

Konfliktanalyse von Vorranggebieten für den Ausbau der Windkraftnutzung aus Sicht des Vogelzugs im Biosphärengebiet Schwäbische Alb

November 2011



Arbeitsgruppe
für Tierökologie und Planung
J. Trautner

Konfliktanalyse von Vorranggebieten für den Ausbau der Windkraftnutzung aus Sicht des Vogelzugs im Biosphärengebiet Schwäbische Alb

Bearbeitung:

Florian Straub (Dipl.-Forstwiss.)

Johannes Mayer (Dipl.-Geogr.)

Jürgen Trautner (Landschaftsökologe)

Mitarbeitende Kartierer:

Nils Agster (Ornithologe)

Ulrich Dorka (Landschaftsökologe)

Dr. Volker Dorka (Dipl.-Biol.)

Wolfgang Lissak (Dipl.-Ing. Landschaftsplanung FH)

Roland Steiner (Dipl.-Biol.)

Im Auftrag des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg



**Arbeitsgruppe für Tierökologie und Planung
J. Trautner**

Johann-Strauß-Straße 22
D-70794 Filderstadt
Telefon: +49 (0) 71 58 / 21 64
Fax: +49 (0) 71 58 / 6 53 13
E-Mail: info@tieroekologie.de
Internet: www.tieroekologie.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung	3
2	Kurzer Abriss zum Vogelzug	4
2.1	Zugrichtungen.....	4
2.2	Zughöhen.....	5
2.3	Räumliche Ausdehnung des Vogelzuges.....	7
2.4	Umfang des Vogelzuges.....	8
2.5	Tageszeitliche Aspekte des Vogelzuges.....	9
3	Problemfeld Vogelzug und Windkraft	10
3.1	Störung durch Barriere- bzw. Scheuchwirkung.....	11
3.2	Mortalität.....	13
4	Material und Methoden	18
4.1	Untersuchungsraum und Standorte.....	18
4.2	Feldmethoden.....	19
4.3	Auswertungsmethoden.....	21
4.3.1	Referenzierung des Datensatzes.....	21
4.3.2	Bewertung.....	22
5	Darstellung der Ergebnisse	25
5.1	Datengrundlage: erfasste Arten und Individuen.....	25
5.2	Tageszeitliche Phänologie des Zugeschehens.....	26
5.3	Jahreszeitliche Phänologie des Zugeschehens.....	26
5.3.1	Einfluss der Witterung auf das Zugeschehen.....	26
5.3.2	Zugverhalten im artspezifischen Kontext (artspezifische Zugzeiten).....	27
5.4	Repräsentativität des Referenzstandorts.....	29
5.5	Zughöhen.....	29
5.6	Vergleichende Standortbewertung.....	31
6	Diskussion	37
6.1	Erfassung.....	37
6.2	Bewertung der Standorte.....	40
6.3	Mögliche Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen.....	45
7	Literatur	49
8	Anhang	54

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Der deutsche Bundestag hat am 30.06.2011 die Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes¹ beschlossen, der Bundesrat hat dem Entwurf am 08.07.2011 zugestimmt. Ein maßgeblicher Teil der Novelle ist die Fortführung der Förderung von Windenergie an Land, da davon ausgegangen wird, dass die Windenergie an Land bis auf weiteres den größten Beitrag zur Stromerzeugung leisten wird (BMU 2011a). Nach Angaben des BMU (2011b) liegen die entscheidenden Hemmnisse für den Ausbau der Windenergie „nicht in der Vergütung, sondern in planungsrechtlichen Hemmnissen, z. B. in fehlenden Eignungsflächen und in stark eingeschränkten Höhen- und Abstandsbegrenzungen“.

Vor diesem Hintergrund wird der Regionalplan Neckar-Alb aktuell bezüglich des Aspekts der Windkraftnutzung ergänzt. Hierbei sollen die Vorranggebiete zur Windkraftnutzung bis Ende 2011/Anfang 2012 planungsrechtlich gesichert werden. Das Biosphärengebiet Schwäbische Alb stellt einen Teil des im Regionalplan abgedeckten Raumes dar. Biosphärenreservate sind Modellregionen für eine nachhaltige Regionalentwicklung, die Ökologie, Ökonomie und Soziales integrativ berücksichtigen soll. Im Biosphärengebiet treten laut „Windatlas Baden-Württemberg“ verbreitet mittlere Jahres-Windgeschwindigkeiten von über 5,5 - 6 m/sec in 100/140 m Höhe auf. Entsprechende Werte werden für die exemplarischen Wirtschaftlichkeitsberechnungen des Windatlas verwendet (TÜV SÜD 2011).

Im Zusammenhang mit Windkraftanlagen können jedoch teilweise erhebliche Konflikte mit dem Artenschutz auftreten, die die Zerstörung von Habitaten, die Störung durch optische oder akustische Reize und die direkte Mortalität von Individuen beinhalten. Darüber hinaus gehen von infrastrukturellen Erschließungen ggf. weitere Stör- und Gefahrenpotenziale aus. (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001b, HÖTKER et al. 2005).

Für die Region Neckar-Alb liegen kaum Daten zum Vogelzug vor. Lediglich das Randecker Maar und ein Korridor im Albvorland entlang des Neckars sind bekannt bzw. umfangreicher dokumentiert. Über die Qualität und Quantität des Vogelzuggeschehens liegen für alle anderen Bereiche nicht oder nur sehr ungenügende Informationen vor. Bei der Region Stuttgart existiert eine handschriftliche Skizze eines Experten, die im Wesentlichen drei Talzüge entlang des Albtraufs als bevorzugte Zugschneisen beinhaltet. Im Bereich des Biosphärengebiets sind dies das Lenninger Tal mit Anschluss an das Lautertal sowie der auch in der Region Neckar-Alb berücksichtigte Bereich des Randecker Maars und südlich anschließende Bereiche. Auf welcher Datengrundlage diese Abgrenzungen basieren, ist allerdings nicht bekannt, ebenso liegen keine Informationen über konkrete Qualität und Quantität des Vogelzuggeschehens in diesen Bereichen vor.

¹ Gesetz zur Neureglung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien vom 30. Juni 2011, BGBl. 2011 Teil 1, Nr. 42: S. 1634 ff.

Um zu vermeiden, dass bei Abschluss der planungsrechtlichen Sicherung im überwiegenden Teil des Biosphärengebiets das Thema Vogelzug bei der regional-planerischen Ausweisung von Vorranggebieten für die Windkraftnutzung nicht berücksichtigt worden wäre, wurde entschieden, die im Biosphärengebiet liegenden Vorranggebiete vergleichend hinsichtlich des Vogelzugs zu untersuchen.

Da für eine solche Fragestellung jedoch nur begrenzt methodische Vorschläge vorliegen und zudem ausschließlich ein kurzer Zeitrahmen zur Verfügung stand (Herbst 2011), wurde eine entsprechende Methode zur Erfassung und zum Vergleich verschiedener Vorranggebiete in Anlehnung an bestehende Methoden (vgl. GATTER 2000, HÜPPOP et al. 2010, ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a) entwickelt.

Die im Regionalplan enthaltenen und im Biosphärengebiet Schwäbische Alb gelegenen Vorranggebiete zur Windkraftnutzung stellen aufgrund ihres Status als Teil einer Modellregion und des nachweislich bereichsweise hohen Zugvogelaufkommens innerhalb des Biosphärengebiets (vgl. GATTER 2000) Standorte dar, an denen im Rahmen eines Modellprojekts Methoden zur Bewertung und zum Vergleich verschiedener Windkraftstandorte im Kontext Zugvögel entwickelt werden können bzw. sollen.

2 Kurzer Abriss zum Vogelzug

Die Umweltbedingungen der meisten Lebewesen sind durch die Zyklen der Tages- und Jahresperiodik geprägt, die einen Wechsel der Lebensbedingungen mit sich bringen. Auf diesen Wechsel der Lebensbedingungen reagiert eine Vielzahl von Lebewesen mit Wanderbewegungen. So auch ein großer Teil der nord- und mitteleuropäischen Brutvogelfauna. Auf der Nordhalbkugel werden im Frühjahr nordwärts gerichtete Wanderungen in die Brutgebiete unternommen, im Herbst fliegen die Vögel südwärts, um den Winter unter geeigneteren Klimabedingungen zu verbringen, als sie zu dieser Zeit in den jeweiligen Brutgebieten vorherrschen.

Einen Gesamtüberblick zum Vogelzug gibt BERTHOLD (2000), Ergebnisse einer langjährigen Studie zum Vogelzug am Randecker Maar sind in GATTER (2000) dargestellt. Die endogenen und exogenen Mechanismen zur Orientierung während des Vogelzuges sind WILTSCHKO & WILTSCHKO (1999a - d) zu entnehmen.

2.1 Zugrichtungen

In Mitteleuropa dominieren beim Herbstzug Zugrichtungen um SW, bei Langstreckenziehern mehrheitlich etwas südlich von SW, bei Kurzstreckenziehern eher etwas westlich von Südwest (ZINK 1973 - 1985 und BRUDERER & JENNI 1990 in BRUDERER 1996). Die so genannte Basisrichtung des herbstlichen Vogelzugs liegt

bei 230° (BRUDERER & LIECHTI 1998), wobei von dieser sowohl witterungsbedingt als auch topografiebedingt abgewichen werden kann. So kommen topografisch erklärbare Abweichungen von der Basisrichtung in der Größenordnung von 10-20° „an Leitlinien vor, die nur wenig von der Vorzugsrichtung abweichen, so an der Schwäbischen Alb, am Rhein südlich von Schaffhausen, am Alpenrand bei Blumenstein und im Rhonetal bei Aigle“ (BRUDERER 1996: 124). Diese Angabe bezieht sich auf großgeomorphologische Gegebenheiten, ist jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit auch auf kleinräumigere Landschaftsstrukturen bzw. -einheiten übertragbar. Durch die in Europa insbesondere auch im Herbst häufigen Westwinde wird der Vogelzug nach Süden verdriftet, im Extremfall sogar nach Südosten (BRUDERER 1996, HORCH et al. 2003).

Im Rahmen einer herbstlichen Mondbeobachtungsstudie in Südosteuropa stellten ZEHTINDJIEV & LIECHTI (2003) fest, dass 13 % aller registrierten Individuen in eine jahreszeitlich unpassende Richtung ($<90^\circ$ oder $>270^\circ$) flogen, wobei Langstreckenzieher eine größere Diversität der Zugrichtungen zeigten als Kurzstreckenzieher. Der Anteil der nicht in die passende Richtung ziehenden Individuen nimmt jedoch zwischen August und Oktober ab, was möglicherweise durch das ungerichtete Umherstreifen von Jungvögeln in der früheren Zugphase erklärt werden kann.

Bezüglich der allgemeinen Richtung bzw. der möglicherweise vorhandenen, kleinräumigen Diversifizierung der Allgemeinrichtung des Heimzuges ist vglw. wenig bekannt bzw. publiziert. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass er über Mitteleuropa mehr oder weniger in entgegen gesetzte Richtung zum Wegzug stattfindet, also nach Nordost bis Ost. ZEHTINDJIEV & LIECHTI (2003) konnten im März eine stärkere Ostkomponente im Zugeschehen feststellen als in den beiden darauf folgenden Monaten. Dies trifft insbesondere für Arten mit vglw. unspezifischen Zugverhalten zu, Arten mit Schleifenzug² oder anderen vergleichbaren Zugmustern (s. BERTHOLD 2000: 85-86) weichen von diesem Muster ab.

2.2 Zughöhen

Vögel wählen ihre Zughöhe in erster Linie in Abhängigkeit von der Witterung. Bei Hochdruckwetterlagen mit fehlender Wolkendecke und östlichen bzw. nördlichen Winden findet der Zug in vglw. großer Höhe statt. Bei den im Herbst überwiegend vorherrschenden Tiefdruckwetterlagen mit südwestlichen Winden und einer oft niedrig liegenden Wolkendecke findet der Zug in geringeren Höhen statt. Die Zughöhe steht in positivem Zusammenhang mit der Temperatur und Rückenwind (JANSS 2000, RICHARDSON 2000).

GATTER (2000: 59) gibt für den sichtbaren herbstlichen Tagzug die durchschnittliche Zughöhe von Singvögeln für das Randecker Maar mit unter 50 m an, über 500 m Höhe ist kaum noch Zug festzustellen. Nach dortigen Höhenmessungen

² Beim Schleifenzug entspricht der Zugweg des Heimzuges nicht dem des Wegzuges.

finden 37 % des sichtbaren (Tag-)Zugs unter 30 m, 58 % unter 50 m und 94 % unter 200 m Höhe über dem Boden statt. Mit zunehmendem Gegenwind sinken die durchschnittlichen und maximalen Zughöhen.

SACHSLEHNER (1997) wies bei einer Untersuchung zum sichtbaren Herbstzug in Wien in den untersten 80 m insgesamt 72 % der festgestellten Individuen nach, 18 % flogen höher, 10 % wurden lediglich akustisch registriert.

