

Abb. 20. Anzahl Vögel pro Stunde der Feldbeobachtungen (graue Säulen) verglichen mit der mittels Radar gemessenen, mittleren Flughöhe (Zeitfenster der Feldbeobachtungen).

5. Diskussion

5.1 Zugdichten

Die vorliegenden Radarbeobachtungen vom September und Oktober decken jenen Zeitraum ab, in welchem in der Schweiz normalerweise die höchsten Zugdichten beobachtet werden können (Baumgartner 1997, Zehnder et al. 2001, Komenda-*z* Zehnder et al. Im Druck). Aus dem schweizerischen Mittelland und dem Alpenraum liegen einige Studien über den Vogelzug vor, die hier zum Vergleich herangezogen werden können. Quantitative Angaben über die Zugdichte gibt es allerdings fast ausschliesslich für den nächtlichen Vogelzug. In einer einzigen Untersuchung wurden bisher auch Tagzugdaten quantitativ ausgewertet (Komenda-*z* Zehnder et al. Im Druck).

In der Schweiz wird der Vogelzug im Herbst zwischen Jurakette und Alpenkamm in Richtung Südwesten kanalisiert. Am Alpennordrand konzentriert sich der Vogelzug zusätzlich, da die Vögel den Alpen in Richtung Westen ausweichen (Liechti et al. 1996). Die in der vorliegenden Studie berechnete mittlere, nächtliche Zugdichte von 1'869 MTR liegt etwas höher als die in Südschweden ermittelte Zugdichte von 1'319 MTR, auch eine Studie mit kontinuierlichen Messungen (Zehnder et al. 2001). Im Val d'Illice (VS) wurde eine mittlere nächtliche Zugdichte von 1'010 MTR gemessen (Komenda-*z* Zehnder et al. Im Druck). Dies bestätigt die Konzentrationswirkung entlang des Alpennordrandes, die auch am Schwyberg auftritt. In früheren Studien wurde allerdings festgestellt, dass die Zugdichte deutlich stärker zwischen den Nächten schwanken kann als in der vorliegenden Untersuchung beobachtet wurde (Baumgartner & Bruderer 1985, Zehnder et al. 2001, Komenda-*z* Zehnder et al. Im Druck). Im Herbst 2009 fehlten die sonst üblicherweise auftretenden Schlechtwetterfronten, welche dazu führen, dass Vögel ihren Zug unterbrechen. Wenn anschliessend eine Wetterbesserung eintritt, sind oft ausserordentlich hohe Zugdichten festzustellen. Im Herbst 2009 wurden am Schwyberg maximale Zugdichten im September von rund 3'000 MTR und im Oktober von 5'000 MTR gemessen. Vergleichbare Werte wurden im schweizerischen Mittelland (2'800 MTR) und im Alpenvorland (4'500 MTR) mittels Mondbeobachtungen ermittelt, welche nur unter wolkenfreien Bedingungen möglich sind, also unter guten Zugbedingungen (Liechti et al. 1996). Der simultane Aufbruch von Zugvögeln nach einer Phase ungünstiger Zugbedingungen (Zugstau) könnte aber durchaus zu weit höheren Zugdichten am Schwyberg führen (Erni et al. 2002). Obwohl der saisonale Verlauf des Vogelzugs im Herbst 2009 vermutlich aussergewöhnlich gleichmässig ausgefallen ist, entspricht die Gesamtzahl an Zugvögeln Werten, die auch in anderen Jahren erwartet werden können.

Die Zugdichten vom Schwyberg am Tag können wir einzig mit Radarmessungen vom Val d'Illice vergleichen, einem nach SW ausgerichteten Alpental. Dort betrug die mittlere Zugdichte 120 MTR (Komenda-*z* Zehnder et al. Im Druck), während auf dem Schwyberg am Tag 563 MTR gemessen wurden. Die Ermittlung von Absolutwerten für den Tagzug ist mit Radar nicht möglich, weil es durch die Schwarmbildung von Zugvögeln am Tag nicht gelingt, die Anzahl Echos quantitativ auszuwerten. Wenn wir annehmen, dass jedes Echo drei Vögel darstellt (Median der Schwarmgrössen der Feldbeobachtungen), liegen die Tagzugdichten im ähnlichen Bereich wie die Nachtzugdichten. Diese Schätzung ist vermutlich etwas zu hoch, da davon auszugehen ist, dass aufgrund der besseren Sichtbarkeit grosse Schwärme in den Tagzugbeobachtung besser repräsentiert sind als kleinere Trupps und einzeln fliegende Vögel. Durch die Unsicherheit in der Interpretation der Radarmessungen am Tag ist der Vergleich der Zugdichten im zeitlichen Verlauf bzw. zwischen Tag und Nacht mit Vorbehalten behaftet.

Die Zugdichte am Schwyberg zeigte einen klaren Zusammenhang mit der Windrichtung und -stärke. Je stärker der Wind in Zugrichtung blies (Rückenwind), umso höher war die Zugdichte. Bei 5 m/s Rückenwind war die Zugdichte rund doppelt so hoch als bei 5 m/s Gegenwind.

Wir fanden keinen gesicherten Zusammenhang zwischen den Feldbeobachtungen am Tag und den Radardaten. Dies mag einerseits am beschränkten Erfassungsbereich bei Feldbeobachtungen mit optischen Hilfsmitteln liegen. Dies zeigt sich daran, dass die Anzahl beobachteter Vögel bei geringerer Flughöhe und grösserer Streuung der Flughöhe stieg. Andererseits scheint es, dass Vögel - kleinräumig gesehen - nach einem zufälligen Muster über die Krete des Schwybergs ziehen. Insbesondere bei Auftreten von Schwärmen führt dies zu starken Unterschieden in den Beobachtungszahlen an verschiedenen Beobachtungspunkten. Harmata et al. (1999) konnten zeigen, dass mit Radar gemessene Zugintensitäten zwölfmal höher waren als mit visuellen Beobachtungen ermittelte Werte. Der Beitrag der Feldbeobachtungen in der Studie am Schwyberg besteht also nicht primär in der Quantifizierung des Vogelzuges, sondern in der Bestimmung der Vogelarten und der Information über das Flugverhalten bodennaher Zugvögel (Flugrichtung, Vergleich zwischen Standorten).

