die Beibehaltung der dem Windpark vorangegangenen Flächennutzung ist vor allem in Ackergebieten zu empfehlen; ein Wechsel zum Beispiel von Ackerbau zu Grünlandnutzung ist eine derart einschneidende Nutzungsänderung, dass das Gebiet für die angestammten Vogelarten nicht mehr nutzbar ist. Geeignete Massnahmen sind zum Beispiel:

- Förderung des biologischen Landbaus oder grossflächig betriebene Extensivierung
- Anlage von Brachen und Ackerrandstreifen
- Erhaltung von Dauergrünland, Altgrasbeständen und Winterbrachen
- Entsiegelung von bestehenden und Neuanlage von ausschliesslich unversiegelten Feldwegen
- Erhaltung, Ergänzung und ökologische Pflege von linearen Strukturen wie Gräben und Hecken
- Erhaltung, Neuanlage und ökologische Pflege von naturraumtypischen Kleinstrukturen

Dabei ist gut zu überlegen, ob die Windparkfläche selbst ökologisch aufgewertet werden soll oder ob im weiteren Umfeld des Windparks Ersatzmassnahmen getroffen werden sollen. Denn grössere Vogeldichte kann auch vermehrtes Vogelschlagrisiko bedeuten.

In bisher wenig erschlossenen Gebieten sind Massnahmen zu ergreifen, die allfällige indirekte Auswirkungen z.B. durch eine verstärkte touristische Nutzung verhindern.

5. Literatur

5.1 Zitierte Literatur Windkraftanlagen und Vögel

- Acha, A. (1998): Negative impact of wind generators on the Eurasian griffon *Gyps fulvus* in Tarifa, Spain. *Vulture News* 38: 10–18.
- Akkermann, R. (1999): Hochspannungsfreileitungen und Windenergieanlagen als Flugbarrieren. S. 31–41 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): *Vogelschutz und Windenergie: Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen*. Bundesverband WindEnergie, Osnabrück.
- Albouy, S., D. Clément, A. Jonard, P. Massé, J.-M. Pagès & P. Neau (1997): *Suivi ornithologique du Parc Eolien de Port-la-Nouvelle (Aude)*. Abies - Bureau d'étude énergie et environnement, Gardouch. 68 S.
- Albouy, S., Y. Dubois & H. Picq (2001): *Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude)*. Abies - Bureau d'étude énergie et environnement et L.P.O. délégation Aude, Gardouch et Gruissan. 75 S.
- Allavena, S. & M. Panella (2003): Le centrali eoliche: un pericolo per il paesaggio e gli uccelli rapaci. *Avocetta* 27: 144.
- Anderson, R., M. Morrison, K. Sinclair & D. Strickland (1999): *Studying wind energy / bird interactions: A guidance document*. Avian Subcommittee and National Wind Coordination Committee, Washington, D.C. 88 S.
- Arbeitsgemeinschaft Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (2000): *Positionspapier zur Offshore-Windenergie*. Seevögel 21: 31.
- Aves (société d'études ornithologiques) (2002): *Eoliennes et oiseaux en Région wallonne*. Aves, société d'études ornithologiques, ASBL, Liège, B. 119 S.
- Bach, L., K. Handke & F. Sinning (1999): Einfluss von Windenergieanlagen auf die Verteilung von Brut- und Rastvögeln in Nordwest-Deutschland – erste Auswertungen verschiedener Untersuchungen. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 107–122.
- Ballasus, H. (2002): Habitatwertminderung für überwinternde Blässgänse *Anser albifrons* durch Mittelspannungsleitungen (25 kV). *Die Vogelwelt* 123: 327–336.
- Barrios, L. & A. Rodriguez (2004): Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at onshore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 41: 72–81.
- Benner, J. H. B. (1993): Impact of wind turbines on birdlife: an overview of existing data and lacks in knowledge. In: *European Wind Energy Association: Proceedings of the ECWEC (European Community Wind Energy Conference) held in Lübeck-Travemünde, Germany 8–12 March 1993*: 20–23.
- Bergen, F. (2001a): Windkraftanlagen und Frühjahrsdurchzug des Kiebitz (*Vanellus vanellus*): eine Vorher/Nachher-Studie an einem traditionellen Rastplatz in Nordrhein-Westfalen. *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen* 33: 89–96.
- Bergen, F. (2001b): Untersuchungen zum Einfluss der Errichtung und des Betriebs von Windenergieanlagen auf Vögel im Binnenland. Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für allgemeine Zoologie und Neurobiologie. 273 S.

- Binswanger, H.-C. (1999): Zur Landschaftseinwirkung der Windkraftanlagen. *Gaia* 8: 114–118.
- Bleijenberg, A. N. (1989): Wind energy and birds. *Het Vogeljaar* 37: 145–149.
- Böttger, M., T. Clemens, G. Grote, G. Hartmann, E. Hartwig, C. Lammen & E. Vauk-Hentzelt (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen, Endbericht. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 3, Sonderheft: 1–124.
- Brauneis, W. (2000): Der Einfluss von Windkraftanlagen (WKA) auf die Avifauna, dargestellt insbesondere am Beispiel des Kranichs *Grus grus*. *Ornithologische Mitteilungen* 52: 410–415.
- Breuer, W. (1995): Windkraftanlagen nicht überall, nicht ohne weiteres und nicht um jeden Preis. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 27: 27.
- Breuer, W. (1996): Planungsgrundsätze für die Integration der Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege beim Ausbau der Windenergienutzung. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9: 39–45.
- Breuer, W. & P. Südbeck (1999): Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Vögel – Mindestabstände von Windkraftanlagen zum Schutz bedeutender Vogellebensräume. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 171–176.
- Bruderer, B. & F. Liechti (2004): Welcher Anteil des Vogelzuges fliegt im Höhenbereich von Windturbinen? *Der Ornithologische Beobachter* 101: 327–335.
- Bundesamt für Energie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft & Bundesamt für Raumentwicklung (2004): Konzept Windenergie Schweiz, Grundlagen für die Standortwahl von Windparks. Bern. 34 S.
- Bundesamt für Naturschutz (2000): Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturschutzverträglichen Windkraftanlagen. Bundesamt für Naturschutz, Berlin. 64 S.
- Bunzel-Drüke, M. & K.-H. Schulze-Schwefe (1994): Windkraftanlagen und Vogelschutz im Binnenland. Bemerkungen zu Kleinschmidt et al. in dieser Zeitschrift. *Natur und Landschaft* 69: 100–103.
- Buser, H., S. Kunz & R. Horbaty (1996): Windkraft und Landschaftsschutz. Bundesamt für Energiewirtschaft (Hrsg.). Bern.
- Buurma, L. S. & M. W. Ockelorn (1988): Robin, the new bird extractor on RNLAf long range surveillance radar. *Bird Strike Committee Europe* (ed.). Madrid, Spain. 3 S.
- Buurma, L. S. & H. von Gasteren (2003): Navigational bird migration strategies in the North Sea area and their relevance for applied ornithology (abstract). *Die Vogelwarte* 42: 17.
- CADDET Danish National Team (2001): Environmental impact assessment of offshore wind farms under way. *CADDET Renewable Energy Newsletter* 06 (01): 7–9.
- Clemens, T. & C. Lammen (1995): Windkraftanlagen und Rastplätze von Küstenvögeln - ein Nutzungskonflikt. *Seevögel* 16: 34–38.
- Cochran, W. W. & R. R. Graber (1958): Attraction of nocturnal migrants by light on a television tower. *Wilson Bulletin* 70: 378–380.