Nach Radaruntersuchungen in Süddeutschland fliegen in der ersten Nachthälfte 13 % der nachgewiesenen Individuen in den untersten 200 m, in der zweiten Nachthälfte 18 %, die 50 %-Grenze lag bei 500 bzw. 600 m. Tagsüber flogen ca. 53 % der Individuen in Höhen unter 200 m (BRUDERER & LIECHTI 2004). Ähnliche Angaben machen die Autoren auch für das schweizerische Mittelland. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass mittels Radar insbesondere niedrig fliegende Vögel nicht oder nur äußerst unzuverlässig erfasst werden können (LIECHTI & SCHMALJOHANN 2007a + b). Die auf Radarbeobachtungen basierenden Angaben sind - auch in den folgenden Kapiteln - immer vor dem Hintergrund dieser nicht unerheblichen Einschränkung zu betrachten.

Es wird davon ausgegangen, dass die Zugvögel nachts die untersten 30 m über Boden meiden, um Zusammenstöße mit Hindernissen (Bäume, Gebäude etc.) zu vermeiden. ZEHNDER et al. (2001) stellen auf Basis von Radaruntersuchungen dar, dass der Nachtzug zu 90 % in Höhen unter 3.000 m stattfindet. Auch hier gelten o. g. Einschränkungen.

Nachts steigen die aufbrechenden Individuen rasch auf, um die bezüglich der Windeinwirkung günstigste Zughöhe aufzufinden, ab 21 Uhr nimmt die nächtliche Zughöhe kontinuierlich ab (BRUDERER & LIECHTI 1998).

Der Frühjahrszug findet in größeren Höhen statt als der Herbstzug, da sich hier die in der Vertikalen an Stärke zunehmenden W- bis SW-Winde als Rückenwind positiv auswirken (BRUDERER & LIECHTI 1998, ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a). LIECHTI & SCHMALJOHANN (2007a + b) konnten auch über der Sahara deutliche jahreszeitliche Unterschiede in der Zughöhe feststellen. So flogen im Herbst mehr als 50 % der Singvögel unterhalb von 1.000 m und 90 % unterhalb von 2.500 m, während im Frühling die 50 %-Grenze bei 2.400 m lag und nur 10 % der Vögel unterhalb von 1.000 m flogen. Auch sie ermittelten die Windgeschwindigkeit als den wichtigsten Faktor bei der Wahl der Zughöhe.

Darüber hinaus bestehen artbezogene Unterschiede in der bevorzugten Zughöhe. So konnte JELLMANN (1989, zit. in ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a) für Limikolen einen Median der Zughöhe von 910 m feststellen, wogegen er bei Kleinvögeln bei 430 m lag. Auch GATTER (2000: 60-64) zeigt dies in Kap. 8.1.8 anhand zahlreicher Beispiele.

Für den Wegzug und den Heimzug sowie für den Tag- und Nachtzug ergeben sich somit generell unterschiedliche Zughöhenverteilungen, diesbezüglich bestehen jedoch noch erhebliche - z. T. auch methodisch bedingte - Wissenslücken (BERTHOLD 2000). Es lassen sich nach BERTHOLD (2000: 98) jedoch einige grobe Regeln aufstellen:

- Nachtzieher wandern im Allgemeinen höher als Tagzieher, nachts fehlt der sehr niedrige, bodennahe Zug oft vollständig
- Tags wandern im Ruderflug fliegende Vögel niedriger als im Segelflug fliegende
- Bei Gegenwind werden niedrigere Zughöhen mit geringeren Windgeschwindigkeiten aufgesucht
- Niederungen, Tiefebenen u. ä. werden in größeren Höhen überquert als bergige Gebiete oder Gebirge
- Schneller fliegende Arten wandern höher als langsam fliegende Arten

2.3 Räumliche Ausdehnung des Vogelzuges

Das flächendeckende Durchwandern der Durchzugsgebiete unabhängig von deren geomorphologischen Erscheinungen wird Breitfrontenzug genannt. Beim Schmalfrontenzug, wandern Arten lediglich in einem schmalen, definierten Korridor, ohne dass hierfür eine Leitlinienwirkung verantwortlich ist. Bei Schmalfronten kann es gebietsweise zu einer trichterartigen Verengung der konvergierenden Zugrouten kommen, was dann Trichterzug genannt wird. Bekannte Beispiele hierfür sind der Durchzug des Weißstorchs bei Gibraltar und in Israel (BERTHOLD 2000: 76-82).

Nach BERTHOLD (2000: 78) wirken Gebirge, Meere, Seen, Wüsten oder ähnliche ökologische Barrieren hemmend auf Zugvögel, auf sie zusteuernde Individuen können von ihnen abgelenkt werden. Andererseits können Flüsse, Küsten o. ä. auch anziehend oder leitend wirken. Werden Zugvögel von geomorphologischen Erscheinungen in ihrer Zugrichtung beeinflusst, spricht man von Leitlinien. Trifft der Breitfrontenzug auf derartige Leitlinien spricht man von geleitetem Breitfrontenzug. Wo Zugvögel auf Leitlinien auftreffen und dabei eine Richtungsänderung erfahren, ergibt sich nach BRUDERER (1996: 127) eine Verdichtung des Zuges. Je geringer der Richtungsunterschied zwischen Leitlinie und Basisrichtung des Zuges ist, desto geringer ist die Verdichtung, aber desto leichter lassen sich die Individuen von ihrer Primärrichtung abbringen. Je großräumiger eine Leitlinie ist, desto bedeutender ist das Ausmaß der daraus resultierenden Konzentration.

Der Mitteleuropäische Vogelzug wird insbesondere durch die Barrierewirkung der Alpen und der Ostsee bestimmt, die von etlichen Vögeln umflogen werden (GATTER 2000: 51). Nach ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER (2001a) ist die Hauptform des Vogelzuges in Rheinland-Pfalz der Breitfrontzug.

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 in BRUDERER 1996)

Neben den o. g. topografischen Gründen für Leitlinien können diese auch durch bestimmte Witterungssituationen entstehen. So beschreibt KORN (2000 zit. in ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a) verschiedene Zugrouten entlang von Taleinschnitten und Geländemulden, die insbesondere bei Wind genutzt wurden. Auch nach FOLZ (1998a, zit. in ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a) weichen Zugvögel bei West- bzw. Südwestwind in die Niederungen - insbesondere Tallagen, die in Hauptzugrichtung verlaufen - aus, um höheren Winde in den Mittelgebirgslagen zu vermeiden. Dementsprechend stellt RICHARDSON (2000) dar, dass sich Vögel insbesondere bei Seitenwind an linearen Landschaftsstrukturen wie Küstenlinien oder Hängen orientieren.

Schwachwindsituationen mit Windgeschwindigkeiten bis 5 m/s führen nach BRUDERER & LIECHTI (1990) nicht zu einer Drift, da diese vollständig durch Anpassung des Flugverhaltens kompensiert werden können. Bei stärkeren Westwinden werden Vögel durch Drift an großen Leitlinien wie dem schweizerischen Jura und den Alpen konzentriert. Südwest orientierte Alpentäler werden in diesen Fällen stärker als üblich genutzt, um auf die gewünschte Zugrichtung zu gelangen (BRUDERER & LIECHTI 1990, ZEHNDER et al. 2001). Nach HORCH et al. (2003: 5) gilt die Faustregel, dass Konzentrationen an Gebirgszügen und in Tälern umso stärker sind, „je höher die Gebirgszüge sind, je weniger diese von der Hauptzugrichtung abweichen und je stärker der Zug durch Gegenwinde und/oder Wolken in die unteren Luftschichten gedrückt wird“.

Es bestehen somit alle erdenklichen Übergänge zwischen dem Breitfrontenzug auf der einen und dem Schmalfrontenzug auf der anderen Seite (STEIOFF 2000: 45). Die in einer Landschaftsmatrix feststellbaren Konzentrationen bzw. Streuungen sind in erster Linie witterungsbedingt aber auch landschaftsmorphologisch begründet. BRUDERER (1996: 125) stellt auf Basis von simultanen Beobachtungen an vier verschiedenen Orten fest, dass „die Flugrichtungen in Süddeutschland stärker durch die Windverhältnisse als durch die räumlichen Unterschiede beeinflusst werden.“

Die genannten geomorphologischen und witterungsbedingten Aspekte können auch auf regionaler bis lokaler Ebene zu einer starken Diversifizierung des Vogelzuggeschehens führen. Auch kleinräumig kann sich der Zug auf einem Skalenniveau von rund 100 m sehr stark unterscheiden. Darüber hinaus sind hierbei auch tageszeitliche Aspekte („Wandern von Zugkorridoren“ über den Tagesverlauf) feststellbar. Zu dem Thema der kleinräumigen Verteilung des Vogelzuges ist der Kenntnisstand aktuell noch sehr gering, Untersuchungen hierzu stehen noch aus.

2.4 Umfang des Vogelzuges

Über den Gesamtumfang des Vogelzuges bzgl. Individuenzahl ist im Allgemeinen vglw. wenig bekannt bzw. bestehen nur grobe Schätzungen. Nach BERTHOLD (2000) wandern jährlich etwa 200 Vogelarten und über fünf Milliarden Vögel von Eurasien nach Afrika. LIECHTI et al. (1996a + b) gehen aufgrund von Zählungen

davon aus, dass in jedem Herbst etwa 500 Millionen Vögel die Strecke zwischen der Nordseeküste und den Alpen durchwandern.

Auf Basis von Mondbeobachtungen in Südosteuropa wiesen ZEHTINDJIEV & LIECHTI (2003) für den Frühjahrszug einen mittleren MTR-Wert („Migration Traffic Rate“ in Individuen pro Stunde und Kilometer) von 949 ± 724 ($n = 93$) nach. Dieser Wert war im März (647 ± 565 , $n = 27$) deutlich niedriger als im April (1.025 ± 710 , $n = 40$) und Mai (1.146 ± 829 , $n = 26$). Für den Herbst ermittelten dieselben Autoren eine mittlere MTR von 1.412 ± 947 ($n = 48$). Im August (1.021 ± 492 , $n = 48$) war dieser Wert deutlich niedriger als im September (1.667 ± 1070 , $n = 46$) und Oktober (1.587 ± 1085 , $n = 37$). Diese Werte sind vergleichbar mit anderen Zählungen aus Deutschland, Norditalien, Frankreich und Spanien (LIECHTI et al. 1996a und BRUDERER & LIECHTI 1999 zit. in ZEHTINDJIEV & LIECHTI 2003). Bei Untersuchungen von ZEHNDER et al. (2001) wurde für den herbstlichen Nachtzug an 17 Standorten ebenfalls ein vergleichbarer MTR-Wert von 1.538 ermittelt. Für den Tagzug sind uns keine vergleichbaren Angaben bekannt.

Der Umfang des Zugeschehens kann zwischen verschiedenen Zeiteinheiten stark schwanken. Im Herbst steigt die durchschnittliche Zahl durchziehender Individuen pro Tag Ende September sprunghaft an und erreicht Anfang bis Mitte Oktober ein „Peak“ und fällt danach deutlich ab (RANDLER 1996: 243). Gegenwind und starke Niederschläge verringern das Zugeschehen deutlich und lassen es ggf. ganz zum Erliegen kommen (DESHOLM 2006). Danach kann insbesondere nach lang anhaltenden Schlechtwetterphasen während der Zugzeiten sehr starkes Zugeschehen festgestellt werden. So konnten PETER et al. (1999) bei Mondbeobachtungen nach lang anhaltendem Tiefdruckeinfluss mit Gegenwind und Regenreichtum bis zu 20.000 Vögel pro Stunde und Kilometer nachweisen.

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass der Umfang des Wegzugs größer ist als des Heimzugs, da sich ersterer aus den Altvögeln sowie den diesjährigen Jungvögeln zusammensetzt, letzterer jedoch größtenteils nur aus reproduktionsfähigen Altvögeln. Der Umfang des Heimzugs ist also um die im Überwinterungsgebiet bzw. während des Zuges verstorbenen Individuen und um die nicht ziehenden, noch nicht reproduktionsfähigen Jungvögel verringert.

Bisher ist noch nicht im Detail bekannt, wie sich die genannten Individuenzahlen im Raum (Konzentrationen, Streuung etc.) verteilen (vgl. Kap. 2.3).

2.5 Tageszeitliche Aspekte des Vogelzuges

Nach ZEHNDER et al. (2001) ziehen zwei Drittel aller Zugvögel bei Nacht. Die Gründe dafür, dass ein Vogel in der Nacht zieht sind noch nicht abschließend geklärt, aber es bestehen bestimmte Hypothesen. Aufgrund der laminaren Schichtung der Luft mit weniger Turbulenzen als tagsüber, ist der nächtliche Zug für Arten, die im Ruderflug fliegen, ggf. weniger energieaufwändig als der Tagzug. Zudem ist der Wasserverlust aufgrund niedrigerer nächtlicher Temperaturen ge-

ringer und die Helligkeitsphase kann für die Nahrungsaufnahme verwendet werden, auch der Prädationsdruck ist niedriger. Darüber hinaus besteht beim Überqueren von Bereichen ohne geeignete Rasthabitate (z. B. Überquerung eines Meers durch einen Singvogel) der Zwang zu nächtlichem Zug (BERTHOLD 2000, LIECHTI & SCHMALJOHANN 2007a + b).