5.2 Flughöhen

Generell war die mittlere Flughöhe am Tag tiefer als in der Nacht. Dies entspricht dem Befund aus früheren Studien (Bruderer & Liechti 1998, Komendant & Lehner et al. Im Druck). Abweichend davon gab es aber Phasen, in denen die Zugvögel am Tag und in der Nacht in ähnlichen Höhenbereichen flogen. Es kam aber nie vor, dass Zugvögel in der Nacht klar tiefer flogen als am Tag.

Die Flughöhe zeigte in der Nacht einen klaren Zusammenhang mit dem Rückenwind. Bei stärkeren Winden in Zugrichtung flogen die Vögel generell höher. Bei Rückenwind lohnte es sich offenbar aufzusteigen, um die zunehmende Windstärke auszunutzen. Oder aber die Vögel wählten tiefere Flughöhen bei ungünstigen Windbedingungen, weil in tieferen Schichten die Winde meist schwächer sind. Ohne auf ursächliche Zusammenhänge eingehen zu wollen, beobachteten wir mit zunehmender mittlerer Flughöhe abnehmende Anteile der Zugdichte im Höhenbereich der geplanten WEA. Tagsüber wirkten sich zunehmende Rückenwinde nicht auf die Flughöhe aus. Am Tag fliegen Zugvögel offenbar generell tiefer, unabhängig von der Wertsituation. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass am Tag thermische Aufwinde verhindern, dass die für Zugvögel günstigen, laminaren Luftströmungen entstehen können. Zudem sind die Zugstappen der Tagzieher meist kürzer, was das Suchen nach günstigen Höhenwinden beschränkt. Ein klarer Zusammenhang zeigte sich zwischen dem Anteil der Zugdichten im Höhenbereich der geplanten WEA und der mittleren Flughöhe: Je tiefer die Vögel flogen, umso grösser war der Anteil der Zugdichte im Höhenbereich der geplanten WEA. Dieser Zusammenhang war am Tag schwächer als in der Nacht.

5.3 Zugrichtungen

Die generelle Zugrichtung nach SW wird lokal durch die Topographie beeinflusst (Bruderer 1996). Mit der hier verwendeten Radarmethode mit fixem Radarstrahl konnte die Flugrichtung nicht gemessen werden. Das Bild der Echos auf dem Monitor (waagrechte Echos bedeuten Flugrichtung nach SW, steigende Linien WSW, Beispiel in Abb. 4) zeigte jedoch, dass die meisten Vögel senkrecht zum Radarstrahl flogen, d.h. mit Zugrichtung 225° oder eher westlich davon. Die Feldbeobachtungen am Tag ergaben eine mittlere Zugrichtung von 245°, wobei die Richtungen auf dem Gross Schwyberg nach Westen abgelenkt waren und am Schatters Schwyberg eine südli-

chere Tendenz aufwie sen. Allerdings ist die Beobachtungsdistanz bzw.-höhe mittels optischer Geräte sehr beschränkt. Höher fliegende Vögel könnten also durchaus eine Flugrichtung gehabt haben, welche weniger durch die lokale Topographie beeinflusst wurde. Nachtzieher flogen generell höher. Deshalb können wir annehmen, dass der Effekt der lokalen Topographie auf die Zugrichtung für den Nachtzug geringer ist.

5.4 Artzusammensetzung

Eine Artenliste der über den Schwyberg ziehenden Zugvögel liegt nur für den Tagzug vor, weil diese Informationen nur mittels Feldbeobachtungen ermittelt werden können. Auch wenn Vögel mit optischen Hilfsmitteln nur innerhalb einer beschränkten Distanz identifiziert werden können, dürfen wir annehmen, dass die Resultate repräsentativ für den Tagzug sind. Die überwiegende Mehrheit der beobachteten Arten waren Singvögel. Lediglich 2,3 % des insgesamt beobachteten Tagzuges bestand aus Greifvögeln und Kormoranen. Von den beobachteten Singvögeln waren 98,2 % Kleinvögel und nur 1,8 % Vögel mit einem Gewicht über 100 g.

Die in dieser Studie verwendete Radarmethode (Fixed Beam) identifiziert die Vogeleos mit einem mathematischen Verfahren aufgrund der Echosignaturen (Flügelschlagmuster). Die Echosignaturen können aufgrund spezifischer Charakteristika in Gruppen klassiert, nicht aber auf Artniveau bestimmt werden. Diese Gruppen sind Singvögel, Wat- und Wasservögel und Segler. Von den identifizierten Vogeleos konnte ein grösserer Anteil der Nachteleos (81 %) als der Tageleos (43 %) klassiert werden. Dieser Unterschied liegt daran, dass Vögel am Tag häufig in Schwärmen auftreten. Die Überlagerung der Echos ergibt dann eine unklare Signatur. Greifvögel und andere Arten, welche auf dem Zug thermischen Aufwinden nutzen, ziehen nur am Tag. Diese Vogelarten können nicht aufgrund ihres Flugverhaltens klassiert werden, was auch zum grösseren Anteil unklassierbarer Echos am Tag beigetragen hat.

Innerhalb der klassierbaren Vogeleos war das Verhältnis Singvögel zu Wat-/ Wasservögel am Tag und in der Nacht ähnlich. Nur 1 bis 2 % der Echos wurde als Wat-/ Wasservögel klassiert, während die überwiegende Mehrheit (98 bis 99 %) als Singvögel klassiert wurde. Es gibt keine Flugcharakteristika, um Greifvögel mittels Radar zu bestimmen. Allerdings kann es durchaus sein, dass einzelne Greifvögel als Wat-/ Wasservögel klassiert wurden, wenn sie zufälligerweise im Schlagflug erfasst wurden. Obwohl Flügelschlagmerkmale vorliegen, um Segler aufgrund der Echosignaturen zu klassieren, haben wir keine festgestellt. Dies mag hauptsächlich daran liegen, dass diese Arten überwiegend bereits im August ziehen. Insgesamt bestätigten die Radarmessungen den Befund aus den Feldbeobachtungen, dass der überwiegende Anteil des Zugvolkens aus Singvögeln bestand.