- Crockford, N. J. (1992): A review of the possible impacts of windfarms on birds and other wildlife. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough UK. 60 S.
- De Lucas, M., G. F. E. Janss & M. Ferrer (2004): The effects of a wind farm on birds in a migration point: The Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation* 13: 395–407.
- Desholm, M. (2003): Different methods to estimate barrier effects and mortality, especially use of infrared video cameras. *Die Vogelwarte* 42: 19.
- Desholm, M., J. Kahlert, I. Krag Pedersen & I. Clausager (2000): Base-line investigations of birds in relation to an offshore wind farm at Rodsand: results and conclusions, 2000. Bertelsen, J. (ed.). National Environment Research Institute, Kalo. 42 S.
- Duchamp, M. (2003): Birds and windfarms - critical analysis of four reports on bird mortality at windfarm sites. www.iberica2000.org (15.03.05).
- Dürr, T. (2001): Verluste von Vögeln und Fledermäusen durch Windkraftanlagen in Brandenburg. *Otis* 9: 123–125.
- Dürr, T. (2002): Fledermäuse – Opfer von Windkraftanlagen. *Naturschutz-Info* 2: 37.
- EGE - Gesellschaft zur Erhaltung der Eulen e.V. (2004): Immer häufiger Uhus tot unter Windkraftanlagen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 36: 26–27.
- Erickson, W. P., G. D. Johnson, M. D. Strickland, K. Kronner, P. S. Becker & S. Orloff (1999): Baseline avian use and behavior at the CARES wind plant site, Klickitat County, Washington. National Renewable Energy Laboratory, Colorado. 60 S.
- Erickson, W. P., G. D. Johnson, M. D. Strickland, D. P. Young Jr., K. J. Sernka & R. E. Good (2001): Avian collisions with windturbines: A summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. National Wind Coordinating Committee (NWCC), Washington, D.C. 60 S.
- Erickson, W. P., K. Kronner & B. Gritski (2004): Nine Canyon wind power project avian and bat monitoring report, September 2002 – August 2003. Technical report submitted to Energy Northwest and the Nine Canyon Technical Advisory Committee. 32 S.
- Everaert, J., K. Devos & E. Kuijken (2002): Wind turbines and birds in Flanders: Preliminary study results in an European context. Institute of Nature Conservation, Brussels. 76 S.
- Exo, K.-M. & O. Hüppop (2003): Birds and offshore wind farms: Conflict potential and perspectives. *Die Vogelwarte* 42: 16.
- Exo, K.-M., O. Hüppop & S. Garthe (2002): Offshore-Windenergieanlagen und Vogelschutz. *Seevögel* 23: 83–95.
- Exo, K.-M., O. Hüppop & S. Garthe (2003): Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology. *Wader Study Group Bulletin* 100: 50–53.
- Faida, I. (1996): Beurteilung von Windkraftanlagen aus der Sicht der Niedersächsischen Naturschutzverwaltung. *Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte* 3: 14–15.
- Forconi, F. & M. Fusari (2003): Linee guida per minimizzare l'impatto degli impianti eolici sui rapaci. *Avocetta* 27: 146.
- Garthe, S. & O. Hüppop (2004): Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology* 41: 724–734.

- Gerjets, D. (1999): Annäherung wiesenbrütender Vögel an Windkraftanlagen – Ergebnisse einer Brutvogeluntersuchung im Nahbereich des Windparks Drochtersen. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 49–52.
- Gill, J. P., M. Townsley & G. P. Mudge (1996): Review of the impacts of wind farms and other aerial structures upon birds. *Scottish Natural Heritage Review* 21: 1–68.
- Gloe, P. (1984): Wind-Turbulenzen an Seedeichen als Ursache für Vogelverluste. *Seevögel* 5: 23–24.
- Guillemette, M., J. K. Larsen & I. Clausager (1998): Impact assessment of an off-shore wind park on sea ducks. *Neri Technical Report*. National Environment Research Institute, Kalo, Denmark. 61 S.
- Guillemette, M., J. K. Larsen & I. Clausager (1999): Assessing the impact of the Tuno Knob wind park on sea ducks: the influence of food resources. *National Environment Research Institute*, Kalo, Denmark. 22 S.
- Günnewig, D. (1996): Windenergienutzung im Ballungsraum – Ergebnisse einer Umweltverträglichkeitsstudie für einen geplanten Windpark. *Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte* 9 (3): 48–51.
- Handke, K. (2000): Vögel und Windkraft im Nordwesten Deutschlands. Eine Zustandsbeschreibung – Anforderungen an ornithologische Untersuchungen. *LÖBF-Mitteilungen* 2: 47–55.
- Handke, K., P. Handke & K. Menke (1999): Ornithologische Bestandsaufnahmen im Bereich des Windparks Cuxhaven in Nordholz 1996/97. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 71–80.
- Harmata, A. R., K. M. Podruzny, J. R. Zelenak & M. L. Morrison (1999): Using marine surveillance radar to study bird movements and impact assessment. *Wildlife Society Bulletin* 27: 44–52.
- Hartwig, E. (1994): Naturschutz und Windenergienutzung – ein Konflikt? *Seevögel* 15: 5–10.
- Henning, V. (2003): Entwicklung der Windkraft in Deutschland. *Seevögel* 24: 24.
- Herbert, M. (2002): Bericht über eine Fachtagung der TU Berlin vom 29. – 30. November 2001 "Windenergie und Vögel – Ausmass und Bewältigung eines Konflikts". *Natur und Landschaft* 77: 141–143.
- Hinzen, A. & C. Mayr (1995): Naturschutzprobleme durch Windkraftanlagen. *LÖBF-Mitteilungen* 1: 55–57.
- Horbaty, R. (1999): Windenergienutzung in der Schweiz. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern. 7 S.
- Horch, P., N. Zbinden & B. Bruderer (2002): Windpotentialstudie Gotthard Passhöhe – Kurzgutachten Vögel. *Schweizerische Vogelwarte, Sempach*. 7 S.
- Horch, P. (2003): Sind Windparks vogelverträglich? *Vogelwarte-Info* 4/2003: 2–3.
- Horch, P., B. Bruderer, V. Keller, P. Mollet & H. Schmid (2003): Windenergiekonzept Schweiz – Beurteilung der 40 prioritären Standorte aus ornithologischer Sicht. Bericht zu Handen des Bundesamtes für Energie (BfE), des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) & des

- Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Schweizerische Vogelwarte, Sempach. 16 S.
- Hüppop, O., K.-M. Exo & S. Garthe (2002): Empfehlungen für projektbezogene Untersuchungen möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Vögel. *Berichte zum Vogelschutz* 39: 77–94.
- Hüppop, O. & S. Garthe (2003): Offshore windfarms and marine birds: where are the hot spots in German waters? *Die Vogelwarte* 42: 16–17.
- Ihde, S., E. Vauk-Hentzelt, R. Akkermann, K.-H. Loske, J. Kaatz, M. Schreiber & M. Reichenbach (1999): *Vogelschutz und Windenergie – Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen*. Ihde, S. & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.). Bundesverband Windenergie, Osnabrück. 155 S.
- Jedicke, E. (1997): Windmühlen von heute – ein Zielkonflikt des Naturschutzes. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 29: 196.
- Johnson, G. D., D. P. Young Jr., W. P. Erickson, C. E. Derby, M. D. Strickland & R. E. Good (2000): *Wildlife Monitoring Studies: SeaWest Windpower Project, Carbon County, Wyoming: 1995–1999*. WEST, Inc. for SeaWest Energy Corporation and Bureau of Land Management, Cheyenne, USA. 195 S.
- Johnson, G. D., W. P. Erickson, M. D. Strickland, M. F. Sheperd, D. A. Sheperd & S. A. Sarappo (2002): Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale windpower development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* 30: 879–887.
- Justka, K. & E. Bruns (1995): Naturschutzfachliche Beurteilung der Windenergienutzung im Land Brandenburg. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 4: 4–12.
- Kaatz, J. (1999): Einfluss von Windenergie auf das Verhalten der Vögel im Binnenland. S. 52–60 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): *Vogelschutz und Windenergie: Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen*. Bundesverband WindEnergie e.V., Osnabrück, Bremen.
- Kelm, H. J. (1978): Sendemast auf Sylt als Vogelfalle. *Corax* 6: 56–57.
- Kersten, G. (1996): Windenergie und Naturschutz. *Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte* 9 (3): 16–17.
- Ketzenberg, C. & K.-M. Exo (1997): Windenergie und Raumansprüche von Küstenvögeln. *Natur und Landschaft* 72: 352–357.
- Ketzenberg, C., K.-M. Exo, M. Reichenbach & M. Castor (2002): Einfluss von Windkraftanlagen auf brütende Wiesenvögel. *Natur und Landschaft* 77: 144–153.
- Kleinschmidt, V., N. Schauerte-Lüke & R. Bergmann (1994): Rahmenkonzept für Windkraftanlagen und –parks im Binnenland. Ein Beispiel aus Nordrhein-Westfalen. *Natur und Landschaft* 69: 9–18.
- Knake, M. (1996): Wie eine Landschaft unter die Windräder gekommen ist. *Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte* 9 (3): 22–23.
- Knake, M. (1997): Von Wind, Politik und Geld: Windenergie im Weser-Ems-Gebiet. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 29: 215–216.
- Koop, B. (1997): Vogelzug und Windenergieplanung. Beispiele für Auswirkungen aus dem Kreis Plön (Schleswig-Holstein). *Naturschutz und Landschaftsplanung* 29: 202–207.

- Koop, B. (1999): Windkraft und Vogelzug im Kreis Plön. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 4: 25–32.
- Korn, M. & E. Scherner (2000): Raumnutzung von Feldlerchen (*Alauda arvensis*) in einem "Windpark". Natur und Landschaft 75: 74–75.
- Kowallik, C. & J. Borbach-Jaene (2001): Windräder als Vogelscheuche? – Über den Einfluss der Windkraftnutzung in Gänsestgebieten an der nordwestdeutschen Küste. Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen 33: 97–102.
- Kruckenber, H. (2002): Rotierende Vogelscheuchen – Vögel und Windkraftanlagen. Falke 49: 336–342.
- Kruckenber, H. & J. Jaene (1999): Einfluss eines Windparks auf die Verteilung weidender Blässgänse im Rheiderland (Landkreis Leer, Niedersachsen). Natur und Landschaft 74: 420–427.
- Kruckenber, H. & J. Borbach-Jaene (2001): Auswirkungen eines Windparks auf die Raumnutzung nahrungssuchender Blässgänse - Ergebnisse aus einem Monitoringprojekt mit Hinweisen auf ökoethologischen Forschungsbedarf. Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen 33: 103–109.
- Kunz, S., J. Remund, D. Wittwer & H. Buser (1998): Planung von Windenergieanlagen: Leitfaden für die Schweiz – Bausteine einer Windenergie-Strategie. Bundesamt für Energie, Bern. 63 S.
- Lammen, C. & E. Hartwig (1994): Vogelschlag an einem Sendemast auf Sylt: Ein Vergleich zu Windkraftanlagen. Seevögel 15: 1–4.
- Langewiesche, K. & M. Theis (2003): Schwerpunktthema Windenergie und Naturschutz: Windkraft in Baden-Württemberg. Naturschutz Info 3/2002 und 1/2003: 5–14.
- Langraf, B. (2000): Windenergie in Europa: Was bringen Gesetzgebung und Förderungsmassnahmen? S. 63–95 in: G. Schneider (Hrsg.): Energiepolitik zwischen Nachhaltigkeit und Liberalisierung. Forum der Weiterbildung in Ökologie 2000. Rüegger, Zürich.
- Langston, R. W. H. & J. D. Pullan (2003): Windfarms and Birds: An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. RSPB and BirdLife International (eds). Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Standing Committee, 23rd meeting, Strasbourg, F. 50 S.
- Larkin, R. O. & B. A. Frase (1988): Circular paths of birds flying near a broadcasting tower in cloud. Journal of Comparative Psychology 102: 90–93.
- Larsen, J. K. & J. Madsen (2000): Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by Pink-footed Geese (*Anser brachyrhynchus*): A landscape perspective. Landscape Ecology 15: 755–764.
- Larsen, J. K. & P. Clausen (2002): Potential wind park impacts on Whooper Swans in winter: the risk of collision. Waterbirds 25: 327–330.
- Leddy, K. L., K. F. Higgins & D. E. Naugle (1999): Effects of wind turbines on upland nesting bird in Conservation Reserve Program grasslands. Wilson Bulletin 111: 100–104.