Der Nachtzug beginnt wenige Minuten nach Sonnenuntergang, etwa 0,5 bis 1 h nach Sonnenuntergang setzt der Singvogelzug massiv ein, insgesamt erreicht der Nachtzug bis 3 h nach Sonnenuntergang bereits die maximale Intensität. Der Verlauf innerhalb der Nacht kann je nach Wetter stark schwanken, meist beginnt die Dichte nach Mitternacht langsam abzunehmen (BRUDERER & LIECHTI 1998: 118). Der Tagzug erstreckt sich über die gesamte Helligkeitsphase, wobei Singvögel mit Ausnahme der Schwalbe zu 80 % in den Vormittagsstunden ziehen. Der Zug thermikabhängiger Großvögel beginnt dagegen tendenziell später und zieht sich bis in die Abendstunden hin (GATTER 2000: 223-237).

Nach SCHÜTT (2000: 219) nutzen insbesondere Kurz- und Mittelstreckenzieher, deren Winterquartiere nördlich der Sahara liegen, den hellen Tag zum Zug. Bei diesen Arten handelt es sich meist um solche, die sich außerhalb der Brutzeit von Körnern und Beeren ernähren. Unter den Langstreckenziehern ziehen insbesondere Stelzenverwandte und Schwalben tagsüber. Darüber hinaus sind alle Thermiksegler wie z. B. Störche und Greifvögel ausgesprochene Tagzieher. Primär nachts ziehen dagegen Grasmücken, Rohr- und Laubsänger und andere überwiegend Insekten fressende Langstreckenzieher. Nachtzieher sind mit Arten wie z. B. Rotkehlchen, Wasseramsel, Zaunkönig und einigen Rallen auch unter den Kurzstreckenziehern zu finden. Darüber hinaus gibt es mit Gänsen, Enten und einigen Limikolen auch eine große Gruppe von Arten, die sowohl tags und nachts ziehen.

Dies alles führt in der Konsequenz dazu, dass im Rahmen von Beobachtungen des sichtbaren Tagzuges lediglich ein Ausschnitt des ganztägig ablaufenden Zuggeschehens erfasst wird bzw. werden kann. Ebenso wird nur ein Ausschnitt aus dem an einem Ort durchziehenden Artenset erfasst.

3 Problemfeld Vogelzug und Windkraft

Vögel können hauptsächlich in drei verschiedenen Situationen innerhalb ihres Jahreszyklus durch Windkraftanlagen beeinflusst werden: während der Brutzeit, während aktiver Zugbewegungen und in Rastgebieten (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001 a + b, HÖTKER et al. 2005). Im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch ausschließlich auf den Aspekt des Vogelzugs eingegangen, da die anderen Themenbereiche nicht Bestandteil der Fragestellung waren und somit keine Daten hierzu erfasst wurden.

Es ist zu betonen, dass in der Literatur teils abweichende Angaben zu tatsächlicher Beeinträchtigung und deren Schwere bzw. Quantität von Vögeln durch

Windenergieanlagen zu finden sind. Die vorliegende Arbeit kann hier keine eingehendere Analyse und Bewertung vornehmen.

Vielmehr wird auf Basis der plausiblen Angaben dazu, dass Zugvögel durch Windenergieanlagen negativ beeinflusst werden können, sowie unter Ableitung bestimmter Kriterien (s. an späterer Stelle), eine vergleichende Bewertung von Standorten vorgenommen, die im Bereich vorgesehener Vorranggebiete für eine Windkraftnutzung im Biosphärengebiet Schwäbische Alb liegen.

Es ist den Bearbeitern bewusst, dass diese Arbeit nur einen Schritt im weiters notwendigen Prozess zur Erarbeitung von Kriterien und zur insgesamt erforderlichen Bewertung möglicher Windkraftstandorte darstellen kann. Es ergibt sich in diesem Zusammenhang noch umfangreicher Diskussions- und Untersuchungsbedarf.

Allgemein erhöht sich das Konfliktpotenzial bei schlechtem Wetter mit Gegenwind und/oder reduzierter Sicht durch Nebel oder Regen, da die Vögel hierauf mit einer Verringerung der Flughöhe reagieren und somit in den direkten Einflussbereich der Windkraftanlagen gelangen können (u. a. DESHOLM 2006, RICHARDSON 2000). Vögel ziehen insbesondere dann unter ungünstigen Bedingungen, wenn sie während des aktiven Zuges in Bereiche mit schlechtem Wetter fliegen oder von diesem überrascht werden. Unter diesen Umständen kann es vorkommen, dass die Vögel durch die schlechte Sicht so wenige optische Informationen bekommen, dass für sie eine Landung zu unsicher erscheint.

3.1 Störung durch Barriere- bzw. Scheuchwirkung

Ein erhebliches Beeinträchtigungspotenzial ist in Scheuch- bzw. Ablenkwirkungen von Windkraftanlagen zu sehen.³ Hier reagieren Arten mit schlechteren Flugeigenschaften (kleinerem Handflügelindex nach KIPP 1959, zit. in BERNHAUSEN et al. 2008) - also Waldvögel im weitesten Sinne - deutlich stärker als Arten des Offenlandes und des freien Luftraumes wie z. B. Greifvögel oder Segler. Bei den Untersuchungen von ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER (2001a) konnte nachgewiesen werden, dass nahezu alle registrierten Zugvogelindividuen vor den Windkraftanlagen in Zwangssituationen gerieten und mit auffälligen Verhaltensstörungen reagierten. Von den ca. 37.000 nachgewiesenen Individuen durchflogen lediglich 24 (0,06 %) die Windkraftparke. Hinter den Anlagen entstand somit ein zug- und rastvogelverarmter Bereich. Nahezu alle entsprechenden Individuen zogen in von den Windkrafträdern beeinflussten Höhenschichten. Nur wenige in größeren Höhen ziehende Vögel wurden von der Anlage nicht irritiert. Die Verhaltensänderungen der Vögel als Reaktion auf die Windkraftanlagen umfassten Kursabweichungen, Orientierungsverlust (Zugumkehr und Zugabbruch) und Formationsänderung.

³ Es muss in diesem Kontext jedoch ebenfalls berücksichtigt werden, dass Ausweichverhalten während des Zuges erheblich zur Reduktion der Kollisionswahrscheinlichkeit beiträgt (vgl. Kap. 3.2).

STÜBING (2001 und 2004, zit. in BERNSHAUSEN et al. 2008: 10-11) führte eine Studie an zehn hessischen Windparks zum Meideverhalten von Durchzüglern ($n > 55.000$) mit folgenden Ergebnissen durch:

- Das Ausweichverhalten steigt mit ansteigender Umdrehungsgeschwindigkeit der Rotoren, abnehmender Flughöhe sowie zunehmender Truppgröße.
- Die Anzahl der Einzelanlagen in einem Windpark spielen keine Rolle. Das Ausweichverhalten an Standorten mit zwei bzw. 18 Rotoren war vergleichbar.
- Ausweichbewegungen sind abhängig von der Rotorenhöhe (geringe Abweichung an kleinen Anlagen).
- Bei einer Lage der Windparks parallel zur Zugrichtung waren die Ausweichbewegungen am geringsten.
- Wenn lokale Leitlinien wie Täler und Waldränder um die Anlagen herumführten waren die Ausweichbewegungen gering. Waren die Anlagen innerhalb solcher Leitlinien errichtet, fand eine sehr starke Reaktion statt.
- Es zeigten 55 % der Durchzügler Verhaltensänderungen beim Passieren der Anlagen: Von diesen wichen bis zu einem Abstand von 350 Metern fast alle, zwischen 300 und 550 Meter etwa die Hälfte und von 550 bis 750 Meter nur noch wenige Tiere den Anlagen aus.

Die Ausweichrate von STÜBING (2001 und 2004 zit. in BERNSHAUSEN et al. 2008: 10-11) ist somit deutlich geringer als die von ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER (2001a) festgestellte. Ein Grund hierfür könnte sein, dass Ausweichbewegungen durch landschaftsstrukturelle Gegebenheiten, die potenzielle Leitlinien darstellen, vorgegeben werden und somit nicht als durch die Windkraftanlagen hervorgerufene Verhaltensänderung wahrgenommen wurden bzw. werden konnten.

Nach TRAXLER et al. (2004) ist eine Meidung von durchziehenden potenziell windkraftsensiblen Vogelarten gut abgesichert. Sie beschreiben eine Meidedistanz von ca. 500 m zu den Windparks, wobei in diesem Bereich eine vierfach geringere Durchzugsdichte von Kleinvögeln festgestellt wurde als auf einer Referenzfläche. Rohrweihen zeigten Ausweichbewegungen bis in Entfernungen von 1 km zu den untersuchten Windkraftanlagen. Durchschnittlich wichen die von ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER (2001a: 135) beobachteten „Zugvögel in einer Entfernung von ca. 500 m vor den Anlagen von ihrem Zugkurs ab. Kleinere Singvogeltrupps mit Meisen, Piepern, Stelzen, Finken und Ammern reagierten im Abstand von 300 bis 600 m vor den Anlagen. Drosseln (Amsel, Mistel-, Sing-, Rot-, Ring- und Wacholderdrossel) und besonders Feldlerchen wichen zwischen 400 und 700 m vor den Anlagen aus. Saatkrähen, Dohlen, Ringeltauben und Großvögel, wie Turmfalke, Mäusebussard, Rotmilan und Graureiher sowie individuenreiche Singvogeltrupps hielten die größten Abstände (500 - 800 m) ein.“

Die o. g. Barriere- und Scheuchwirkung führt „hinter“ den Windkraftanlagen zu nahezu rastvogelfreien Flächen (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a: 138). Darüber hinaus meiden insbesondere Offenlandarten die Umgebung von Windkraftanlagen (KOOP 1997 zit. in ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001b: 136). Besonders betroffen sind hier Brutvögel der Tundra wie Gänse, Enten, Limikolen und See-

schwalben, wobei einzelne Arten Abstände bis zu 800 m zu Windkraftanlagen einhalten (vgl. auch Tabelle in ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001b: 137-138). Insbesondere in den offenlandärmeren Mittelgebirgslagen sind Rastgebiete für diese Artengruppen bereits aktuell stark im Mangel und somit stark schutzbedürftig.

Inwieweit solche Verhaltensänderungen (insbesondere unter summarischer Betrachtung aller auf dem Zugweg zu umfliegenden Windkraftanlagen) zu einer verringerten Fitness o. ä. führen können, ist aktuell nicht bekannt. In einer Zeit hohen Energiebedarfs wie der herbstlichen Zugphase könnte ein anthropogen zusätzlich erhöhter Energiebedarf jedoch durchaus Relevanz entfalten. Dieser Effekt kann noch durch den o. g. Verlust an Rast- und Nahrungsflächen bzw. die potenzielle Unterbrechung von großräumigen Funktionsbeziehungen zwischen Brut-, Mauer-, Rast- und Überwinterungsgebieten verstärkt werden, wobei ein gesicherter Nachweis hierfür noch aussteht (DREWITT & LANGSTON 2006).

3.2 Mortalität

Aktiv ziehende Individuen können direkt durch Anprall zu Schaden kommen bzw. getötet werden. So liegt eine Vielzahl von Studien vor, die Individuenverluste von Vögeln an Windkraftanlagen belegen.

- In 21 mittel- und nordeuropäischen Windparks wies WINKELMANN (1992, zit. in BERNSHAUSEN et al. 2008) 0,8 Kollisionsopfer pro Anlage und Jahr nach. In den Niederlanden variierte diese Rate von 2,4 - 56,2 für Großvögel und von 2,1 - 63,8 für Singvögel.
- In Gibraltar wurden während eines Jahres 43 Gänsegeier und mindestens 40 weitere Greifvögel als Kollisionsopfer gezählt (ACHA 1998, zit. in BERNSHAUSEN et al. 2008).
- Bei der Modellierung des Kollisionsrisikos für Eiderenten an einer dänischen Offshoreanlage wurde bei 235.136 durchziehenden Individuen eine Kollision von 47 Individuen (0,02 %) vorhergesagt (DESHOLM & KAHLERT 2005).
- KRIJGSVELD et al. (2009) ermittelten an drei niederländischen Windparks eine mittlere Kollisionsrate von 0,08 Vögeln pro Windkraftanlage und Tag bei einer Spanne von 0,05-0,19. Die gefundenen Kollisionsopfer setzten sich wie folgt zusammen: 27 % nachziehenden Durchzügler, 55 % lokale Vögel, 73 % tagaktive Arten.
- TRAXLER et al. (2004) fanden durchschnittlich 2,6 Vögel pro Anlage und Jahr und berechneten daraus eine Kollisionsrate von 7,06 Vögeln pro Anlage und Jahr. Zwischen den einzelnen Windparks wurden deutliche Unterschiede festgestellt, die jedoch nicht mit dem beobachteten Zuggeschehen in Zusammenhang standen.
- In 11 Monaten wiesen THELANDER & RUGGE (2000) 95 Kollisionsopfer an 414 untersuchten Windkraftanlagen nach; 49 (52 %) davon waren Greifvögel; die er-

rechnete Mortalitätsrate lag bei 0,15 Vögeln pro Windkraftanlage und Jahr, für Greifvögel lag sie bei 0,06.