6. Potenzielles Kollisionsrisiko

Das potenzielle Kollisionsrisiko hängt zunächst von der Stellung der Rotoren gegenüber der allgemeinen Zugrichtung ab. Die Angriffsfläche ist am grössten, wenn die Rotoren senkrecht zur Zugrichtung stehen und am geringsten, wenn sie parallel zur Zugrichtung stehen. Die Windrichtungen, die während der Beobachtungsperiode im Herbst 2009 auf dem Schwyberg gemessen wurden, zeigen eine bimodale Verteilung mit Winden aus Nordost und aus Südwest, wobei Nordostwinde dominieren (Abb. 21). Diese Achse entspricht relativ genau der mittleren Zugrichtung von 245°, welche am Schwyberg aufgrund der Feldbeobachtungen am Tag berechnet wurde. In früheren Untersuchungen wurden im schweizerischen Mittelland mittlere Flugrichtungen von 225° gemessen. Das Ergebnis vom Schwyberg zeigte, dass die Flugrichtung in den Vorläufen durch die Bergflanken westlich abgelenkt wird. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die WEA im Betrieb meistens senkrecht zur Zugrichtung der Vögel stehen. Deshalb beschränken wir uns in der Berechnung des Kollisionsrisikos zunächst auf die Situation, dass die Rotoren senkrecht zur Zugrichtung stehen.

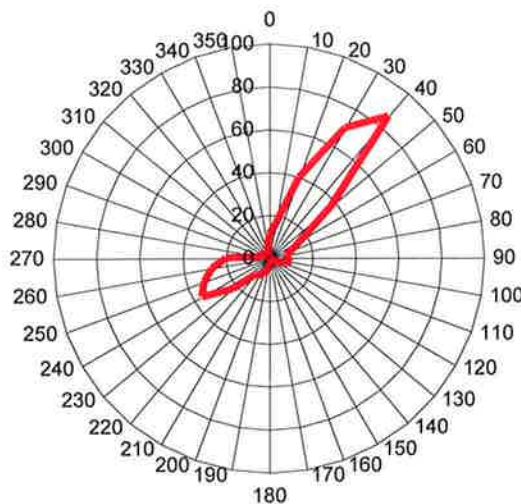


Abb. 21. Verteilung der mittleren Windrichtungen pro Stunde auf dem Schwyberg zwischen dem 1. August und dem 22. Oktober 2009.

Für die Einschätzung des Kollisionsrisikos gehen wir von zwei Extremsituationen aus: Das maximale Kollisionsrisiko ergibt sich dann, wenn wir annehmen, dass ein sich drehender Rotor für Vögel eine undurchdringliche Fläche darstellt. In diesem Fall beträgt die Fläche einer WEA 5'548 m² (Abb. 22) bzw. rund 50'000 m² für neun WEA. Das minimale Kollisionsrisiko ergibt sich, wenn nur das direkte Auftreffen auf ein Rotorblatt zu einer Kollision führt, d.h. das Kollisionsrisiko beschränkt sich auf die tatsächliche Fläche des Rotors. In diesem Fall beträgt die Fläche einer WEA 575 m² bzw. rund 5'000 m² für neun WEA. Dabei nehmen wir vereinfachend an, dass die Vögel homogen verteilt fliegen und kein Ausweichverhalten zeigen.

Die WEA sind an Standorten mit Höhen zwischen 1'520 und 1'620 m ü.M. geplant. Wird die Höhe einer WEA dazu gerechnet, beträgt das Höhenintervall mit Kollisionsrisiken 240 m. Die Raddatendaten liegen in Höhenintervallen von 50 m vor. Für die Berechnung der potenziellen Kollisionsrisiken wählten wir aus den Raddatendaten das Höhenintervall von 1'500 bis 1'750 m ü.M. (s. Abb. 3). Das in der vorliegenden Studie verwendete Mass für die Zugdichten ist die „Migration

Traffic Rate“ MTR, welche ausdrückt, wie viele Vögel während einer Stunde eine Linie von einem Kilometer Länge überqueren. Für das fragliche Höhenintervall kann die MTR dementsprechend als Anzahl Vögel, welche pro Stunde durch eine senkrechte Fläche von 250'000 m² (1000 m * 250 m) fliegen, verstanden werden. Die Gesamtfläche der neun WEA unter Annahme des maximalen potenziellen Risikos entspricht 20,0 % dieser Fläche. D. h. dass die Anzahl der Vögel, welche potenziell kollidieren könnten, 1/5 der MTR entspricht.



Abb. 22: Windenergieanlage, wie sie für den Windpark auf dem Schwyberg vorgesehen sind.
www.enercon.de

Unsere Annahmen für das minimale potenzielle Kollisionsrisiko ergeben entsprechend eine Rate von 2,1 % der MTR. Diese entspricht einer zehnmal kleineren Kollisionsrate gegenüber der Maximalvariante.

6.1 Kollisionsrisiko Nachtzug

In der Nacht ziehen Vögel in genügend grossen Abständen zueinander, dass sie einzeln erfasst werden können. Die mit Radar gemessenen nächtlichen Zugdichten können deshalb als absolute Zahl verstanden werden. Die maximale Anzahl Vögel, welche im Herbst 2009 in der Nacht potenziell mit den WEA hätten kollidieren können, fluktuierte im September um 55 Vögel pro Stunde (sd ± 20; Abb. 23). Im Oktober lag der Durchschnitt bei 79 Vögeln pro Stunde (sd ± 64), erreichte aber mit 269 und 208 Vögeln zwei deutliche Maxima. Über die ganze Beobachtungsperiode lag der Durchschnitt der maximalen Anzahl kollisionsgefährdeter Vögel pro Stunde bei 66 (sd ± 45).