- Loske, K.-H. (1999): Konflikte zwischen der Vogelwelt und Windenergienutzung im Binnenland. S. 43–51 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): Vogelschutz und Windenergie: Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen. Bundesverband WindEnergie e.V., Osnabrück, Bremen.
- Loske, K.-H. (2000a): Verteilung von Feldlerchenrevieren (*Alauda arvensis*) im Umfeld von Windkraftanlagen - Beispiel von der Paderborner Hochfläche. Falke 47: 163.
- Loske, K.-H. (2000b): Verteilung von Feldlerchenrevieren (*Alauda arvensis*) im Umfeld von Windkraftanlagen – Beispiel von der Paderborner Hochfläche. Charadrius 36: 36–42.
- Lowther, S. (2000): The european perspective: Some lessons from case studies. Proceedings of the National Avian Wind Power Planning Meeting III, San Diego (1998): 115–124.
- Madsen, P. S. & J. W. Bonefeld (2000): Offshore wind farms - Danish experiences and plans. Colloque national éolien, Narbonne, F. 6 S.
- Magrini, M. (2003): Considerazioni sul possibile impatto degli impianti eolici sulle popolazioni di rapaci dell'Appennino umbro-marchigiano. Avocetta 27: 145.
- Marchesi, L., P. Pedrini, F. Sergio & R. Garavaglia (2001): Impatto delle linee elettriche sulla produttività di una popolazione di Gufo reale *Bubo bubo*. Avocetta 25: 130.
- Marti Montes, R. & L. Barrios Jaque (1995): Effects of wind turbine power plants on the avifauna in the Campo de Gibraltar Region. Summary and final report. SEO/BirdLife International, Madrid, SP. 20 S.
- Meek, E. R., J. B. Ribbands, W. G. Christer, P. R. Davy & I. Higginson (1993): The effects of aero-generators on moorland bird populations in the Orkney Islands, Scotland. Bird Study 40: 140–143.
- Mielke, B. (1996): Räumliche Steuerung bei der Planung von Windenergie-Anlagen; Berücksichtigung von Naturhaushalt und Landschaftsbild. Naturschutz und Landschaftsplanung 28: 101–107.
- Musters, C. J. M., M. A. W. Noordervliet & W. J. Ter Keurs (1996): Bird casualties caused by a wind energy project in an estuary. Bird Study 43: 124–126.
- Müller, H. H. (1981): Vogelschlag in einer starken Zugnacht auf der Off-shore-Forschungsplattform "Nordsee" im Oktober 1979. Seevögel 2: 33–37.
- Nath, C. (1997): Potential für die Offshore-Aufstellung von Windenergieanlagen. Naturschutz und Landschaftsplanung 29: 211–215.
- Naturschutzbund Deutschland (NABU) (1999): Positionspapier für eine zukünftige Energieversorgung. S. 95–97 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): Vogelschutz und Windenergie: Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen. Bundesverband WindEnergie e.V., Bonn.
- Neau, P., J.-P. Pagès & S. Albouy (1999): Du ciel pour tout le monde. Délégation Aude de la Ligue pour la Protection des Oiseaux, Géokos Consultants et Abies – Bureau d'étude énergie et environnement, Gardouch, F. 3 S.
- Noer, H., T. K. Christensen, I. Clausager & I. Krag Petersen (2000): Effects on birds of an offshore wind park at Horns Rev: Environmental impact assessment. K. Laursen (ed.). NERI

- Report. National Environmental Research Institute; Ministry of Environment and Energy, Kalo, Denmark. 110 S.
- Osborne, R. G., K. F. Higgins, R. E. Usgaard, C. D. Dieter & R. D. Neiger (1999): Bird mortality associated with wind turbines at the Buffalo Ridge Wind Resource Area, Minnesota. *The American Midland Naturalist* 143: 41–52.
- Otzen, C. & F. Heydemann (1998): Anspruch und Wirklichkeit der Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland. Naturschutzverband Schleswig-Holstein, Kiel. 11 S.
- Pedersen, M. B. & E. Poulsen (1991a): Impact of a 90 m/2 MW wind turbine on birds. Avian responses to the implementation of the Tjaereborg Wind Turbine at the Danish Wadden Sea. *Danmarks Miljøundersøgelser* 1–44. (Dänisch mit engl. Summary).
- Pedersen, M. B. & E. Poulsen (1991b): Impact of a 90 m/2 MW wind turbine on birds: Avian responses to the implementation of the Tjaerborg Wind Turbine at the Danish Wadden Sea. *Danske Vildtundersøgelser* 47: 1–44. (Dänisch mit engl. Summary).
- Percival, S. M. (2000): Birds and wind turbines in Britain. *British Wildlife* 12: 8–15.
- Percival, S. M. (2001): Assessment of the effects of offshore wind farms on birds. Department of Trade and Industry (DTI) (ed.), London, UK. Sustainable Energy Programmes, 96 S.
- Pitches, A. (2004): RSPB threatens legal action against windfarms. *British Birds* 97: 205.
- Poot, M., H. Wendeln, V. J. Belle, H. Schekkermann, V. S. Lieshout, C. Ketzenberg, J. Dierschke, S. Gruber & L. S. Buurma (2003): The use of marine surveillance radars in risk assessment bird studies in relation to wind turbines: a detection capacity test and methodological limitations. *Die Vogelwarte* 42: 18–19.
- Reichenbach, M. (2003): Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel - Ausmass und planerische Bewältigung. Dissertation an der Technischen Universität Berlin. 207 S.
- Reichenbach, M. & U. Schadeck (2001): Langzeituntersuchungen zum Konfliktthema "Windkraft und Vögel", 1. Zwischenbericht. ARSU GmbH Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung, Oldenburg, D. 83 S.
- Robyr Soguel, D. & H. R. Henz (2001): Die Berücksichtigung der Windenergie in der Richt- und Nutzungsplanung. Bundesamt für Energie, Bern. 39 S.
- Rodts, J. (1999): Eoliennes et protection des oiseaux: un dilemme! *L'homme et l'oiseau* 37: 110–123.
- Roux, D., A. Le Bot & J. Clement (2002): Impact des éoliennes sur les oiseaux: Synthèse des connaissances actuelles. Office national de la Chasse et de la Faune sauvage (ed.). Direction des études et de la recherche, CNERA, Avifaune migratrice, Nantes. 152 S.
- Royal Society for the Protection of Birds, L. Campbell & R. W. H. Langston (1999): Wind farms and birds. Information and discussion notes for RSPB conservation staff, section 1-5. RSPB, Sandy. 38 S.
- Rössler, M. & A. Ranner (2003): Windkraft: Sturmwarnung für den Vogelschutz? *Vogelschutz in Österreich* 18: 8–10.
- Rössler, M. & G. Frank (2004): Analyse möglicher Konflikte zwischen Windkraftnutzung und Vogelschutz im pannonischen Raum Nieder-Österreichs: Konfliktanalyse und Tabuzonenausweisung. *BirdLife Österreich*, Wien. 91 S.