- LANGGEMACH & DÜRR (2011) bzw. DÜRR (2011) stellen die Anzahl bekannt gewordener Kollisionsopfer in Deutschland bzw. Europa sowie bezüglich Kollisionsgefährdung relevante Informationen dar.
- Von 61 Todesfällen des Steinadlers wurden 23 (28 %) durch Kollisionen mit Windkraftanlagen verursacht (HUNT 2000).

Inwieweit sich diese Ergebnisse auf die süddeutschen Mittelgebirge übertragen lassen und welche quantitativen Risiken hier zu erwarten sind, ist z. T. nicht bekannt bzw. wäre noch näher zu untersuchen.

Da die durchschnittliche Zughöhe nachziehender Vögel höher liegt als diejenige tagziehender Arten (vgl. Kap. 2.2), sind insbesondere letztere durch direkten Vogelschlag bedroht. Dennoch tritt nach VOGELWARTE SEMPACH (2008: 3) für nachziehende Vögel insbesondere bei schlechten Sichtverhältnissen und Nebel ein erhöhtes Gefahrenpotenzial auf, weil Vögel in solchen Wettersituationen durch das Licht dauerhaft beleuchteter Anlagen angezogen werden können (s. a. RICHARDSON 2000). Nach HILL & HÜPPOP (2007, zit. in WOLF et al. 2010) stellen Nächte mit massivem Vogelzug und vielen desorientierten Individuen potenzielle Massenkollisionsnächte dar, die jedoch aufgrund der bestehenden Kenntnisdefizite nicht vorhersagbar sind. Auch für tagziehende Arten erhöht sich das Kollisionsrisiko bei ungünstigen Witterungsbedingungen, die zum einen zu einer Einschränkung der Sichtverhältnisse und zum anderen zu einer Änderung der Zughöhe führen können (z. B. NLT 2011).

Neben dem direkten Kollisionsrisiko besteht auch die Gefahr, dass ziehende Vögel durch eine Windenergieanlage vom Zugweg abgelenkt werden, in einen Sog geraten oder durch den Wirbel der Rotoren zu Boden geschleudert werden (VOGELWARTE SEMPACH 2008). Da der Vogelzug auf traditionellen Zugwegen erfolgt, ergibt sich die entsprechende Konfliktsituation jedes Jahr von neuem. Auch artspezifische Häufungen von Kollisionen sind dokumentiert (DÜRR & LANGGEMACH 2006, VOGELWARTE SEMPACH 2008).

DESHOLM & KAHLERT (2005) stellten bei ziehenden Eiderenten aktives Kollisionsvermeidungsverhalten auf mehreren Ebenen fest: sie vermieden eine Kollision durch a) Umfliegen des gesamten Windparks, b) Abstandhalten zu den Einzelanlagen innerhalb des Windparks, c) eine Anpassung der Flughöhe in außerhalb des Einflussbereichs der Rotoren gelegene Höhen und d) durch Verhaltensänderung im letzten Moment von der Kollision. Insgesamt wurde eine Vermeidungsrate von 94,6 % ermittelt. Auch andere Arten zeigen, wie in Kapitel 3.1 dargestellt, diese Ausweichbewegungen, die zu einer deutlichen Reduktion des Kollisionsrisikos führen. CHAMBERLAIN et al. (2005) vermuten, dass widrige Witterungsbedingungen durch ein Reduktion des Meideverhaltens zu erhöhter Kollision führen, was DESHOLM & KAHLERT (2005) für die Eiderente jedoch nicht bestätigen konnten, da die Tiere entweder ihre Zugbewegungen einstellten oder in größeren Höhen außerhalb des Einflussbereichs der Windkraftanlagen flogen.

Ausweichbewegungen und der lediglich einmalige Kontakt mit dem Einflussbereich einer Windkraftanlage durch einen ziehenden Vogel reduzieren die Kollisionsgefahr für einen Zugvogel drastisch im Vergleich zu einem über längere Zeit anwesenden Brut- oder Rastvogel mit häufigeren Flugbewegungen im Bereich der Windkraftanlagen. So konnten z. B. GRÜNKORN et al. (2005, zit. in REICHENBACH & HANDKE 2006) mittels parallel durchgeführter Radarbeobachtung und Suche nach Kollisionsopfern trotz starken Drosselzugs keine Drosseln unter den Windkraftanlagen finden, stattdessen in erster Linie Möwen und Limikolen, die in dem Gebiet als Rastvögel auftraten. EVERAERT & STIENEN (2006, zit. in DREWIT & LANGSTON 2008) untersuchten den Brutbestand von Seeschwalben bei Zeebrugge in Belgien. Sie stellten eine durch Kollisionen mit Windkraftanlagen um 1,5 % erhöhte Altvogelmortalität fest. Die Vögel kollidierten auf ihren Flügen zwischen den Nestern und den Nahrungsflächen. Auch in Gibraltar waren in erster Linie lokale Brutvögel (Gänsegeier, Turmfalke) unter den Kollisionsopfern zu verzeichnen (BARRIOS & RODRIGUEZ 2004).

DREWIT & LANGSTON (2008) stellen demgegenüber dar, dass die Gewöhnung lokaler Brutvögel an vorhandene Hindernisse das Kollisionsrisiko im Vergleich zu Durchzügeln und Wintergästen reduzieren kann.

Auch DE LUCAS (2007) stellten fest, dass es keinen klaren Zusammenhang zwischen der Abundanz und der Mortalität an Windkraftanlagen gibt, so deckte sich der Zeitraum mit der höchsten festgestellten Mortalität nicht mit dem Zeitraum der höchsten Vogelabundanz im Betrachtungsraum.

In der Fachwelt ist umstritten, ob die Kollisionsrate unabhängig von der Ausgestaltung der Windkraftanlagen ist. So konnte bei einer Auswertung der Kollisionsopfer an 33 Standorten kein Zusammenhang zwischen Anzahl der Kollisionsopfer und dem Rotordurchmesser sowie der Anlagenhöhe festgestellt werden (BARCLAY et al. 2007). Dagegen stellen DE LUCAS et al. (2007), CRAWFORD & ENGSTRÖM (2001, zit. in DREWITT & LANGSTON 2008) und THELANDER & SMALLWOOD (2007, zit. in DREWITT & LANGSTON 2008) dar, dass mit der Höhe der Anlage die Kollisionsrate ansteigt.

Untersuchungen zur windkraftbedingten Mortalität bei Steinadlern und Rot-schwanzbussarden in Nordamerika ergaben, dass insbesondere die Anordnung mehrerer Windkraftanlagen im Raum und im Bezug auf die lokalen topografischen Gegebenheiten einen großen Einfluss auf die Kollisionsrate besitzt. Stehen mehrere Windkraftanlagen in einer Reihe, wurden an den beiden Endpunkten die jeweils höchsten Anflugraten festgestellt. Dies gilt ebenso für Anlagen an steilen Hängen oder in Tälern. Die mittig in einer Reihe oder in flachem Terrain gelegenen Anlagen weisen dagegen eine niedrigere Kollisionsrate auf (CURRY & KERLINGER 2000). Beim Vorhandensein großer Thermiksegler (z. B. Geier) geht zudem von Windkraftanlagen an flachen Hängen ein erhöhtes Kollisionsrisiko aus, da hier vglw. schwache Aufwinde herrschen.

Die Kollision an Windkraftanlagen steht dennoch als allgemeiner Gefährdungsfaktor deutlich hinter der Kollision an Glasflächen und Energiefreileitungen zu-

rück [ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001b, SACHSLEHNER & KOLLAR 1997, TRAXLER et al. 2004, WINKELMANN 1992 (zit. in BERNSHAUSEN et al. 2008), DE LUCAS et al. 2007].

Dennoch gibt es für einzelne Arten Hinweise auf eine erhöhte Mortalitätsrate, die auf Populationsebene Relevanz entfalten kann. Dies trifft insbesondere auf Arten mit geringer natürlicher Mortalität und Reproduktionsrate zu, da bei diesen Arten eine Erhöhung der Mortalität schnell zu einer allgemeinen Bestandsreduktion führen kann (CHAMBERLAIN et al. 2006, zit. in ILLNER 2011, DREWITT & LANGSTON 2008). Nach Angaben von DIERSCHKE et al. (2003, zit. in DREWITT & LANGSTON 2008) kann bereits eine Erhöhung der Mortalität um 0,5 % schwerwiegende Auswirkungen haben.

Es liegen Beobachtungen jagender Mäusebussarde, Rotmilane, Turm- (mit Brutten in Nistkästen an den Anlagenmasten) und Baumfalken sowie der drei Weihenarten innerhalb verschiedener Windparks vor (BERNSHAUSEN et al. 2008). Dies, in Zusammenhang mit dem Nachweis von Kollisionsopfern dieser Arten, wird als fehlendes Meideverhalten mit der Folge eines stark erhöhten Kollisionsrisikos gedeutet. Die genauen Ursachen hierfür sind noch nicht im Detail geklärt. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass ein bestehendes Meideverhalten durch ein attraktives hohes Nahrungsangebot im Bereich der Windkraftanlagen überdeckt wird. Dass sich eine hohe Nahrungsverfügbarkeit anziehend auf Vogelarten auswirken kann, wurde z. B. in Nordamerika nachgewiesen, wo sich Steinadler bevorzugt im Nahbereich von Windkraftanlagen aufhalten, da hier ihre Beute in besonders hohen Abundanzen vorhanden ist (CURRY & KERLINGER 2000). Dies trifft vermutlich auch auf den Rotmilan zu (s. u.).

LANGGEMACH & DÜRR (2011) listen die festgestellten Kollisionsopfer einer Auswahl von Arten dar. Die Arten mit den meisten bisher in Deutschland gefundenen Opfern sind (Stand Mai 2011) Rotmilan (n = 143), Seeadler (n = 62), Uhu (n = 11) und Weißstorch (n = 21). Von diesen Arten sind im vorliegenden Fall insbesondere Rotmilan (als Brutvogel der Umgebung, Durchzügler und Rastvogel) und Uhu (Brutvogel der Umgebung) relevant⁴.

Bezüglich des Rotmilans besteht insbesondere für Alt- und Brutvögel (89 % aller Funde) ein hohes Kollisionsrisiko, wobei auch mehrjährig bruterfahrene und brutortstreue Vögel verunglücken. Die Mehrzahl der Altvogelverluste liegt in der Zeit zwischen Revierbesetzung und Selbständigwerden der Jungen (86 %), Jungvögel verunglücken dagegen relativ selten. Die in Brandenburg festgestellte zusätzliche Sterblichkeit von Rotmilanen jenseits der Nestlingsphase durch WEA lag zwischen 2001 und 2009 bei 57,8 % (n = 123). Ursache hierfür scheint ein fehlendes Meidungsverhalten zu sein, das wahrscheinlich auf ein erhöhtes Nahrungsangebot im Bereich der Windkraftanlagen zurückzuführen ist. Diese Lockwirkung üben die Flächen sowohl während der Brut- als auch der Zugzeit auf die Rotmilane aus. Windenergieanlagen stehen auf Rang 1 der anthropogenen Verlustursachen des

⁴ Darüber hinaus wären ggf. weitere Greifvogelarten wie z. B. Baumfalke, Wanderfalke und Wespenbussard zu betrachten.

Rotmilans. Hieraus werden die folgenden Abstandsempfehlungen zu Rotmilanbrutplätzen abgeleitet: 1 km Tabubereich und 6 km Prüfbereich zum Horst (LANGGEMACH & DÜRR 2011).

Beim Uhu sind insbesondere die vom Brutplatz wegführenden Distanzflüge riskant, die in Höhen von 80 - 100 m erfolgen. Hierbei kollidieren wie beim Rotmilan insbesondere reproduktionsfähige Altvögel. Hieraus werden die folgenden Abstandsempfehlungen zu Uhubrutplätzen abgeleitet: 1 km Tabubereich, 3 km Schutzbereich und 6 km Prüfbereich zum Horst (LANGGEMACH & DÜRR 2011).

Für zukünftige Untersuchungen an Windkraftanlagen schlägt DESHOLM (2006) vor, in erster Linie große, langlebige Vogelarten wie Greifvögel und Wasservögel zu betrachten.

Zur exakten Prognose der Kollisionsgefährdung durch eine Windkraftanlage sind die bestehenden Modelle (BAND et al. 2005, zit. in CHAMBERLAIN et al. 2006 aus ILLNER 2011) noch nicht geeignet, da hier davon ausgegangen wird, dass der Vogel nicht versucht, die Kollision durch eine Verhaltensänderung zu vermeiden (CHAMBERLAIN et al. 2006, zit. in ILLNER 2011).