6.2 Kollisionsrisiko Tagzug

Am Tag ziehen Vögel teilweise in kleineren Trupps oder grossen Schwärmen. Unter diesen Umständen werden Vögel nicht mehr einzeln erfasst, so dass die mit Radar ermittelten Tagzugdichten nur als relatives Mass interpretiert werden können. Aufgrund der Radarechos erben sich 22 Vogeleos pro Stunde (sd ± 16 Vögel), welche maximal kollisionsgefährdet sein könnten. Da jedes Echo mehr als einen Vogel darstellt, multiplizierten wir diesen Wert mit der Anzahl der miteinander beobachteten Vögel. Die visuellen Tagzugbeobachtungen zeigten, dass am häufigsten 3 Vögel (Median) miteinander unterwegs waren (Kapitel 4.2). So ergab sich ein

durchschnittlicher Wert der maximal kollisionsgefährdeten Vögel pro Stunde von 66 (sd \pm 48 Vögel), also gleich hoch wie in der Nacht.

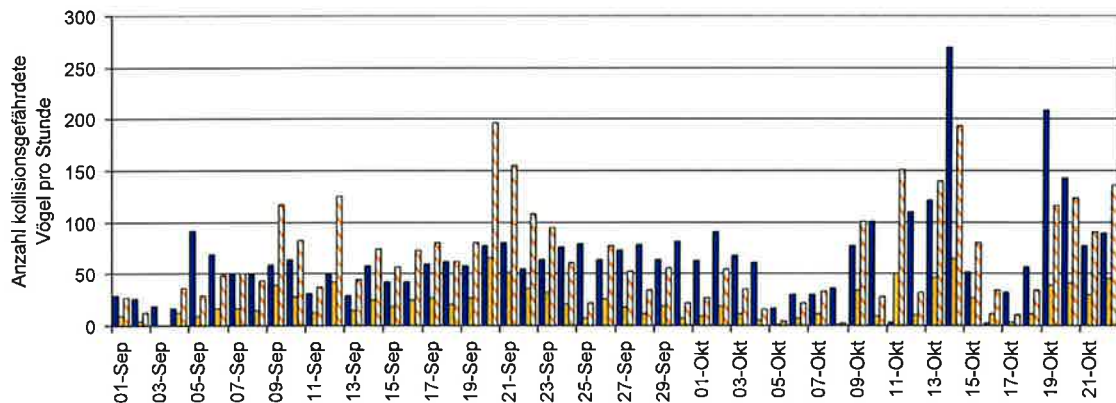


Abb. 23. Potenzielles maximales Kollisionsrisiko (Rotorfläche unpassierbar) für Zugvögel mit den auf dem Schwyberg geplanten WEA in der Nacht (blaue Säulen) und am Tag (gelbe Säulen). Die gelb schraffierten Säulen zeigen das potenzielle Kollisionsrisiko am Tag unter der Annahme, dass jedes Radarecho drei Vögel repräsentiert. Das Ausweichverhalten der Vögel wurde nicht berücksichtigt.

6.3 Diskussion Kollisionsrisiko

Wir schätzen das maximale potenzielle Kollisionsrisiko am Tag und in der Nacht auf 66 Vögel pro Stunde. Wird diese Zahl auf die Hauptzugzeit im September und Oktober hochgerechnet, ergibt sich ein Total von 96'624 Vögeln, die potenziell maximal mit den WEA kollidieren könnten. Dabei haben wir angenommen, dass drehende Rotorblätter eine undurchdringliche Kreisfläche darstellen, die Vögel im fraglichen Höhenintervall homogen verteilt fliegen und kein Ausweichverhalten zeigen.

Das potenzielle Kollisionsrisiko liegt wesentlich tiefer, wenn die Rotoren still stehen oder wir annehmen, dass die Vögel unbeschadet zwischen den drehenden Rotorblättern hindurch fliegen können. Kollisionen ergeben sich nur dann, wenn die Vögel direkt auf ein Rotorblatt oder auf den Turm treffen. Dann reduziert sich die Aufprallfläche auf rund einen Zehntel, und die Hochrechnung ergibt 10'007 Vögel, welche in der Hauptzugzeit im Herbst potenziell kollidieren könnten.

Die Aufprallfläche reduziert sich auf $\frac{1}{16}$ (Fläche einer WEA 346 m bzw. rund 3'110 m² für neun WEA), wenn die Rotoren still stehen und die Ebene der Rotoren parallel zur mittleren Zugrichtung ausgerichtet wird. Die Hochrechnung der Anzahl potenzieller Kollisionsopfer liegt dann für September und Oktober bei 6'017 Vögeln. Diese Rotoren-Position ergibt sich nicht durch die vorherrschenden Windrichtungen, sondern müsste durch das Betreibersystem eingerichtet werden. Sie könnte aber eine Lösung sein, um bei sehr hohen Zugintensitäten das Kollisionsrisiko drastisch zu verringern.

Die hier berechneten potenziellen Kollisionsrisiken beziehen sich auf den Vogelzug im Herbst. Im Frühling ist ein ähnliches Flugverhalten bezüglich Wind und Topographie zu erwarten, wobei wir annehmen können, dass die Zugintensitäten tiefer liegen, insgesamt also weniger Vögel entlang des Alpennordrands ziehen. Tiefere Zugdichten im Frühling als im Herbst scheinen eine

generelles Muster zu sein (Ballasus et al. Im Druck). Winkelmann (1989) schätzte beispielsweise, dass die Anzahl Kollisionsoffer in einem Windpark in Holland im Frühling zwe- bis dreimal tiefer war als im Herbst. Einerseits überlebt nur ein Teil der Vögel den Zug ins Winterquartier und den Winter, die Zugdichte im Frühling ist also naturgemäss geringer (Bruderer & Liechi 1995). Andererseits wirken die Alpen bei der Rückkehr aus Süden und Südwesten als Hindernis und die Konzentration der Vögel ist anders gelagert als im Herbst.