- Runge, K. (2001): Inhalte der Umweltverträglichkeitsprüfung von Offshore-Windparks – ein Überblick zum gegenwärtigen Wissensstand. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 33: 162.
- Sachslehner, L. & H. P. Kollar (1997): Vogelschutz und Windkraftanlagen in Wien. Stadt Wien, Magistratsabteilung 22 - Umweltschutz, Wien. 40 S.
- Scherner, E. R. (1999): Windkraftanlagen und "wertgebende Vogelbestände" bei Bremerhaven: Realität oder Realsatire? *Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens* 52: 121–153 .
- Schicker, J. (1997): Experimentelle Untersuchung zur Verweildauer von Vogelkadavern unter Hochspannungsfreileitungen. *Zeitschrift für Vogelkunde und Naturschutz in Hessen - Vogel und Umwelt, Sonderheft* 147–155 .
- Schreiber, M. (1993a): Windkraftanlagen und Watvogel-Rastplätze: Störungen und Rastplatzwahl von Brachvogel und Goldregenpfeifer. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 25: 133–139.
- Schreiber, M. (1993b): Zum Einfluss von Störungen auf die Rastplatzwahl von Watvögeln. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 13: 161–169.
- Schreiber, M. (1996): Ansätze zur Konfliktminimierung beim Ausbau der Windenergienutzung. *Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte* 3: 33–37.
- Schreiber, M. (1999): Windkraft als Störungsquelle für Gastvögel am Beispiel von Blässgans (*Anser albifrons*) und Lachmöwe (*Larus ridibundus*). *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 39–48.
- Schreiber, M. (2000): Windkraftanlagen als Störquelle für Gastvögel. in: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturschutzverträglichen Windkraftanlagen. Bundesamt für Naturschutz, Bonn. 3–54.
- SEO BirdLife International (1994): Postura de SEO/BirdLife ante la energía eólica. *Quercus* 102: 21.
- Sinclair, K. (2001): Status of avian reasearch at the National Renewable Energy Laboratory. National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado. 10 S.
- Sinning, F. (1999): Ergebnisse von Brut- und Rastvogeluntersuchungen im Berich des Jade-Windparks und DEWI-Testfeldes in Wilhelmshaven. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 61–70.
- Sinning, F. & D. Gerjets (1999): Untersuchung zur Annäherung rastender Vögel an Windparks in Nordwestdeutschland. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*. 4: 53–60.
- Sommerhage, M. (1997): Verhaltensweisen ausgewählter Vogelarten gegenüber Windkraftanlagen auf der Vasbecker Hochfläche (Landkreis Waldeck-Frankenberg). *Vogelkundliche Hefte Edertal* 23: 104–109.
- Söker, H., K. Rehfeldt, F. Santjer, M. Strack & M. Schreiber (2000): Offshore Wind Energy in the North Sea: Technical Possibilities and Ecological Considerations - a study for Greenpeace. Greenpeace Deutschland, Hamburg. 85 S.
- Stübing, S. (2002): "Vogelquirle" oder sanfte Energie? Windkraftanlagen in der Kontroverse. S. 198–213 in: H. H. Bergmann & S. Klaus (Hrsg.): Der Falke-Taschenkalender für Vogelbeobachter 2003. Aula-Verlag, Wiebelsheim.

- Stübing, S. (2003): Reaktionen tagziehender Vögel auf Windkraftanlagen in Mittelgebirgen am Beispiel des Vogelsbergs (Mittelhessen). *Die Vogelwarte* 42: 250.
- Stübing, S. & H. W. Bohle (2001): Untersuchung zum Einfluss von Windenergieanlagen auf Brutvögel im Vogelberg (Mittelhessen). *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen* 33: 111–118.
- Sunyer, C. (1994): El impacto ambiental de la energía eólica en España. *Quercus* 102: 16–20.
- Thelander, C. G. & L. Rugge (2000): Avian risk behavior and fatalities at the Altamont Wind Resource Area. National Renewable Energy Laboratory NREL, Golden, Colorado. 23 S.
- Van der Winden, J., A. L. Spaans & S. Dirksen (1999): Nocturnal collision risks of local wintering birds with wind turbines in wetlands. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 33–38.
- Walter, G. & H. Brux (1999): Erste Ergebnisse eines dreijährigen Brut- und Gastvogelmonitorings (1994–97) im Einzugsbereich von zwei Windparks im Landkreis Cuxhaven. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 81–106.
- Walter, G. & H. Brux (2000a): Ergebnisse eines fünfjährigen Brut- und Gastvogelmonitorings (1994–1999) im Einzugsbereich des Windparks Misselwarden (Lk. Cuxhaven). *Energiekontor Windkraft GmbH und Co., Bremerhaven*. 6 S.
- Walter, G. & H. Brux (2000b): Ergebnisse eines fünfjährigen Brut- und Gastvogelmonitorings (1994–1999) im Einzugsbereich des Windparks Wremen-Grauwallkanal (Lk. Cuxhaven). *Energiekontor Windkraft GmbH und Co., Bremerhaven*. 6 S.
- Wendeln, H. & O. Hüppop (2003): Adjustment of flight altitudes to weather conditions measured by vertically operated ship radars. *Die Vogelwarte* 42: 18.
- Winkelman, J. E. (1985): Bird impact at middle-sized wind turbines on flight behavior, victims and disturbance. *Limosa* 58: 117–121.
- Winkelman, J. E. (1989): Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden ganzen en zwanen. *Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem*. 169 S.
- Winkelman, J. E. (1990): Vogelslachtoffers in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase en half-operationele situaties (1986–89). *Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Leersum en Texel*. 74 S.
- Winkelman, J. E. (1992): De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. *DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen*.
- Winkelman, J. E. (1995): Bird/windturbine investigations in Europe. In: *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting*, 43–121. National Windpower Coordinating Committee, Washington.
- Zeiler, H. (2002): Windkraft und Wildtier. *Der Anblick* 4: 25–28.
- Zeiler, H. & V. Berger (2004): Windräder, ein Risiko für Wildtiere? *Weidwerkstatt-Wildforschung* Heft 1: 1–8.
- Zucco, C. & T. Merck (2004): Ökologische Effekte von Offshore-Windkraftanlagen: Eine Übersicht zur aktuellen Kenntnislage (Stand: März 2004). *Naturschutz und Landschaftsplanung* 36: 261–269.