4 Material und Methoden

4.1 Untersuchungsraum und Standorte

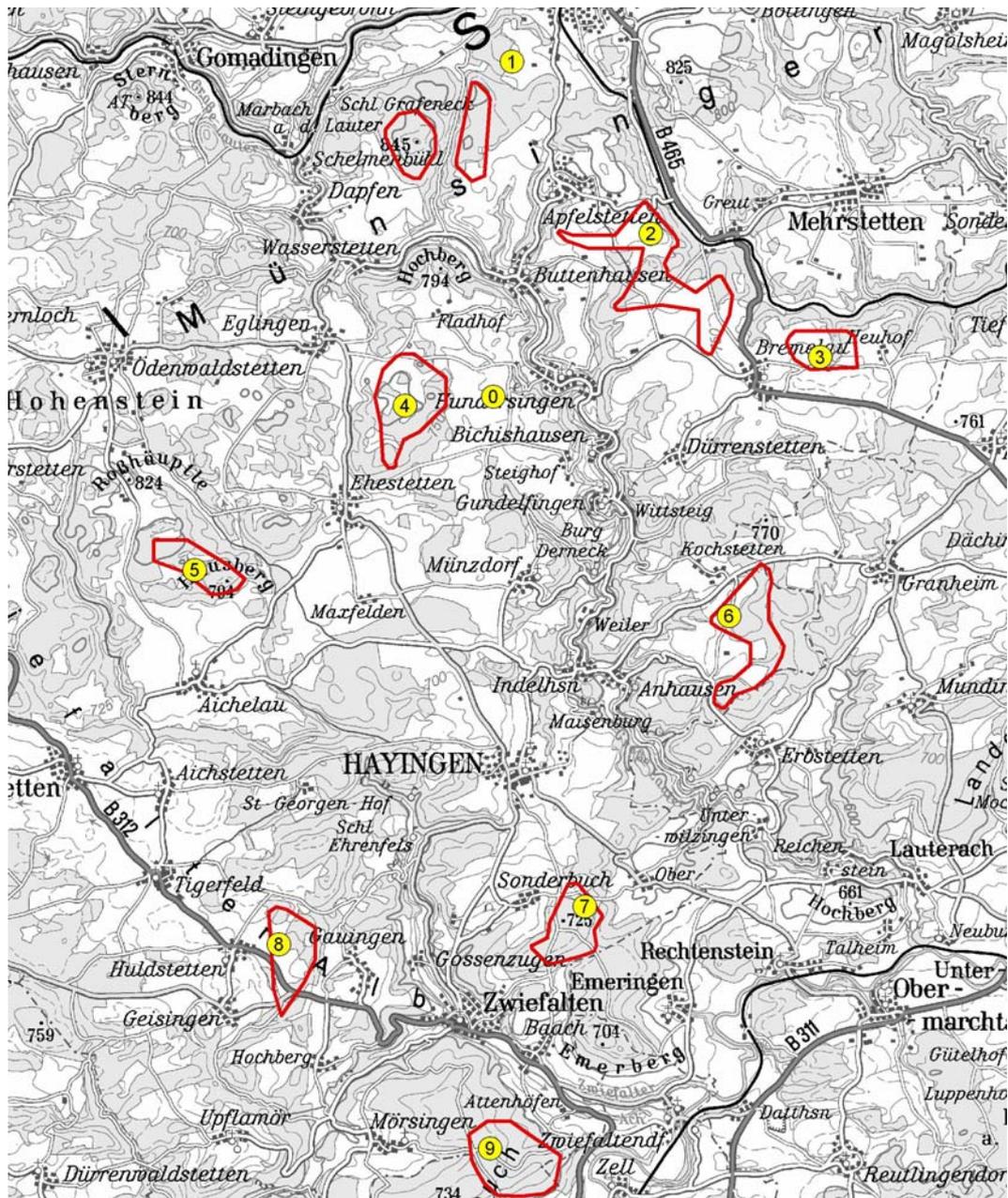


Abb. 1: Lage der Zählstandorte (gelbe Punkte) und der Vorranggebiete für Windenergienutzung (rot umrandet) [Datengrundlage: (Geo-)Basisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung/Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) Bad.-Württ. (LUBW/LGL)].

4.2 Feldmethoden

In den Vorranggebieten wurden Observierungen des sichtbaren Vogelzugs (Tagzug) (vgl. HILL & HÜPPOP 2007, zit. in WOLF et al. 2010, HÜPPOP et al. 2010) mit je vier Wiederholungen durchgeführt. Zudem wurde ein Referenzpunkt "zwischen" den Vorranggebieten ausgewählt (Zählpunkt 0), an dem bei jeder Observierung in den Vorranggebieten simultan Zählungen durchgeführt wurden. Anhand dieser Referenzdaten war es möglich, die an teils unterschiedlichen Tagen ermittelten Daten der Vorranggebiete zu normieren.

Zunächst wurde im Rahmen einer Übersichtsbegehung für jedes Vorranggebiet der Anblickspunkt ausgewählt, der nach Experteneinschätzung auf Vorranggebiets-ebene das beste Zählergebnis erwarten ließ. Kriterien hierfür waren ein guter Überblick, ein offenes Sichtfeld nach Nordosten und eine Lage, die einen für das Vorranggebiet möglichst umfassenden Überblick des Vogelzuggeschehens erwarten lies. Zudem wurde ein Referenzpunkt im Umfeld der Vorranggebiete bzw. zwischen diesen ausgewählt. Für jeden Punkt wurde ein Zählkorridor definiert und in einem Luftbild eingezeichnet (s. Karten im Anhang). Eine vollständige Standardisierung der Korridorbreite war aufgrund der räumlichen Gegebenheiten nicht möglich. Die maximale Korridorbreite (unabhängig von der Himmelsrichtung) je Standort liegt daher zwischen 230 m und 880 m, im Mittel bei 596 ± 171 m (Tab. 1). Bei 8 Zählpunkten liegt die Abweichung von der mittleren Korridorbreite unter 20 %. Am Zählpunkt 9, einer Waldlichtung, war es aufgrund der Waldkulisse lediglich möglich auf 230 m Breite zu zählen. An Standort drei wurde hingegen auf 880 m der Zug erfasst.

Tab. 1: Zählpunkte und maximale Breite des Zählkorridors

Zählpunkt	Max. Korridorbreite (m)
0	590
1	660
2	670
3	880
4	660
5	500
6	480
7	710
8	580
9	230

Die Erfassung erstreckte sich über den Zeitraum vom 11.09. bis 17.10.2011. Insgesamt wurde an 12 Terminen der sichtbare Vogelzug erfasst. Dabei wurden je-

weils simultan drei Vorranggebiete und der Referenzpunkt bearbeitet⁵. In jedem Vorranggebiet wurden vier Wiederholungen durchgeführt, an der Referenz hingegen an zwölf Terminen gezählt. Die Termine wurden so gelegt, dass in jedem Vorranggebiet je eine Zählung in der zweiten und dritten Septemberdekade, bzw. ersten und zweiten Oktoberdekade lag.

Die Zählungen wurden von Nils Agster (NA), Ulrich Dorka (UD), Volker Dorka (VD), Johannes Mayer (JM), Wolfgang Lissak (WL), Roland Steiner (RS) und Florian Straub (FS) durchgeführt. Alle Bearbeiter sind entsprechend qualifiziert.⁶

Um eine größere Beobachterabhängigkeit in der Bewertung der einzelnen Standorte zu vermeiden, rotierten die Bearbeiter so, dass an einem Standort maximal zweimal von demselben Beobachter gezählt wurde. Die Referenz wurde hingegen immer durch denselben Bearbeiter besetzt, um eine vergleichbare Normierungsbasis zu gewährleisten. Tabelle 2 führt die jeweiligen Zähltage und Bearbeiter an den einzelnen Standorten auf.

Ein Beobachtungsansatz begann ½ h vor Sonnenaufgang und dauerte sechs Stunden an. Das Vorgehen richtete sich methodisch an den Vorgaben der Zugplanbeobachtung (GATTER 2000, HÜPOPP et al. 2010) aus. Dabei wurden von einem Anzitzpunkt aus alle durchziehenden Vogelindividuen innerhalb eines definierten Zählkorridors, in 15 Minuten-Intervallen, getrennt nach Arten erfasst. Zudem wurde die Zählung in drei Zughöhen (<50 m, 50 - 250 m, >250 m) stratifiziert, um in Annäherung die Höhenschichten unterhalb der Rotorfläche, die direkt durch die Rotoren beeinflusste Schicht und den Bereich darüber zu differenzieren. Einzelvögel und kleine Trupps wurden in der Regel ausgezählt, größere Trupps (>50 Individuen) hingegen zumeist geschätzt.

Tab. 2: Zähltage und Bearbeiter nach Standort (Abkürzungen der Bearbeiter s. Text)

Dekade	Datum/ Standort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. Sept.	11.09.11	UD							VD	RS	NA
	14.09.11	UD		VD	RS			WL			
	16.09.11	UD	WL			VD	RS				
3. Sept.	21.09.11	UD							VD	FS	JM
	22.09.11	UD		VD	FS			RS			

⁵ Zusätzlich wurden am 12.10.2011 drei Standorte (7: F. Straub, 8: J. Mayer, 9: R. Steiner) bearbeitet, ohne dass die Referenz besetzt war (vgl. Tab. 1). Die an diesem Tag gewonnenen Daten fließen aus diesem Grund nicht in die Bewertung und den Vergleich der einzelnen Standorte mit ein, werden jedoch zu anderen, standortsunabhängigen Auswertungen (z. B. Analyse der präferierten Zughöhe) herangezogen.

⁶ Es sind hierbei spezifische Erfahrungen der Bearbeiter mit Vogelzugbeobachtungen erforderlich. Reine Kenntnisse aus Brutvogelerfassungen sind hier nicht als ausreichend einzustufen.

Dekade	Datum/ Standort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	23.09.11	UD	WL			VD	RS				
1. Okt.	05.10.11	UD							FS	RS	JM
	06.10.11	UD		JM	FS			RS			
	07.10.11	UD	JM			FS	FS				
2. Okt.	12.10.11								FS	JM	RS
	14.10.11	UD		RS					FS		
	15.10.11	UD			NA			FS		JM	RS
	17.10.11	UD	JM			RS	FS				

4.3 Auswertungsmethoden

4.3.1 Referenzierung des Datensatzes

Das Zugaufkommen an einzelnen Tagen kann je nach Witterung auch innerhalb einer Dekade großen Schwankungen unterliegen (Abb. 3, 4). Zählungen an unterschiedlichen Tagen und verschiedenen Standorten sind daher nicht direkt vergleichbar. Daher war es notwendig, die Zähldaten der Vorranggebiete am Referenzstandort zu relativieren, um den Tageseffekt auszuschalten.

Daher wurden die artspezifischen Individuensummen der vier Zähltermine je Standort addiert, durch die Summe der an den gleichen Tagen an der Referenz ermittelten Individuensummen geteilt und anschließend mit 100 multipliziert. Die Referenz wurde also gleich 100 % gesetzt. Der so ermittelte Wert wurde anschließend mit dem Mittelwert der jeweiligen Art an der Referenz über alle 12 Zähltermine multipliziert. Dieser rechnerische Wert, die mittlere Individuensumme, erlaubt einen direkten Vergleich zwischen den Standorten. Die mittlere Individuensumme gibt die durchschnittliche Anzahl durchziehender Individuen je Zähltag und Standort an. Hierbei bezieht sich ein Zähltag auf die ersten 6 Morgenstunden zwischen 11.09. und 17.10.2011 des jeweiligen untersuchten Tages.

Von den 93 festgestellten und für den Standortvergleich zu berücksichtigenden Arten⁷ konnten 28 (30 %) an der Referenz normiert werden. Diese umfassen allerdings 96 % (89.349 Individuen) aller gezählten Individuen. Nahezu alle Arten mit über 150 nachgewiesenen Individuen konnten in der relativierten Betrachtung berücksichtigt werden. Lediglich für Misteldrossel, Rabenkrähe, Kormoran, Dohle, Amsel und Hohltaube war dies nicht möglich. Hierbei handelt es sich zum einen um Waldarten, die an der im Offenland gelegenen Referenz kaum durchzogen (z. B. Misteldrossel, Amsel, Hohltaube), zum anderen um zumindest im Betrachtungszeitraum nicht oder kaum ziehende Arten bzw. lokale Populationen (Dohle,

⁷ Unter Einbeziehung des 12.10. wurden 95 Arten festgestellt, jedoch konnte dieser Zähltag nicht in den Vergleich eingehen und musste wiederholt werden (s. Kap. 4.2).

Rabenkrähe). Der Kormoran konnte zwar in relativ hoher Individuenzahl ($n = 281$), aber mit nur wenigen Beobachtungen ($n = 15$) nachgewiesen werden.