Wir erwarten, dass die Mehrheit der Vögel bei einigermaßen guten Sichtbedingungen eine Reaktion bei Annäherung an eine WEA zeigt und den Flug nicht geradlinig fortsetzt. Somit dürften die effektiven Kollisionsraten wesentlich tiefer sein als die theoretisch berechneten, potenziellen Zahlen. In früheren Studien wurden verschiedene Verhaltensmuster von Vögeln bei Konfrontation mit WEA untersucht. Zusammenstellungen dazu finden sich in den Übersichtsarbeiten von Horch & Keller (2005) sowie Ballasus et al. (Im Druck). Hier weisen wir nur auf wesentliche Aspekte hin:

- Es kann angenommen werden, dass Vögel bei Tag und guten Sichtverhältnissen Hindernisse eher umfliegen als bei Nacht und schlechten Sichtverhältnissen. Hindernisse werden am Tag möglicherweise bereits im Anflug grossräumig umflogen.
- Bei Annäherung können Vögel einerseits die Flugrichtung oder die Flughöhe kleinräumig ändern und eine WEA um- oder überfliegen. Auch wurde beobachtet, dass Vögel erfolgreich zwischen den drehenden Rotorblättern hindurch fliegen.
- Allerdings führen die Turbulenzen hinter den Rotoren (down wash) dazu, dass Vögel teilweise zu Boden geschmettert werden und je nach Verletzungsgrad unter den WEA verenden oder sich noch eine kürzere oder weitere Strecke davon entfernen und dann sterben.

Bei den bisherigen Zahlenangaben haben wir das Ausweichverhalten der Vögel vernachlässigt. Für die folgenden Schätzungen gehen wir vom Szenario aus, dass die Rotoren senkrecht zur Hauptzugrichtung stehen, und es zu Kollisionsoffern kommt, wenn die Vögel direkt mit dem Turm oder mit den Rotorblättern kollidieren. Wir vernachlässigen die Gefährdung durch Luftturbulenzen. Obwohl einige Studien quantifiziert haben, in welchem Ausmass potenziell gefährdete Vögel WEA unbeschadet passieren, ist es schwierig, eine konkrete Aussage für die Situation am Schwyberg zu machen. Studien an bestehenden Windparks lassen vermuten, dass Zugvögel mehrheitlich ausweichen (Übersicht in Horch & Keller 2005). Es ist jedoch schwierig, eine zuverlässige Zahl der Literatur zu entnehmen. Für die weiteren Schätzungen haben wir die Annahmen getroffen, dass 90 – 99 % der Vögel am Tag ausweichen bzw. 80 – 95 % in der Nacht. Der Durchschnitt der geschätzten Kollisionsoffer im September und Oktober 2009 liegt dann bei 1 bis 9 Vögeln pro Tag und 4 bis 15 Vögeln pro Nacht (Abb. 24). Dabei haben wir die Dauer der Nacht, bzw. des Tages berücksichtigt. Unsere Messungen erfolgten in der zugintensivsten Periode. Wenn wir berücksichtigen, dass Zugvögel bereits im August und bis in den November hinein in geringeren Anzahlen unterwegs sind (50 Tage und Nächte mit Zugdichten von 50 % des Mittelwertes), so erhalten wir eine Schätzung von 0,7 bis 7 geschätzte Kollisionsoffer pro Tag und 3 bis 11 geschätzte Kollisionsoffer pro Nacht. Für eine gesamte Herbstzugsperiode bedeutet dies 68 bis 680 tote Vögel am Tag und 291 bis 1165 tote Vögel in der Nacht. Auf eine WEA ausgerechnet sind dies rund 0,1 bis 0,7 Vögel pro Tag und 0,3 bis 1,3 Vögel pro Nacht. Diese Zahlen liegen in der Grössenordnung, welche in früheren Untersuchungen an bestehenden Anlagen nachgewiesen wurden (Übersicht in Ballasus et al. Im Druck).