5.2 Zitierte Literatur weitere Grundlagen

- Bollmann, K., V. Keller, W. Müller & N. Zbinden (2002): Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme in der Schweiz. *Der Ornithologische Beobachter* 99: 301–320.
- Bruderer, B. (1982): Do migrating birds fly along straight lines? S. 3–14 in: F. Papi (ed.): *Avian Navigation*. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg.
- Bruderer, B. (1996): Vogelzugforschung im Bereich der Alpen 1980–1995. *Der Ornithologische Beobachter* 93: 119–130.
- Bruderer, B. & L. Jenni (1988): Strategies of bird migration in the area of the Alps. *Acta XIX Congressus Internationalis Ornithologici*, Ottawa 1986. 2150 – 2161.
- Bruderer, B. & F. Liechti (1990): Richtungsverhalten nachziehender Vögel in Süddeutschland und der Schweiz unter besonderer Berücksichtigung des Windeinflusses. *Der Ornithologische Beobachter* 87: 271–293.
- Bruderer, B. & L. Jenni (1990): Migration across the Alps. S. 60–77 in: E. Gwinner (ed.): *Bird migration*. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg.
- Dändliker, G., P. Durand, N. Naceur & C. Neet (1996): Contribution à l'étude et à la protection des Grands tétas du Jura vaudois. *Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 19: 175–236.
- Haller, H. (1978): Zur Populationsökologie des Uhus *Bubo bubo* im Hochgebirge: Bestand, Bestandsentwicklung und Lebensraum in den Rätischen Alpen. *Der Ornithologische Beobachter* 75: 237–265.
- Heer, L., V. Keller, H. Schmid & W. Müller (2000): Important Bird Areas der Schweiz. *Der Ornithologische Beobachter* 97: 281–302.
- Ingold, P. (2005): Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere. Haupt-Verlag Bern. 516 S.
- Keller, V. (1995): Auswirkungen menschlicher Störungen auf Vögel – ein Literaturübersicht. *Der Ornithologische Beobachter* 92: 3–38.
- Keller, V. & K. Bollmann (2001): Für welche Vogelarten trägt die Schweiz eine besondere Verantwortung? *Der Ornithologische Beobachter* 98: 323–340.
- Keller, V., N. Zbinden, H. Schmid & B. Volet (2001): Rote Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und Schweizerische Vogelwarte. Bern und Sempach. 57 S.
- Leclercq, B. & J. Roche (1992): Des forêts pour le Grand Tétrás. P.N.R. Haut Jura et P.N.R. Ballon des Vosges. 48 S.
- Liechti, F. (1993): Nächtlicher Vogelzug im Herbst über Süddeutschland: Winddrift und Kompensation. *Journal für Ornithologie* 134: 373–404.
- Liechti, F. & B. Bruderer (1986): Einfluss der lokalen Topographie auf nächtlich ziehende Vögel nach Radarstudien am Alpenrand. *Der Ornithologische Beobachter* 83: 35–66.
- Liechti, F., B. Bruderer, R. Lardelli & D. Peter (1995): The Alps, a weather dependent obstacle for nocturnal autumn migration? *Avocetta* 19: 68.

- Liechti, F., D. Peter, R. Lardelli & B. Bruderer (1996): Herbstlicher Vogelzug im Alpenraum nach Mondbeobachtungen - Topographie und Wind beeinflussen den Zugverlauf. *Der Ornithologische Beobachter* 93: 131–152.
- Liechti, F., D. Peter, R. Lardelli & B. Bruderer (1996): Die Alpen, ein Hindernis im nächtlichen Breitfrontzug - eine grossräumige Übersicht nach Mondbeobachtungen. *Journal für Ornithologie* 137: 337–356.
- Marti, C. (1998): Auswirkungen von Freileitungen auf Vögel - Dokumentation. Schriftenreihe Umwelt Nr. 292: 1–90.
- Oelke, H. (1968): Wo beginnt bzw. endet der Biotop der Feldlerche? *Journal für Ornithologie* 109: 25–29.
- Rubolini, D., E. Bassi, G. Bogliani, P. Galeotti & R. Caravaglia (2001): Eagle Owl *Bubo bubo* and power line interactions in the Italian Alps. *Bird Conservation International* 11: 319–324.
- Rüsch, E. & B. Bruderer (1981): Einfluss der Topographie auf nächtlich ziehende Vögel. *Revue Suisse de Zoologie* 88: 865–874.
- Stock, M., H. H. Bergmann, H. W. Helb, V. Keller, R. Schnidrig-Petrig & H. C. Zehnter (1994): Der Begriff Störung in naturschutzorientierter Forschung: ein Diskussionsbeitrag aus ornithologischer Sicht. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 3: 49–57.
- Zehnder, S., F. Liechti, B. Trösch & B. Bruderer (2001): Gibt es topographie-unabhängigen Nachtzug über den Alpen? *Der Ornithologische Beobachter* 98: 215–222.

5.3 Weitere Literatur Windkraftanlagen und Vögel

- Alonso, J. C., J. A. Alonso & R. Muñoz-Pulido (1993): Mitigation of bird collisions with transmission lines through groundwire marking. *Biological Conservation* 67: 129–134.
- American Wind Energy Association (2000): Save the loon with wind energy: comparative impacts of wind and other energy sources on wildlife. American Wind Energy Association, Washington, D.C.
- American Wind Energy Association (2003): Facts about wind energy and birds. American Wind Energy Association, Washington, D.C. 1–5.
- Arbeitsgruppe Eingriffsregelung der Landschaftsanstalten und -ämter und des Bundesamtes für Naturschutz (1996): Empfehlungen zur Berücksichtigung der Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege beim Ausbau der Windkraftnutzung. *Natur und Landschaft* 71: 381–385.
- Aretz, A. (2003): Windenergie – Methodischer Ansatz zur Bewertung des Umweltnutzens. *Gaia* 12: 62–63.
- Barth, S., H. Baumeister & M. Schreiber (1997): Windkraft – Leitfaden für die kommunale Planung unter besonderer Berücksichtigung von Naturschutzbelangen. Institut für Umweltrecht Bremen (Hrsg.). Rhombos-Verlag, Berlin. 52 S.
- Battefeld, K.-U. (1997): Naturschutzrechtliche Beurteilung und Behandlung von Windkraftanlagen; dargestellt am Beispiel des Landes Hessen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 29: 207–210.

- Behnke, J. (1996): Technische Möglichkeiten und Grenzen bei der Nutzung von Windenergie. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9: 2–5.
- Behnke, J. (1996): Die Vermeidung von Umweltbelastung bei der Energiegewinnung durch Windkraft. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9: 28–30.
- Binswanger, H.-C. (1999): Windenergie – eine erneuerbare Energie im Widerstreit. Gaia 8: 113.
- Binswanger, H.-C. (2003): Eine neue Gefahr für die Landschaft – Die Tücken der Windenergie. Neue Zürcher Zeitung 21.02.2003: 14.
- BirdLife Österreich (2004): Windkraftnutzung im Österreichischen Alpenraum. BirdLife Österreich, Wien. 4 S.
- Bund deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) (2003): Windenergieanlagen – Handlungsempfehlungen des BDLA. www.bdla.de (15.3.05).
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (1996): Naturschutz und Windenergie; Positionspapier des BUND. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 3: 18–21.
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) (1999): Mögliche Beeinträchtigung von Natur, Landschaft und Mensch. S. 83–86 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen. Vogelschutz und Windenergie. Bundesverband WindEnergie e.V., Osnabrück.
- Byrne, S., L. Spiegel, R. Therkelsen & G. Klein (2000): Bird Strike Monitor. California Energy Commission, San Ramona. 30 S.
- Clausager, I. & H. Nohr (1995): Vindmøllers indvirkning på fugle. Status over viden. Danmarks Miljøundersøgelser Faglig rapport 147: 1–51.
- Dattke, V. & H. H. Sperber (1994): Windkraftanlagen und Landschaftsbild – Methode zur Simulation der Wirkung von Windkraftanlagen auf das Landschaftsbild und zu ihrer Bewertung. Naturschutz und Landschaftsplanung 26: 179–184.
- Dedon, M., R. Yorck, R. Therkelsen & G. Klein (1999): Reducing wildlife interactions with electrical distribution facilities. 55 S. California Energy Commission, San Francisco.
- Dillon Consulting Ltd. (2000): Wind turbine environmental assessment Vol. 1. 78 S. TREC and Toronto Hydro, Toronto.
- Dohmen, F. & F. Horming (2004): Die grosse Luftnummer. Der Spiegel, 14/2004. Spiegel-Verlag, Hamburg. 18 S.
- Dörner, H. (2003): Windenergie ein Flop? Gaia 12: 59–60.
- Egert, M. & M. Jedicke (2001): Akzeptanz von Windenergieanlagen – Ergebnisse einer Anwohnerbefragung unter besonderer Berücksichtigung der Beeinflussung des Landschaftsbildes. Naturschutz und Landschaftsplanung 33: 373–381.
- Eikhorst, W. & K. Handke (1999): Empfehlungen zu Rastvogelerhebungen bei Windparkplanungen – Erfahrungen aus dem Bremer Becken am Beispiel des Kiebitz (*Vanellus vanellus*) und Pfeifente (*Anas penelope*). Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 4: 123–142.