4.3.2 Bewertung

Aus Baden-Württemberg liegt kein Gesamtüberblick zum sichtbaren Herbstzug vor und es sind nur wenige punktuelle Zugplanbeobachtungen publiziert (MANN & PURSCHKE 1989, RANDLER 1996, GATTER 2000). Auch Synchronzählungen des Vogelzugs wurden bislang nach den uns vorliegenden Informationen nicht durchgeführt. Damit liegen keine Vergleichsdaten vor, die eine Bewertung des Vogelzugsgeschehens auf landesweitem Maßstab erlauben. In der vorliegenden Untersuchung werden daher die 10 untersuchten Standorte untereinander verglichen und bewertet.

Die Bewertung basiert auf drei gleich gewichteten Hauptkriterien, nämlich auf artbezogenen Durchzugsschwerpunkten, dem spezifischen Kollisionspotenzial sowie der Bedeutung des jeweiligen Standorts für bedrohte Arten (Durchzug). Die Hauptkriterien setzen sich aus zwei bis vier unterschiedlich gewichtetet Unterkriterien zusammen (vgl. Tab. 3).

Den einzelnen Standorten wurden für jedes Unterkriterium Ränge zugeordnet, wobei der Maximalwert eines Kriteriums den Rang 10, der Minimalwert den Rang 1 erhielt. Traten identische Werte an zwei oder mehreren Standorten auf, so wurde jeweils der untere Rang vergeben. Anschließend wurden die vergebenen Ränge mit dem aus fachlicher Sicht zugeordneten Wichtungsfaktor multipliziert. Die so ermittelten Werte der Unterkriterien wurden für jeden Standort und jedes Hauptkriterium addiert und anschließend durch 16 dividiert. Ein Hauptkriterium kann damit an einem Standort maximal den Indexwert 10 erreichen. Die Summe der drei Hauptkriterien maximal 30.

Die Bewertung führt nach Einschätzung der Bearbeiter in diesem Sinne zu einem fachlich guten und plausiblen Bild im Konflikt-Ranking für eine vorgeschaltete Ebene im Vergleich von Vorranggebieten (bezüglich Herbstzug). Gleichwohl ist auch hierbei anzumerken, dass Bewertungskriterien und ihre Anwendung in diesem Feld noch einer weiter gehenden Entwicklung und Diskussion bedürfen. Mit einer aktuell in Vorbereitung befindlichen Arbeit formulieren z. B. DIERSCHKE & BERNOTAT (2012) ein Kriterienset zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere mit besonderer Berücksichtigung der deutschen Brutvogelarten, das sich sicherlich in diesem Rahmen einsetzen lässt.

Aus den ermittelten Indexwerten wurden drei Klassen gebildet (Tab. 4).

Tab. 3: Bewertungskriterien und deren Gewichtung.

Hauptkriterium	Unterkriterium	Beschreibung	Wichtungsfaktor
Artbezogene Durchzugsschwerpunkte	Anzahl Arten mit Durchzugskonzentration	Anzahl der Arten, bei denen >20 % der normierten Gesamtindividuensumme am Standort gezählt wurde. Berücksichtigt wurden ausschließlich die Arten, die an der Referenz normiert werden konnten. Von diesen wurden der Girlitz und die Ringeltaube aus der Analyse ausgeschlossen (s. Kap. 6).	10
	Mittlere Anzahl durchziehender Individuen	Mittlere Gesamtindividuensumme	6
spezifisches Kollisionspotenzial	Mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhtem Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Flughöhe der Arten	Berücksichtigt wurden die 23 Arten, bei denen mind. 20 % der festgestellten Individuen in der mittleren Höhenstufe (50 m - 250 m) und damit im potenziellen Rotorengefahrenbereich geflogen sind. Datengrundlage war deren aufsummierte und normierte Gesamtindividuensumme. In der Analyse wurden ausschließlich Arten mit >20 Nachweisen berücksichtigt.	10
	Mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel	Mittlere Individuensumme über alle Greifvögel	6
Bedeutung für bedrohte Arten	Mittlere Anzahl durchziehender Individuen SPEC 2	Mittlere Individuensumme über alle SPEC 2-Arten	8
	Mittlere Anzahl durchziehender Individuen prioritäre Arten in D (P, P3)	Mittlere Individuensumme über alle für Deutschland prioritäre Arten	4
	Mittlere Anzahl durchziehender Individuen SPEC 3	Mittlere Individuensumme über alle SPEC 3-Arten	2
	Mittlere Anzahl durchziehender Individuen der Roten Liste D	Mittlere Individuensumme über alle deutschen Rote Liste-Arten	2

Die internationale Schutzrelevanz wird durch eine Einstufung der Arten in SPEC-Kategorien ausgedrückt (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004). Arten in der Kategorie SPEC 1 sind europäische Arten von globalem Naturschutzbelang (hier jedoch nicht enthalten). Arten der Kategorie SPEC 2 sind europäische Art ohne globalen Naturschutzbelang, aber mit ungünstigem Erhaltungszustand in Europa deren globale Population oder Verbreitungsgebiet sich in Europa konzentriert. Die Kategorie SPEC 3 enthält europäische Art ohne globalen Naturschutzbelang, aber mit ungünstigem Erhaltungszustand in Europa deren globale Population oder das Verbreitungsgebiet sich nicht in Europa konzentriert. Nach NIPKOW (2005) sind

Arten mit einem Populationsanteil Deutschlands an Europa von >3 % (P3) bzw. >1 % (P) prioritäre Arten für den Vogelschutz in Deutschland.

Unter Berücksichtigung der Spannbreite erreichbarer Werte wurde eine Bewertungsskala mit einfacher, dreistufiger Gliederung und einheitlichen Wertespannen gewählt. Differenziert wird in ein im Vergleich der Standorte erkennbar hohes, ein mittleres und ein eher geringes Konfliktpotenzial. Die Formulierung „eher gering“ für die mittlere Stufe wurde aus Vorsorgegründen gewählt, weil keine Referenzwerte für eine Skalierung im landesweiten Maßstab vorlagen.

Tab. 4: Bewertungsschema zum Konfliktpotenzial zwischen dem sichtbaren herbstlichen Vogelzug (Tagzug) und untersuchten Vorranggebieten für den Ausbau der Windkraftnutzung im Biosphärengebiet Schwäbische Alb

Wert	Bewertung	Erläuterung
≤10	eher geringes Konfliktpotenzial	<p>Nach den angewendeten Kriterien im Standortvergleich von geringer Bedeutung und Sensibilität.</p> <p>Bezogen auf den Herbstzug von Vögeln ist unter fachlichen Aspekten wahrscheinlich, dass - vorbehaltlich Detailfragen der Windpark- und Anlagenplanung einschließlich zumutbarer Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen sowie unter der Voraussetzung einer grundsätzlich ausreichenden Begründung des Vorhabens - artenschutzrechtlich keine grundsätzlichen Hindernisse bestehen.</p>
>10 bis ≤20	mittleres Konfliktpotenzial	<p>Nach den angewendeten Kriterien im Standortvergleich von mittlerer Bedeutung und Sensibilität.</p> <p>Bezogen auf den Herbstzug von Vögeln bedürfen weitergehende Planungen möglicherweise einer besonderen Differenzierung im Vorranggebiet, höheren Aufwendungen für Vermeidung und Minderung und/oder einer ausführlicheren Auseinandersetzung mit der Frage zumutbarer Alternativen.</p> <p>Unter fachlichen Aspekten ist dennoch wahrscheinlich, dass - vorbehaltlich Detailfragen der Windpark- und Anlagenplanung sowie unter der Voraussetzung einer grundsätzlich ausreichenden Begründung des Vorhabens - artenschutzrechtlich bezogen auf den Herbstzug von Vögeln keine grundsätzlichen Hindernisse bestehen.</p>
>20	hohes Konfliktpotenzial	<p>Nach den angewendeten Kriterien im Standortvergleich von hoher Bedeutung und Sensibilität.</p> <p>Bezogen auf den Herbstzug von Vögeln ist unter fachlichen Aspekten wahrscheinlich bzw. bereits davon auszugehen, dass artenschutzrechtlich hohe Konflikte bestehen. Diese können sich als grundsätzliche Hindernisse für die Realisierung von Windenergieanlagen in diesem Gebiet erweisen (insbesondere bezogen auf signifikant erhöhte Mortalitätsrisiken und/oder erhebliche Störung) und die Eignung als Vorranggebiet unter naturschutz-</p>

Wert	Bewertung	Erläuterung
		fachlichen wie -rechtlichen Kriterien in Frage stellen. Ob eine Eignung ggf. nach vertiefter Untersuchung und räumlicher Differenzierung sowie unter Berücksichtigung sonstiger Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für Teilflächen erwartet werden kann, ist aus fachlicher Sicht als unsicher einzustufen.

Zur vorstehenden Tabelle ist an dieser Stelle anzumerken, dass diese Bewertung keine für den Einzelfall zu bestimmende Detailprüfung ersetzen kann. Neben Fragen des Vogelzugs spielen für die insgesamt vorzunehmende artenschutzfachliche wie -rechtliche Beurteilung zudem weitere Kriterien eine Rolle (z. B. Brutvorkommen besonders empfindlicher Arten im Bereich oder in bestimmten Umfeldradien der Standorte).

5 Darstellung der Ergebnisse

5.1 Datengrundlage: erfasste Arten und Individuen

In den vier Dekaden konnten 95 durchziehende bzw. dispergierende Vogelarten beobachtet werden (Tab. A1, A4). Insgesamt wurden 117.378 Individuen registriert. Für den Standortvergleich musste allerdings die Zählung vom 12.10.2011 eliminiert werden (s. Kap. 4.2) und die Auswertung basieren daher auf einem Datensatz von 92.626 Individuen. Am 12.10.2011 konnten als zusätzliche Arten Spornpieper und Zaunkönig registriert werden (Tab. A4). Die zwölf häufigsten Arten stellen ca. 90 % der gezählten Individuen (Tab. 5). Die übrigen Individuen verteilen sich auf 83 als subrezedent (<1 % der Gesamtindividuenzahl) einzustufende Arten.

Tab. 5: Anzahl durchziehender Individuen der zwölf häufigsten Arten und deren Dominanz

Nr.	Art	n	%	Dominanzklasse
1	Buchfink	51508	55,6	eudominant
2	Ringeltaube	11865	12,8	eudominant
3	Kernbeißer	5275	5,7	dominant
4	Mehlschwalbe	3316	3,6	subdominant
5	Rauchschwalbe	2669	2,9	subdominant
6	Erlenzeisig	2016	2,2	subdominant
7	Star	1823	2,0	subdominant

Nr.	Art	n	%	Dominanzklasse
8	Wacholderdrossel	1345	1,5	rezedent
9	Heckenbraunelle	1050	1,1	rezedent
10	Feldlerche	993	1,1	rezedent
11	Bachstelze	949	1,0	rezedent
12	Bergfink	914	1,0	rezedent

5.2 Tageszeitliche Phänologie des Zuggeschehens

Einen Überblick über das tageszeitliche Zuggeschehen gibt Abb. 2. Deutlich wird der „peak“ durchziehender Individuen in der ersten ½ Stunde nach Sonnenaufgang. 25 % aller erfassten Individuen waren bereits 45 Minuten nach Sonnenaufgang durchgezogen, 3:15 h nach Sonnenaufgang bereits 75 %.

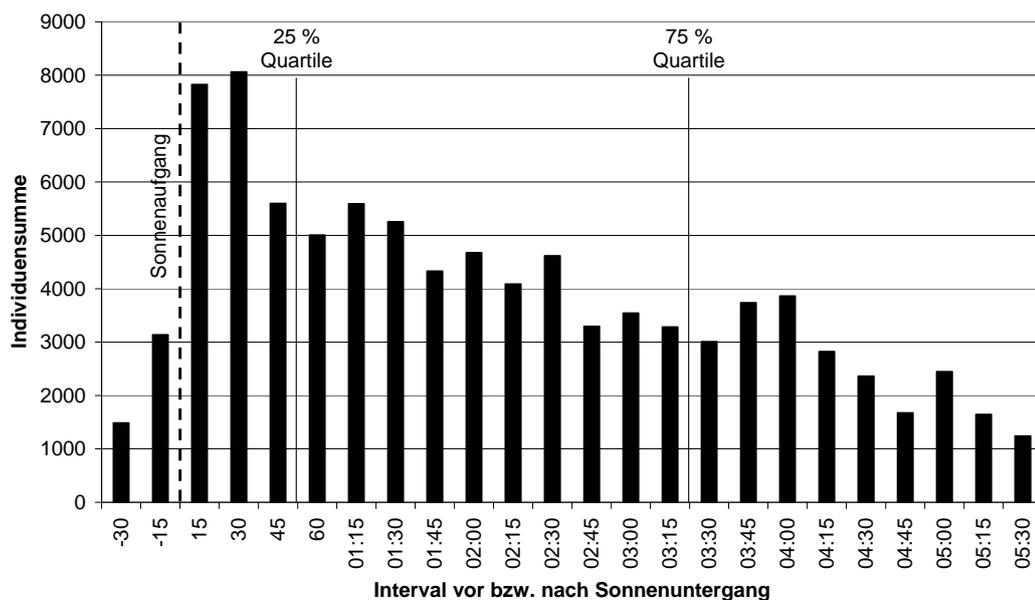


Abb. 2: Anzahl durchziehender Individuen im tageszeitlichen Verlauf. Dargestellt ist die Summe je 15-Minuten-Zählintervall (Datengrundlage: 48 Zählungen mit 92.626 Individuen).