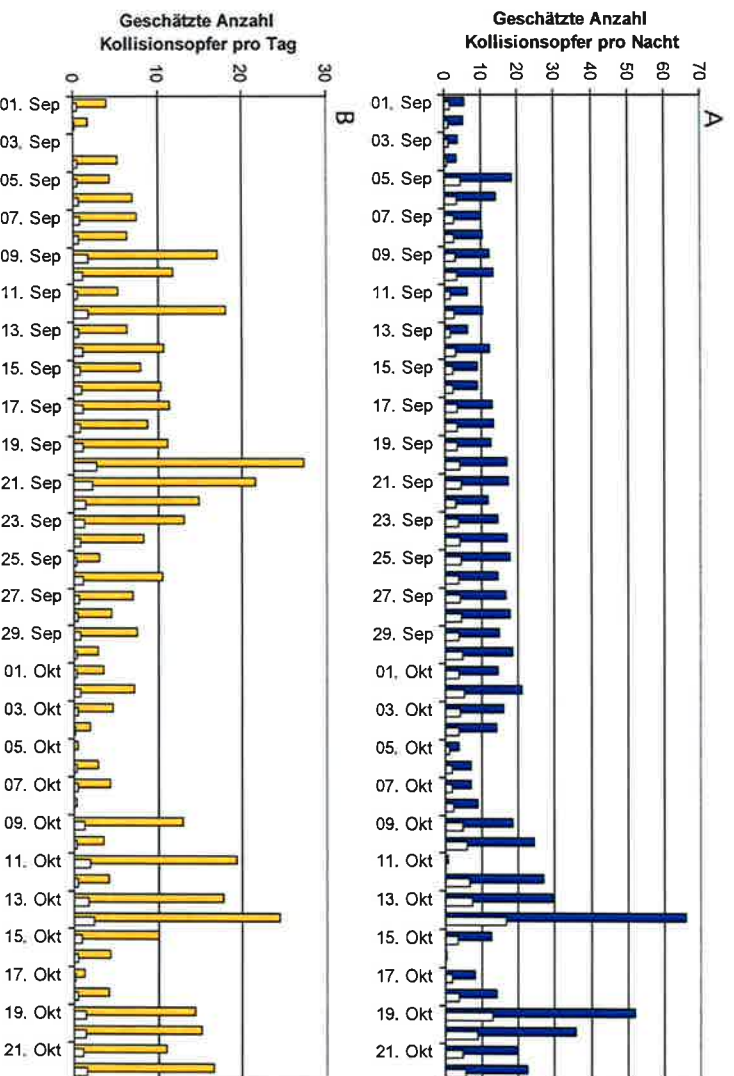


Abb. 24. Geschätzte Anzahl Kollisionen pro Nacht (A) und pro Tag (B) unter Berücksichtigung, dass Vögel Hindernissen mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit ausweichen. Die weissen Säulen zeigen die Schätzung bei Annahme von 95 % Ausweichwahrscheinlichkeit für die Nacht bzw. 99% für den Tag, die farbigen Säulen die Schätzung unter Annahme von 80 % Ausweichwahrscheinlichkeit für die Nacht bzw. 90 % für den Tag. Basis für die Schätzung ist die Situation, dass die Rotoren senkrecht zur Hauptzugrichtung stehen und Kollisionen auftreten, wenn Vögel direkt auf die Türme oder die Rotorblätter auftreffen. Jedes Vogelecho am Tag wurde als drei Vögel interpretiert.

Für die Nacht konnten wir zwei klare Extremereignisse identifizieren (3 Nächte vom 12 bis 15. Oktober und 2 Nächte vom 19. bis 21. Oktober mit mehr als 25 geschätzten Kollisionen pro Nacht), in die 25 % der geschätzten Kollisionen gefallen wären. Zwar stellen wir fest, dass die Zugdichten von den Rückenwinden abhängen. In den Nächten vom 12. bis 15. Oktober herrschten Rückenwinde von rund 4 m/s, in den Nächten vom 19. bis 21. Oktober hingegen leichter Gegenwind von 2 m/s und nur schwacher Rückenwind von 1 m/s. Das zeigt, dass Rückenwind alleine nur eingeschränkt Voraussagen für intensive Zugnächte zulassen. Ein wichtiger Faktor ist auch das Wetter der vorangegangenen Tage (Erni et al 2002).

Für den Tag schwanken die geschätzte Anzahl Kollisionen zwar auch deutlich, aber wir konnten keine klaren Extremereignisse identifizieren. Wir fanden nur einen Tag mit über 25 geschätzten Kollisionen pro Tag. Die Voraussetzungen der zugintensivsten Tage und Nächte würden es erlauben, durch eine Abschaltautomatik einen bedeutenden Anteil von Kollisionen zu verhindern. Die Dynamik im Vogelzug ist allerdings sehr komplex, so dass nicht einzelne Faktoren für die Voraussetzungen herangezogen werden können (Erni et al. 2002).

Dass Kollisionen von Vögeln mit hohen Konstruktionen tödlich enden, wurde wiederholt und eindeutig dokumentiert (Übersichten in Horch & Keller 2005, Ballasus et al. Im Druck). Etlliche Studien weisen darauf hin, dass die effektive Anzahl Kollisionen unterschätzt wird, weil tote Vögel sehr schnell durch Prädatoren entfernt werden.

Die Frage bleibt daher offen, wie viele Vögel tatsächlich mit der WEA kollidieren und verenden. Die Literaturrecherchen zeigen, dass diese Zahlen offenbar vom Ort und den WEA abhängen.

Daraus ergibt sich, dass die effektiven Kollisionsraten erst mit einer Untersuchung nach dem Bau der WEA am Schwyberg ermittelt werden können.

Völlig offen bleibt zur Zeit, ob und wie sich diese zusätzliche Mortalität auf die Entwicklung von Zugvogelpopulationen auswirkt. Wichtig ist, dass bei solchen Betrachtungen der Kumulationseffekt aller WEA entlang der Zugroute berücksichtigt wird. Solche Abklärungen sind äusserst komplex und im Rahmen dieser Studie nicht realisierbar. Das Ziel muss daher sein, die Kollisionsrate so tief wie möglich zu halten.

6.3.1 Mögliche Massnahmen zur Reduktion von Kollisionen

Kollisionsraten können reduziert werden, wenn die WEA für Vögel erkennbar ist. Dennoch sollten WEA (und Hindernisse im allgemeinen) nachts nicht generell hell beleuchtet werden, da sie bei nebligen Verhältnissen anziehend auf Zugvögel wirken und zu hohen Anzahlen von Kollisionsopfern führen können (Hüppop et al. 2006). Beim aktuellen Wissensstand scheint es am besten zu sein, wenn die Enden der Rotorblätter mit roten oder weissen, blinkenden Lichtern in der Nacht sichtbar gemacht werden (Evans et al. 2007, Übersicht in Ballasus et al. Im Druck). Für die Vögel noch besser erkennbar scheinen grüne Blinklichter zu sein (Poot et al. 2008). Bei geeigneten Massnahmen könnte die nächtliche Kollisionsrate möglicherweise auf das Niveau der Kollisionsraten am Tag reduziert werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Reduktion von Kollisionen besteht darin, die Anlagen während den zugintensivsten Zeiten abzuschalten und wenn möglich parallel zur Zugrichtung auszurichten. Anhand der vorliegenden Daten schätzen wir, dass durch Abschaltung der WEA in den 5 bis 10 zugintensivsten Tagen/Nächten die Kollisionen um 50 % reduziert werden könnten. Das setzt allerdings voraus, dass eine verlässliche Vorhersage zur Vogelzugintensität vorliegt. Erste Arbeiten zur Erstellung eines solchen Vorhersagemodells haben an der Schweizerischen Vogelwarte begonnen.