- El Ghazi, A., J. Franchimont, S. Albouy & P. Neau (2001): Evaluation de l'impact du Parc Eolien d'Al Koudia la Balida (Maroc) sur l'avifaune migratrice post-nuptiale. Groupe d'Ornithologie du Maroc Gomac und Abies, Meknes und Gardouch. 61 S.
- Evans, W. R. (2000): Application of acoustic bird monitoring for the wind power industry. National Avian - Wind Power Planning Meeting III, San Diego (1998): 141–152.
- Everwien, F. (1996): Konfliktfelder: Naturschutz – Windkraftanlagen. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9 (3): 24.
- Garcia Ortega, J. L. (2000): Energia eolica: Planteamiento de Greenpeace España. Greenpeace España, Madrid.
- Görlich, A. (1996): Erfahrung bei der Erstellung ökologischer Gutachten für Windparks. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9 (3): 46–47.
- Greenpeace (1999): Positionspapier zur Nutzung der Windenergie. S. 86–88 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): Vogelschutz und Windenergie: Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen. 86–88. Bundesverband WindEnergie e.V., Osnabrück.
- Heck, W. (1999): Die Windenergie im Energiemix – das Substitutionsziel verfehlt. Gaia 8: 119–121.
- Hill, R., O. Hüppop & W. Ruhe (2003): When, where, and how - bird migration over the western Baltic Sea as studied by military surveillance radar. Die Vogelwarte 42: 17–18.
- Hoischen, L. (1999): Gegen Windmühlen kämpfen? Gaia 8: 248.
- Horbaty, R. (2003): Wind – Überblicksbericht zum P+D-Programm 2002. Energie-Forschung 2002. 159–168.
- Imboden, D. (1999): Windenergie: Renaissance - und schon wieder in der Sackgasse (Editorial)? Gaia 8: 1.
- Institut für Landschafts- und Umweltplanung (2002): "Windenergie und Vögel – Ausmass und Bewältigung eines Konfliktes". 1. (vorläufige) Fassung. Technische Universität Berlin, Berlin. 128 S.
- Isselbacher, K. & T. Isselbacher (2001): Windenergieanlagen. S. 28–42 in: K. Richarz, E. Bezzel und M. Hormann (Hrsg.): Taschenbuch für Vogelschutz. Aula-Verlag, Wiebelsheim.
- Isselbacher, K. & T. Isselbacher (2001): Vogelschutz und Windenergie in Rheinland-Pfalz. Materialien 2/2001: 129–133. Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Oppenheim.
- Janss, G. (2000): Bird behavior in and near a wind farm at Tarifa, Spain: Management Considerations. Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego (1998): 110–114.
- Justka, K. (1996): Beurteilung von Windkraftanlagen auf Landesebene. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9 (3): 9–13.
- Kerlinger, P. (2000): Avian mortality at communication towers: a review of recent literature, research, and methodology. United States Fish and Wildlife Service, Office of Migratory Bird Management, Washington, D.C. 38 S.
- Kohler, S. (1996): Windenergie – eine ökologische und energiepolitische Notwendigkeit. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9 (3): 6–8.

- Köhler, J. (1996): Wege zu einer verträglich geordneten Entwicklung der Windenergienutzung. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9 (3): 31–32.
- Kress, A. & O. Renn (2003): Stichwort: Windenergie. Gaia 12: 56–57.
- Kriese, U. (1993): Akzeptanz und Umweltverträglichkeit von Windenergieparks. Eine Herausforderung an die Planungspraxis. Diplomarbeit (leicht überarb. Fassung). Institut für Landschaftspflege und Naturschutz, Universität Hannover, 6–149.
- Kuhn, D. (2003): Die Schweiz ist für die Windenergie ein steiniger Boden. Gaia 12: 58–59.
- Lekuona, J. M. (2001): Uso del Espacio por la Avifauna y Control de la Mortalidad de Aves y Murcielagos en los Parques Eolicos de Navarra durante un ciclo anual. Direccion General de Medio Ambiente (ed.). Navarra. 150 S.
- Lenz, S. (2004): Akzeptanz von Windenergieanlagen in der Erholungslandschaft. Naturschutz und Landschaftsplanung 35: 120–126.
- Löönd, K. (2004): Windräder, ein Risiko für Wildtiere? Jagd und Natur 8: 1.
- Mangels, K. (1997): Windenergie in der Raumplanung. Naturschutz und Landschaftsplanung 29: 217–218.
- Manville, A. M. (2000): The ABCs of avoiding bird collisions at communication towers: The next steps. Proceedings of the Avian Interactions Workshop, Dec. 2, 1999, Charlston SC, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA. 39 S.
- Morrison, M. L. & K. H. Pollock (1997): Development of a practical modeling framework for estimating the impact of wind technology on bird populations. National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado. 42 S.
- Morrison, M. L. (1998): Avian risk and fatality protocol. National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado. 8 S.
- Möller-Meinecke, M. (1997): Windenergieanlagen als aktuelle Planungsaufgabe. Naturschutz und Landschaftsplanung 29: 216 –217.
- Mühlner, G. (1996): Die Festlegung von Standorten für Windkraftanlagen – Planungshilfen für die Bauleitung. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 9: 38.
- National Wind Coordinating Committee (2000): Proceedings of the National Avian - Wind Power Planning Meeting III, San Diego, May 1998. National Wind Coordinating Committee, Washington. 199 S.
- National Wind Coordinating Committee (2001): Proceedings of the National Avian - Wind Power Planning Meeting IV. National Wind Coordinating Committee, Washington. 176 S.
- National Wind Coordinating Committee (2004): Conversation about the US Fish and Wildlife Service's interim guidance on avoiding or minimizing wildlife impacts from wind turbines. www.nationalwind.org/events/wildlife/2004-1/default.htm (15.3.05).
- Naturschutzbund Deutschland (NABU) (1996): Windenergie und Naturschutz. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 3: 25–27.
- Naturschutzverband Niedersachsen & Biologische Schutzgemeinschaft Hunte Weser-Ems (1999): Merkblatt. S. 89–94 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): Vogelschutz und