5.3 Jahreszeitliche Phänologie des Zuggeschehens

5.3.1 Einfluss der Witterung auf das Zuggeschehen

Witterungsbedingt variiert die Anzahl durchziehender Individuen auch an aufeinander folgenden Tagen innerhalb einer Dekade stark (Abb. 3, 4). In der zweiten Septemberdekade herrschten am 11.9. und 16.9. stabile Hochdruckbedingungen vor. Am 14.9. war hingegen regnerisches Wetter bestimmend und die Anzahl

durchziehender Individuen sank im Dekadenvergleich auf 1/3 ab. In der letzten Septemberdekade standen die Zähltermine unter kontinuierlichem Hochdruckeinfluss und die Durchzugszahlen gleichen sich an den drei Zähltagen. In der ersten Oktoberdekade löste sich am 5.10. durch Wetterbesserung ein - durch an den vorigen Tagen herrschendes Tief bestimmter - Zugstau auf und die Durchzugszahlen erreichen in dieser Dekade an diesem Tag ein Maximum. Die Anzahl nimmt in den folgenden zwei Tagen unter Hochdruckeinfluss sukzessive um 50 % und schließlich um 70 % ab. In der zweiten Oktoberdekade konnte nach einem Kälteeinbruch zwischen dem 12.10. und 14.10. ein verstärktes Zugaufkommen beobachtet werden. Mit Einsetzen kalter Ostwinde am 15.10. bricht das Zugeschehen auf 30 % ein.

5.3.2 Zugverhalten im artspezifischen Kontext (artspezifische Zugzeiten)

Bedingt durch die artspezifischen Zugzeiten nimmt das Zugaufkommen im Laufe der vier betrachteten Dekaden stetig zu (Abb. 3,4). Während in den ersten beiden Dekaden das Artenspektrum noch von Langstreckenziehern dominiert wird, stellen gegen Ende des Betrachtungszeitraums Kurzstreckenzieher das Gros der durchziehenden Individuen. Die mittlere Individuensumme/Standort nimmt dabei stetig zu (Abb. 5). Diese steigt von der zweiten September- bis zur zweiten Oktoberdekade im Mittel von 519 auf 815 über 3.466 auf 4.945 durchziehende Individuen pro Zähltermin. Dies entspricht 87 bis 824 Individuen/Stunde und stellt damit im Jahresverlauf nahezu eine Verzehnfachung des Durchzugsgeschehens dar.

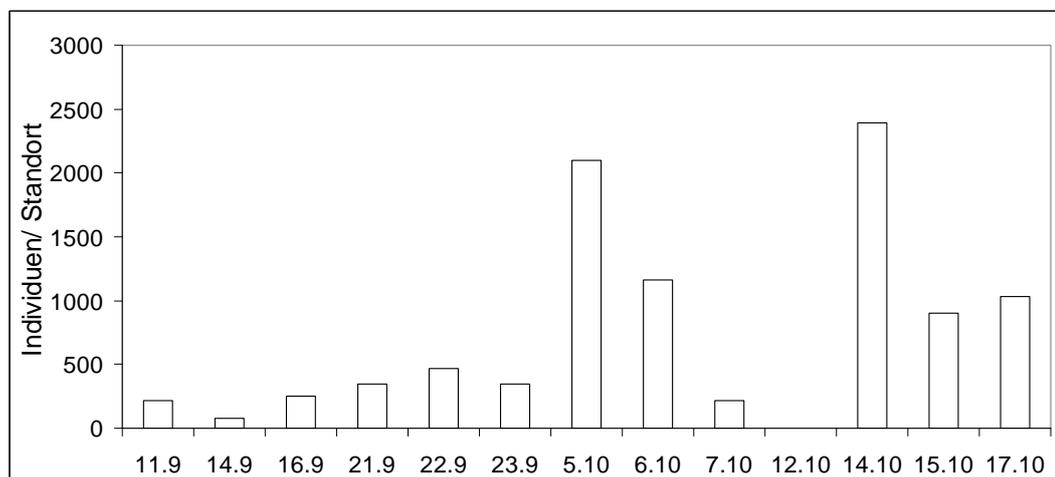


Abb. 3: Summe der durchziehenden Individuen an der Referenz nach Zähltagen⁸

⁸ Am 12.10.2011 war die Referenz nicht besetzt.

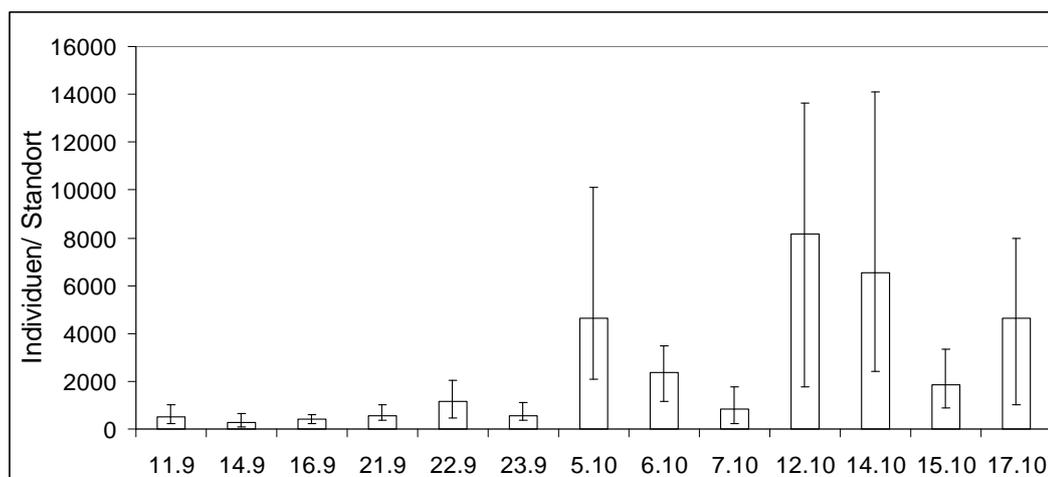


Abb. 4: Mittel (Balken) sowie minimale bzw. maximale Anzahl (Fahnen) durchziehender Individuen der Vorranggebietsstandorte nach Zähltagen.

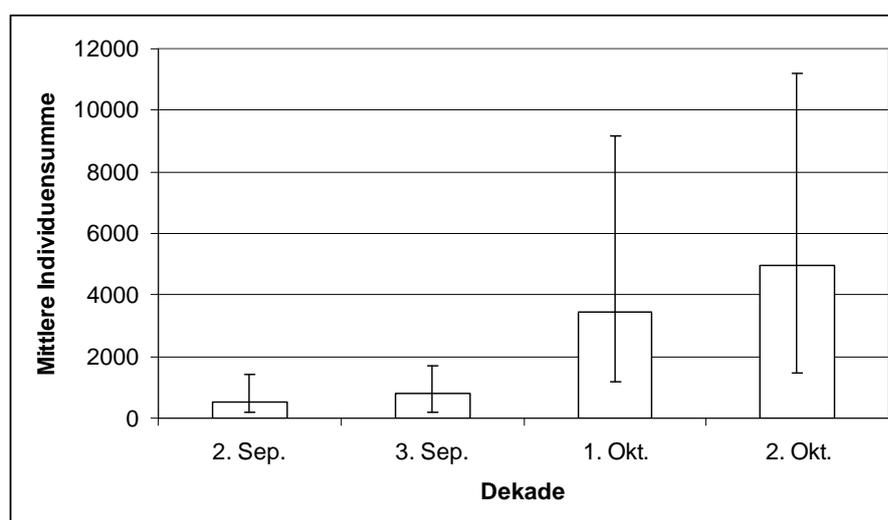


Abb. 5: Mittlere Individuensumme je Standort und Dekade (Balken = Mittelwert, Fahnen = Minimum bzw. Maximum)

Tab. 6: Durchziehende Individuen/Stunde nach Standort und Dekade basierend auf der mittleren Individuensumme. In **fett** sind die Werte dargestellt die >625 liegen.

	II. Sept.	III. Sept.	I. Okt.	II. Okt.	Mittel
0	31	65	194	241	132
1	62	28	561	1041	412
2	102	121	356	308	205
3	234	173	581	468	360
4	37	132	601	1159	477

	II. Sept.	III. Sept.	I. Okt.	II. Okt.	Mittel
5	75	204	1530	1863	818
6	68	282	428	548	346
7	144	69	933	1416	670
8	68	190	387	887	335
9	44	96	206	310	157
Mittel	86	136	578	824	391

5.4 Repräsentativität des Referenzstandorts

Es besteht eine enge und hoch signifikante Korrelation ($r^2 = 0,865$) zwischen der Anzahl gezählter Individuen an der Referenz und der im Mittel an den zeitgleich bearbeiteten Standorten erfassten Individuen (Abb. 6). Die Referenz bildet damit die Varianz im Zugeschehen gut ab und der Datensatz ist grundsätzlich zur Relativierung/Referenzierung geeignet.

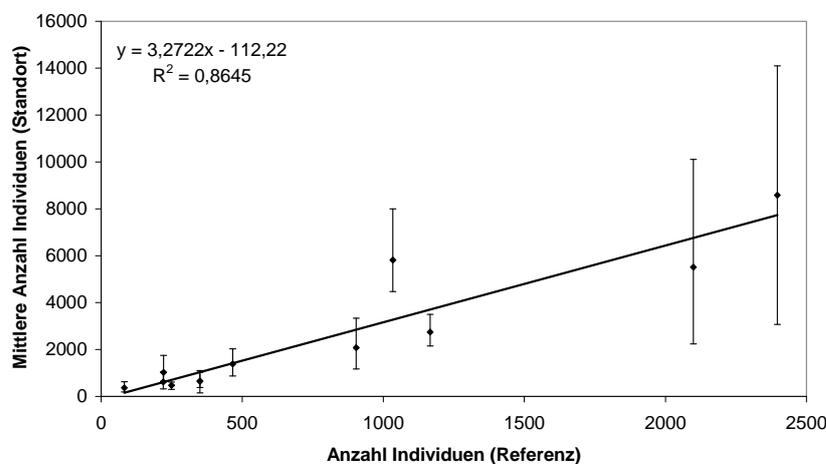


Abb. 6: Zusammenhang zwischen der Individuenanzahl an der Referenz und dem Mittel der gezählten Individuen an den jeweils synchron erfassten Standorten. Als Fahnen sind die Minima und Maxima dargestellt.

5.5 Zughöhen

Der Durchzug findet vor allem in der untersten Höhenstufe (<50 m) statt. 78 % aller Individuen wurden dieser Klasse zugeordnet (vgl. Abb. 7). In der mittleren Höhenstufe (50 bis 250 m) konnten 18 % aller Individuen nachgewiesen werden. Bei 23 Arten ziehen über 20 % der festgestellten Individuen in dieser Höhenstufe

(Tab. 7). In der oberen Höhenstufe konnte nur ein geringer Durchzug von 4 % der Individuen festgestellt werden.

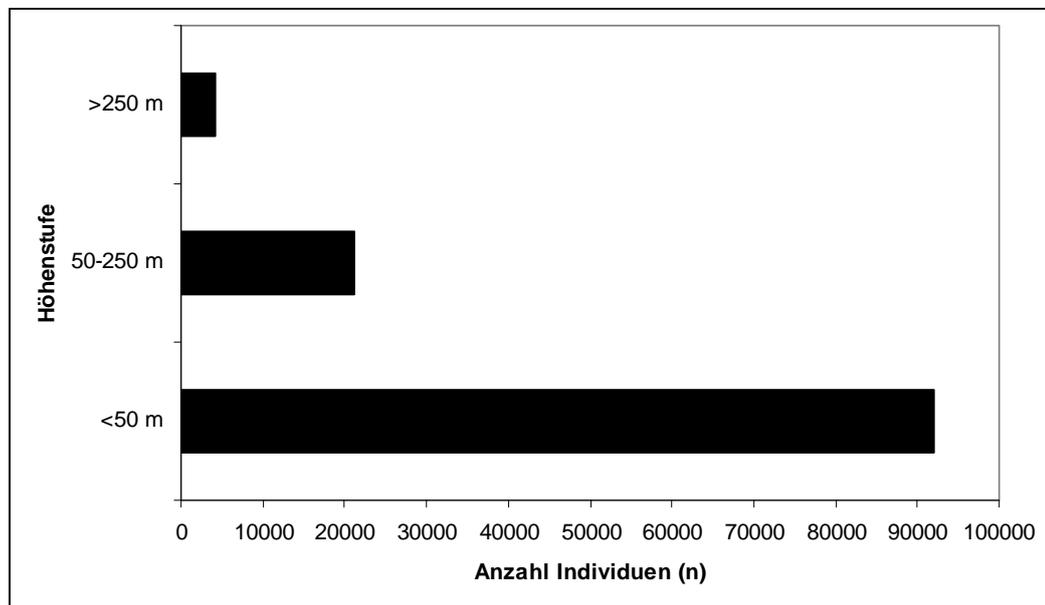


Abb. 7: Anzahl erfasster Individuen ($n = 117.378$) nach Zughöhe

Tab. 7: Arten bei denen $\geq 20\%$ der Individuen in der mittleren Höhenstufe nachgewiesen werden konnten.