7. Literatur

- Ballasus, H., K. Hill & O. Hüppop (Im Druck): Gefahren künstlicher Beleuchtung für Vögel und Fledermäuse. Berichte zum Vogelschutz.
- Baumgartner, M. & B. Bruderer (1985): Radarbeobachtungen über die Richtungen des nächtlichen Vogelzuges am nördlichen Alpenrand. Der Ornithologische Beobachter 82: 207–230.
- Bruderer, B. & F. Liechti (1995): Variation in density and height distribution of nocturnal migration in the south of Israel. Israel Journal of Zoology. 42: 47–87.
- Bruderer, B. & F. Liechti (1998): Intensität, Höhe und Richtung von Tag- und Nachtzug im Herbst über Südwestdeutschland. Der Ornithologische Beobachter 95: 113–128.
- Bruderer, B. & L. Jenni (1988): Strategies of Bird Migration in the Area of the Alps. Acta XIX Congr. Int. Ornithol., Ottawa 1986: 215–216.
- Bruderer, B. & L. Jenni (1990): Migration Across the Alps. In: E. Gwinner. Bird Migration. Springer-Verlag, Berlin.
- Bruderer, B. (1996): Vogelzugforschung im Bereich der Alpen 1980 – 1995. Der Ornithologische Beobachter 93: 119–130.
- Erni, B., F. Liechti, L. Underhill & B. Bruderer (2002): Wind and rain govern the intensity of nocturnal bird migration in central Europe – a log-linear regression analysis. Ardea 90: 155–166.
- Evans, W.R., Y. Akashi, N.S. Altmann & A.M. Manville (2007): Response of night-migrating songbirds in cloud to colored and flashing light. North American Birds 60: 476–488.
- Harmata, A. R., K. M. Podruzny, J.R. Zelenak & J. L. Morrison (1999): Using marine surveillance radar to study bird movements and impact assessment. Wildlife Society Bulletin 27: 4–52.
- Horch, P. & V. Keller (2005): Windkraftanlagen und Vögel – ein Konflikt? Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Komenda-Zehnder, S., F. Liechti & L. Jenni (2010): Do bird captures reflect migration intensity? – Trapping numbers on an alpine pass compared with radar counts. Journal of Avian Biology: 41: 434–444, 2010.
- 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.
- Potot, H., B.J. Ens, H. De Vries, M.A.H. Donners, M.R. Wernand & J.M. Marquenie (2008): Green light for nocturnally migrating birds. Ecology & Society 13: 47.
- Schmid, H., T. Steuri & B. Bruderer (1986): Zugverhalten von Mäusebussard *Buteo bute* und Sperber *Accipiter nisus* im Alpenraum. Der Ornithologische Beobachter 83: 11–34.

- Traxler, A., S. Wegleitner & H. Jaklitsch (2004): Vogelschlag, Meideverhalten & Habitatnutzung an bestehenden Windkraftanlagen, Prellenkirchen, Oberdorf, Steinberg/Prinzendorf. Endbericht Dezember 2004. Büro für Biologie, Ökologie und Naturschutzforschung, Gerasdorf bei Wien.
- Winkelmann, J. E. (1989): Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden ganzen en zwanen. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. 169 S.
- Zehnder, S., F. Liechti, B. Trösch & B. Bruderer (2001): Gibt es topographi-unabhängigen Nachtzug über den Alpen? Der Ornithologische Beobachter 98: 215–222.

Anhang A

Sonnenauf- und untergang sowie Morgen- und Abenddämmerung während der Untersuchungsperiode. Der Zeitpunkt der Dämmerung entspricht einem Sonnenstand von 6° unter dem Horizont (civil twilight). Erfahrungsgemäss setzt dann der Tag- bzw. Nachtzug ein.

Datum	Sonnenaufgang	Sonnenuntergang	Morgendämmerung	Abenddämmerung	Tageslänge (h)
24.08.2009	06:42	20:24	06:05	21:01	14:56
25.08.2009	06:43	20:23	06:07	21:01	14:53
26.08.2009	06:45	20:21	06:08	20:58	14:50
27.08.2009	06:46	20:19	06:09	20:56	14:47
28.08.2009	06:47	20:17	06:11	20:54	14:43
29.08.2009	06:48	20:15	06:12	20:52	14:40
30.08.2009	06:50	20:14	06:13	20:50	14:37
31.08.2009	06:51	20:12	06:15	20:48	14:33
01.09.2009	06:52	20:10	06:16	20:46	14:30
02.09.2009	06:53	20:08	06:17	20:44	14:27
03.09.2009	06:55	20:06	06:19	20:42	14:23
04.09.2009	06:56	20:04	06:20	20:40	14:20
05.09.2009	06:57	20:02	06:21	20:38	14:17
06.09.2009	06:58	20:00	06:23	20:36	14:13
07.09.2009	07:00	19:59	06:24	20:34	14:10
08.09.2009	07:01	19:57	06:25	20:32	14:07
09.09.2009	07:02	19:55	06:27	20:30	14:03
10.09.2009	07:04	19:53	06:28	20:28	14:00
11.09.2009	07:05	19:51	06:29	20:26	13:57
12.09.2009	07:06	19:49	06:31	20:24	13:53
13.09.2009	07:07	19:47	06:32	20:22	13:50
14.09.2009	07:09	19:45	06:33	20:20	13:47
15.09.2009	07:10	19:43	06:35	20:18	13:43
16.09.2009	07:11	19:41	06:36	20:16	13:40
17.09.2009	07:12	19:39	06:37	20:14	13:37
18.09.2009	07:14	19:37	06:38	20:12	13:34
19.09.2009	07:15	19:35	06:40	20:10	13:30
20.09.2009	07:16	19:33	06:41	20:08	13:27
21.09.2009	07:17	19:31	06:42	20:06	13:24
22.09.2009	07:19	19:29	06:44	20:04	13:20
23.09.2009	07:20	19:28	06:45	20:02	13:17
24.09.2009	07:21	19:26	06:46	20:00	13:14
25.09.2009	07:23	19:24	06:48	19:58	13:10
26.09.2009	07:24	19:22	06:49	19:56	13:07
27.09.2009	07:25	19:20	06:50	19:54	13:04
28.09.2009	07:26	19:18	06:51	19:52	13:01
29.09.2009	07:28	19:16	06:53	19:50	12:57
30.09.2009	07:29	19:14	06:54	19:48	12:54