- Windenergie: Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen. Bundesverband WindEnergie e.V., Osnabrück.
- Nohl, W. (2001): Ästhetisches Erlebnis von Windkraftanlagen in der Landschaft - Empirische Untersuchungen mit studentischen Gruppen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 33: 365–372.
- Nonnenmacher, P. (2004): 130 Meter hohe Windräder im Vogelparadies. *Tagesanzeiger* 9.03.2004: 12.
- Norddeutsche Naturschutzakademie (Hrsg.) (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen, Endbericht. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte. 3/Sonderheft: 1–114.
- Piegsa, G. & R. Wernig (2000): Veränderung von Landschaftsbildern durch Windenergieanlagen – Versuch einer Fotodokumentation. *Natur und Landschaft* 7: 54–58.
- Pitches, A. (2004): BSPB opposes windfarm on prime migration route. *British Birds* 97: 51.
- Pitches, A. (2004): Windfarms threaten Great Bustards in Germany. *British Birds* 97: 51.
- Reichenbach, M. (1999): Der Streit um die Vogelscheuchen – ein Kampf gegen Windmühlen? Ein Diskussionsbeitrag zur Eingriffsbewertung im Konfliktfeld Windenergie und Vogelschutz. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 15–23.
- Reichenbach, M. (1999): Überlegungen zum planerischen Umgang mit dem Konflikt "Windkraft und Vogelwelt". S. 68–82 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): *Vogelschutz und Windenergie: Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen*. Bundesverband WindEnergie e.V., Osnabrück, Bremen.
- Richardson, W. J. (1994): Meeting Summary. National Wind Coordinating Committee, Washington, D.C. 22 S.
- Richardson, W. J. (2000): Bird migration and wind turbines: migration timing, flight behavior, and collision risk. *Proceedings of the National Avian - Wind Power Planning Meeting*. National Wind Coordinating Committee, Washington, D.C. 8 S.
- Rodewald, R. (2002): Windkraft und die Achillesferse Landschaftsschutz. *Natur und Mensch* 44 (1): 31–33.
- Royal Society for the Protection of Birds (1999): Wind farm guidance note. Royal Society for the Protection of Birds, Sandy, UK. 6 S.
- Schmied, W. & R. Horbaty (2004): *Suisse Eole - Jahresbericht 2003*. Suisse Eole - Schweizerische Vereinigung für Windenergie, Niederdorf. 22 S.
- Schnyder, S., H.-L. Schmid, P. Bodenmann, R. P. Buholzer, A. Bucher, B. Langraf, T. Kellner, C. Olivier, L. Schlapbach, A. Züttel, C. Nützenadel, P. Gröning & O. Gröning (2000): Energiepolitik zwischen Nachhaltigkeit und Liberalisierung. G. Schneider (Hrsg.). *Forum der Weiterbildung in Ökologie*. Rüegger, Chur. 152 S.
- Schreiber, M. (1999): Zur Notwendigkeit einer grossräumigen Steuerung der Windkraft im Nordseeküstenbereich. S. 61–67 in: S. Ihde & E. Vauk-Hentzelt (Hrsg.): *Vogelschutz und Windenergie: Konflikte, Lösungsmöglichkeiten und Visionen*. Bundesverband Wind-Energie e.V., Osnabrück, Bremen.

- Schreiber, M. (1999): Zur Notwendigkeit einer grossräumigen Steuerung der Windkraft im Nordseeküstenbereich. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 177–180.
- Schwahn, C. (2000): Zur landschaftspflegerischen Begleitplanung für Windenergieprojekte im Mittelgebirgsraum. *Natur und Landschaft* 75: 59–63.
- Sinning, F. & A. Theilen (1999): Empfehlungen zur Erfassungsmethodik und zur Darstellung von Ergebnissen ornithologischer Fachbeiträge im Rahmen der Planung von Windkraftanlagen. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 143–154.
- Sprötge, M. (1999): Entwicklung der Windenergienutzung und Anforderungen an planungsorientierte ornithologische Fachbeiträge. Ein Beitrag aus der Planungspraxis. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz* 4: 7–14.
- Steierwald, M. (2003): Windkraft und Landschaft. *Gaia* 12: 61–62.
- Straumann, F. (2004): Windräder ja - aber wo? *Ornis* 1/04: 15–17.
- Strickland, M. D., G. D. Johnson, W. P. Erickson, S. A. Sarappo & R. M. Halet (2004): Avian use, flight behavior and mortality on the Buffalo Ridge, Minnesota, Wind Resource Area. S. 70–79. In: National Wind Coordinating Committee (eds): *Proceedings of the National Avian - Wind Power Planning Meeting III*. Washington.
- Theis, M., M. Lämmle, K. Langewiesche, T. Wiedemann, P. Lutz & D. Kratsch (2003): *Naturschutz-Info*. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.). Naturschutz-Info Fachdienst Naturschutz, Karlsruhe. 19 S.
- Thomas, H. A. (1954): Some experiments with supersonic sound and birds at Liverpool Cathedral. *Merseyside National Association Bird Report 1953/54* : 26–28.
- Thomas, R. (2000): An assessment of the impact of wind turbines on birds at ten windfarm sites in the UK. *Sustainable Development International* 215–219.
- Thönen, W. (1999): Windenergie – was bringt sie uns und der Umwelt? *Natur und Mensch* 41 (6): 28–31.
- US Fish and Wildlife Service (2003): Memorandum: Service interim guidance on avoiding and minimizing wildlife impacts from wind turbines. www.fws.gov/r9dhcbfa/wind.pdf (15.03.05).
- Verhoef, J. P., C. A. Westra, H. Korterink & A. Curvers (2002): WT-Bird: A novel bird impact detection system. *Energy Research Centre of the Netherlands (ECN, eds), Petten*. 4 S.
- Vilbusch, J. (1997): Windenergienutzung in Regelwerken des Naturschutzes in den Bundesländern. Eingriffsregelung, Ausschluss, Abstände und Rückbau. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 29: 97–202.
- Vorwald, J. (1999): Eingriffe durch Windkraftanlagen; Vorschlag für ein Bewertungsverfahren im Rahmen der Leitbildmethode. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 31: 372–376.
- Wagner, H.-J. (1999): Emissionsminderung durch Windenergienutzung unter Kosten-Nutzen-Erwägungen – die Sichtweise eines Ingenieurs. *Gaia* 8: 122–125.
- Weise, R., M. Allendorf & S. Koch (2002): Windenergieanlagen und Landschaftsbild - Analyse einer Bevölkerungsumfrage in Thüringen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 34: 242–246.

- Weizsäcker, E. U. von (2004): Wir hätten schneller sein können. Langenthaler Tagblatt, Mittelland Zeitung. 2.6.04: 2.
- Wendt, U. (2003): Windkraft – Ökologischer Nutzen oder Etikettenschwindel? Gaia 12: 57–58.
- Winkelbrandt, A., R. Bless, M. Herbert, K. Kröger, T. Merk, B. Netz-Gerten, S. Schubert & B. Schweppe-Kraft (2000): Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturschutzverträglichen Windkraftanlagen. Bundesamt für Naturschutz, Bonn. 55 S.
- Winkelman, J. E. (1984): Vogelhinder door middelgrote Windturbines. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. 113 S.