Datum	Sonnenaufgang	Sonnenuntergang	Morgendämmerung	Abenddämmerung	Tageslänge (h)
01.10.2009	07:30	19:12	06:55	19:46	12:51
02.10.2009	07:32	19:10	06:57	19:45	12:48
03.10.2009	07:33	19:08	06:58	19:43	12:45
04.10.2009	07:34	19:06	06:59	19:41	12:42
05.10.2009	07:35	19:04	07:01	19:39	12:38
06.10.2009	07:37	19:02	07:02	19:37	12:35
07.10.2009	07:38	19:00	07:03	19:35	12:32
08.10.2009	07:39	18:58	07:04	19:33	12:29
09.10.2009	07:41	18:56	07:06	19:31	12:25
10.10.2009	07:42	18:55	07:07	19:30	12:23
11.10.2009	07:43	18:53	07:08	19:28	12:20
12.10.2009	07:45	18:51	07:10	19:26	12:16
13.10.2009	07:46	18:49	07:11	19:24	12:13
14.10.2009	07:47	18:47	07:12	19:22	12:10
15.10.2009	07:49	18:45	07:14	19:21	12:07
16.10.2009	07:50	18:44	07:15	19:19	12:04
17.10.2009	07:51	18:42	07:16	19:17	12:01
18.10.2009	07:53	18:40	07:18	19:16	11:58
19.10.2009	07:54	18:38	07:19	19:14	11:55
20.10.2009	07:55	18:37	07:20	19:12	11:52
21.10.2009	07:57	18:35	07:22	19:10	11:48
22.10.2009	07:58	18:33	07:23	19:09	11:46
23.10.2009	07:59	18:31	07:24	19:07	11:43
24.10.2009	08:01	18:30	07:26	19:06	11:40

Anhang C

Artenliste gemäss Feldbeobachtungen, die zwischen dem 25. August und dem 22. Oktober 2009 während 103,7 h stattfanden. In der Spalte „lokal“ sind jene Individuen aufgelistet, welche zum Beobachtungzeitpunkt entweder nicht im Flug waren oder ein Verhalten zeigten, das für örtlich ansässige Individuen typisch ist.

Gruppe	Art	Espèce	Wissenschaftlicher Name	Anzahl	lokal
Singvögel					
	Buchfink	Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	5621	3
	Mehlschwalbe	Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	2229	
	Rauchschwalbe	Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	1148	
	Hänfling	Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	362	28
	Bachstelze	Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	357	
	Erlenzeisig	Tarin des aulnes	<i>Carduelis spinus</i>	261	
	Wiesenpieper	Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	231	
	Distelfink	Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	207	5
	Fichtenkreuzschnabel	Bec-triroisé des sapins	<i>Loxia curvirostra</i>	128	7
	Baumpieper	Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	111	
	Kolkrabe	Grand Corbeau	<i>Corvus corax</i>	94	7
	Feldlerche	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	78	
	Misteldrossel	Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	62	10
	Bergfink	Pinson du Nord	<i>Fringilla montifringilla</i>	68	
	Schafstelze	Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	52	
	Ringdrossel	Merle à plastron	<i>Turdus torquatus</i>	45	1
	Gimpel	Bouvreuil pivoine	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	31	1
	Hausrotschwanz	Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	25	4
	Rabenkrähe	Corneille noire	<i>Corvus corone corone</i>	15	10
	Zitronengirlitz	Venturon montagnard	<i>Serinus citrinella</i>	13	7
	Tannenmeise	Mésange noire	<i>Parus ater</i>	12	5
	Bergpieper	Pipit spioncelle	<i>Anthus spinoletta</i>	16	
	Tannenhäher	Cassenoix moucheté	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	7	7
	Wacholderdrossel	Grive litorne	<i>Turdus pilaris</i>	13	
	Amsel	Merle noir	<i>Turdus merula</i>	5	4
	Zaunkönig	Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	3	3
	Heidelerche	Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	6	
	Steinschmätzer	Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>	6	
	Rotkehlchen	Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	5	1
	Heckenbraunelle	Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	5	
	Zilpzalp	Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	5	
	Trauerschnäpper	Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	5	
	Singdrossel	Grive nusicienne	<i>Turdus philomelos</i>	5	
	Girlitz	Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	4	
	Bergstelze	Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>	4	
	Rotdrossel	Grive mauvis	<i>Turdus iliacus</i>	4	

Gruppe	Art	Espèce	Wissenschaftlicher Name	Anzahl	lokal	
	Grauschnäpper	Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i>	3		
	Haubenmeise	Mésange hup pée	<i>Parus cristatus</i>	2	1	
	Eichelhäher	Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	1	2	
	Braunkehlchen	Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i>	2		
	Elster	Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	2		
	Fitis	Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	2		
	Neuntöter	Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>	2		
	Kernbeisser	Grosbec casse-noyaux	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	2		
	Mönchsmeise	Mésange boréale	<i>Parus montanus</i>	2		
	Mauerläufer	Tichodrome échelle	<i>Tichodroma muraria</i>	1		
	Kohlmeise	Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	1		
	Unbestimmte Pieper			123		
	Unbestimmte Drosseln			2		
	Unbestimmte Kleinvögel			1386		
<hr/>						
Greifvögel						
	Mäusebussard	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	116	6	
	Turmfalke	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	57	1	
	Wespenbussard	Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i>	39		
	Sperber	Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	26		
	Rotmilan	Milan royal	<i>Milvus milvus</i>	13	1	
	Baumfalke	Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	9		
	Rohrweihe	Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	7		
	Steinadler	Aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>	4		
	Wanderfalke	Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	2		
	Kornweihe	Busard St-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	1		
	Mäuse-/ Wespenbussard			9		
	Unbestimmte Greifvögel			2		
<hr/>						
Übrige Arten						
	Mauersegler	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	99		
	Kormoran	Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	18		
	Ringeltaube	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	5		
	Birkhuhn	Tétras lyre	<i>Tetrao tetrix</i>		5	
	Grünspecht	Pic vert	<i>Picus viridis</i>		9	
	Schwarzspecht	Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>		5	
	Buntspecht	Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>		2	
<hr/>				Total	13181	135

Anhang D

Höhenverteilungen pro Tag (x-Achse = MTR, y-Achse = Höhe in m über Radar)



Höhenverteilungen pro Nacht (x-Achse = MTR, y-Achse = Höhe in m über Radar)



Anhang E