Art	Individuen (n)	Individuenanzahl nach Höhenstufe (%)		
		Niedrig (<50 m)	Mittel (50 m - 250 m)	Hoch (>250 m)
Graureiher	24	8	92	0
Mehlschwalbe	3332	16	76	8
Kormoran	268	0	70	30
Uferschwalbe	101	39	61	0
Mäusebussard	449	29	57	14
Sperber	133	40	53	8
Ringeltaube	12224	17	53	31
Rohrweihe	30	50	50	0
Rotmilan	293	45	48	6
Kolkrabe	52	54	44	2
Turmfalke	75	48	43	9
Dohle	283	58	42	0
Rauchschwalbe	2671	60	39	1
Feldlerche	1051	65	35	0
Hohltaube	181	69	31	0

Art	Individuen (n)	Individuenanzahl nach Höhenstufe (%)		
		Niedrig (<50 m)	Mittel (50 m - 250 m)	Hoch (>250 m)
Bergfink	999	71	29	0
Baumpieper	566	72	28	0
Rabenkrähe	411	75	25	0
Wiesen-Schafstelze	377	76	24	0
Misteldrossel	766	76	23	0
Stieglitz	238	79	21	0
Gebirgsstelze	50	80	20	0
Wacholderdrossel	1506	80	20	0

5.6 Vergleichende Standortbewertung

Die Werte und Ränge der einzelnen Standorte nach Unterkriterien können Tab. 8 entnommen werden. Die Synthese zu den Hauptkriterien ist in Tab. 9 und Abb. 8 dargestellt. Demnach weisen zwei Vorranggebiete (1, 9) und die Referenz (0) ein „eher geringes Konfliktpotenzial“ (Index ≤ 10) auf. Vier Vorranggebiete (2, 4, 8, 7) entfallen auf die mittlere Klasse („mittleres Konfliktpotenzial“, Index > 10 bis ≤ 20). Ein „hohes Konfliktpotenzial“ ist für die Vorranggebiete 3, 5 und 6 zu konstatieren.

Tab. 8: Relativierte Anzahl der Individuen bzw. Artenzahl und vergebener Rang (in Klammer) nach Standort und Bewertungskriterium

Standort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
artbezogene Durchzugsschwerpunkte										
Mittlere Anzahl durchziehender Individuen	795 (1)	2471 (7)	1229 (3)	2163 (6)	2859 (8)	4909 (10)	2078 (5)	4018 (9)	2009 (4)	942 (2)
Anzahl Arten mit Durchzugskonzentration	2 (3)	1 (1)	4 (7)	10 (10)	2 (3)	6 (9)	4 (7)	2 (3)	3 (6)	1 (1)
spezifisches Kollisionspotenzial										
Mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhtem Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe der Arten	135 (1)	332 (3)	392 (4)	773 (8)	531 (5)	635 (7)	828 (9)	1537 (10)	558 (6)	209 (2)
Mittlere Anzahl durchziehender	8	16	21	37	30	35	24	28	57	17

Standort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Greifvögel	(1)	(2)	(4)	(9)	(7)	(8)	(5)	(6)	(10)	(3)
Bedeutung für bedrohte Arten										
Mittlere Anzahl durchziehender Individuen SPEC 2	20 (5)	8 (2)	31 (8)	123 (10)	31 (7)	19 (4)	59 (9)	31 (6)	18 (3)	4 (1)
Mittlere Anzahl durchziehender Individuen SPEC 3	119 (1)	308 (7)	146 (3)	508 (10)	308 (7)	264 (6)	460 (9)	152 (4)	159 (5)	145 (2)
Mittlere Anzahl durchziehender Individuen prioritäre Arten in D (P, P3)	92 (1)	175 (4)	240 (7)	410 (10)	212 (6)	193 (5)	378 (9)	243 (8)	156 (3)	109 (2)
Mittlere Anzahl durchziehender Individuen der Roten Liste D	14 (5)	28 (7)	29 (8)	83 (10)	36 (9)	13 (4)	12 (3)	16 (6)	9 (2)	7 (1)

Tab. 9: Vergleichende Bewertung der 10 betrachteten Standorte nach den Hauptkriterien (mittlerer gewichteter Rang).

Hauptkriterium/Standort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
artbezogene Durchzugsschwerpunkte	2	3	6	9	5	9	6	5	5	1
spezifisches Kollisionspotenzial	1	3	4	8	6	7	8	9	8	2
Bedeutung für bedrohte Arten	4	4	7	10	7	5	8	6	3	1
Summe	7	10	17	27	18	21	22	20	16	5

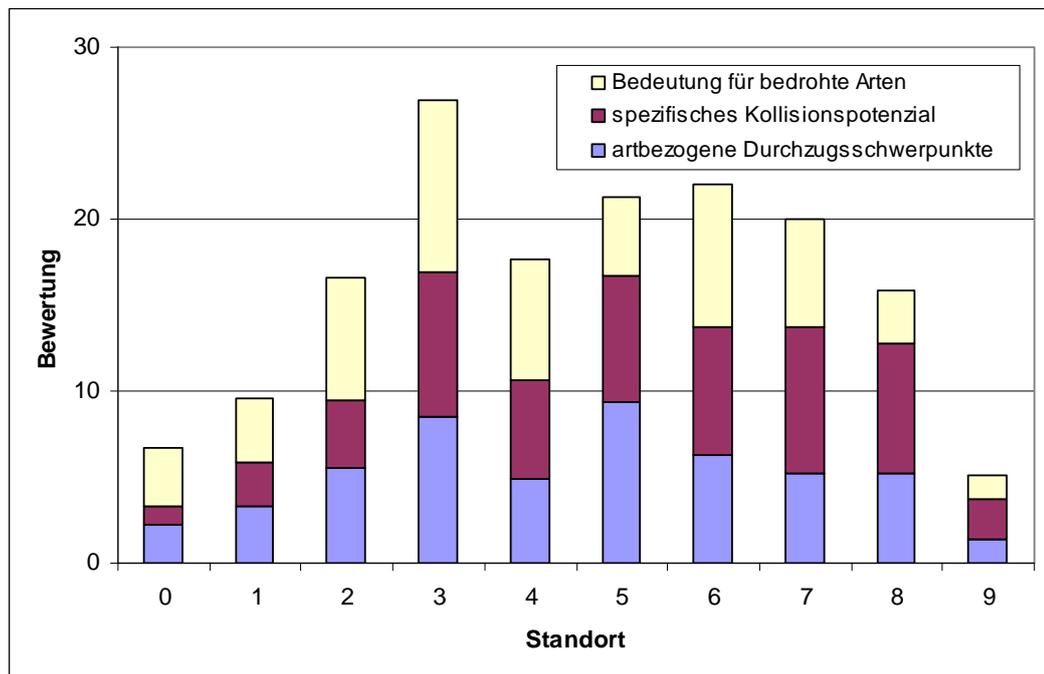


Abb. 8: Vergleichende Bewertung der 10 betrachteten Standorte anhand der drei Hauptkriterien im Hinblick auf das Konfliktpotenzial zwischen dem Ausbau von Windkraftanlagen und dem Vogelzuggeschehen. Jedes Hauptkriterium kann maximal den Wert 10 erreichen.

Vorranggebiete mit einem eher geringen Konfliktpotenzial (Mittlerer Rang/Index ≤ 10)

Standort 1: Waldgebiet südwestlich Münsingen

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen ist mit 2.471 Individuen als durchschnittlich zu bezeichnen. Als einzige Art weist der Star hier einen Durchzugsschwerpunkt auf. Daher erreicht der Standort für dieses Kriterium den Rang 3.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Sowohl die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhtem Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe der Arten, als auch die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel ist vergleichsweise gering. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 3.

Bedeutung für bedrohte Arten: An diesem Standort ist ein durchschnittlicher Durchzug von Rote Liste und SPEC 3-Arten zu verzeichnen. Für Deutschland prioritäre Arten und SPEC 2-Arten treten hingegen nur unterdurchschnittlich auf. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 4.

Standort 9: Waldgebiet südlich Zwiefalten

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: Mit im Mittel 942 durchziehenden Individuen ist das Durchzugsgeschehen an diesem Standort unterdurchschnittlich. Die Blaumeise ist die einzige Art, die hier einen Durchzugsschwerpunkt aufweist. Für dieses Kriterium wird daher der niedrigste Rang 1 vergeben.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Sowohl die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhtem Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe der Arten, als auch die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel ist weit unterdurchschnittlich. Der Standort weist den in diesem Fall niedrigsten Rang 2 für dieses Kriterium auf.

Bedeutung für bedrohte Arten: An diesem Standort ziehen nur unterdurchschnittlich wenige bedrohte Arten durch. Mit Rang 1 wird auch für dieses Kriterium der niedrigste Wert vergeben.

**Vorranggebiete mit einem mittleren Konfliktpotenzial
(Mittlerer Rang/Index >10 bis ≤20)****Standort 2: Südöstlich Apfelstetten**

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen ist mit 1.229 Individuen als weit unterdurchschnittlich zu bezeichnen. Vier Arten (Goldammer, Heidelerche, Sperber und Wiesenpieper) weisen hier aber einen Durchzugsschwerpunkt auf, was dem Durchschnitt entspricht. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 6.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhten Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe der Arten ist mit 392 Individuen als gering einzuschätzen. Auch die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel ist eher unterdurchschnittlich. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 4.

Bedeutung für bedrohte Arten: Dieser Standort ist von Bedeutung für den Durchzug bedrohter Arten. Insbesondere für Deutschland prioritäre Arten und Rote Liste-Arten ziehen hier verstärkt durch. Der Standort erreicht daher für dieses Kriterium den Rang 7.

Standort 4: Waldgebiet zwischen Hunderringen, Eglingen und Ehestetten

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: Mit einer mittleren Anzahl von 2.859 durchziehenden Individuen ist dieser Standort als leicht überdurchschnittlich einzustufen. Ein Durchzugsschwerpunkt ist für Bergfink und Wacholderdrossel belegt. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 5.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhten Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe der Arten ist mit 531 Individuen als durchschnittlich zu bezeichnen. Die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel ist mit 30 Individuen hingegen leicht überdurchschnittlich. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 7.

Bedeutung für bedrohte Arten: Sowohl die mittlere Anzahl durchziehender Individuen von Rote Liste Arten, als auch von SPEC 3-Arten ist überdurchschnittlich, während SPEC 2-Arten und für Deutschland prioritäre Arten durchschnittlich häufig auftreten. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 5.

Standort 7: Südöstlich Sonderbuch

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: An diesem Standort wird der zweithöchste Wert durchziehenden Individuen mit im Mittel 4.018 erreicht. Lediglich zwei Arten (Bluthänfling, Kernbeißer) weisen einen Durchzugsschwerpunkt auf. Daher erreicht dieses Kriterium den Rang 5.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Mit einer mittleren Anzahl von 1.537 durchziehenden Individuen von Arten mit einem erhöhten Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe erreicht dieser Standort den maximalen Wert. Die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel ist hingegen durchschnittlich. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 9.

Bedeutung für bedrohte Arten: An diesem Standort zieht eine durchschnittliche Anzahl von bedrohten Arten durch. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 6.

Bemerkung: Mit einem Indexwert von 20 liegt dieser Standort genau auf der Klassengrenze zwischen mittlerem und hohem Konfliktpotenzial. Sowohl das hohe Durchzugsaufkommen, als auch die große Anzahl Individuen von Arten mit einem erhöhten Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe weisen auf einen eher problematischen Fall hin. Es wurde dennoch keine Veränderung der gewählten Klassengrenzen aufgrund dieses Standortes bzw. eine abweichende Einschätzung getroffen. Jedoch ist deutlich auf die „Grenzsituation“ hinzuweisen. Sie sollte im weiteren planerischen Umgang mit dem Standort berücksichtigt werden.

Standort 8: Östlich Huldstetten

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen ist mit 2009 Individuen als leicht unterdurchschnittlich zu bezeichnen. Drei Arten (Rohrweihe, Rotmilan und Schafstelze) weisen hier einen Durchzugsschwerpunkt auf. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 6.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhten Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe der Arten ist mit 558 Individuen als durchschnittlich zu bezeichnen. Hier wird das Maxi-

zum für die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel mit 57 Individuen erreicht. Der Standort erhält für dieses Kriterium daher den Rang 8.

Bedeutung für bedrohte Arten: An diesem Standort ziehen nur unterdurchschnittlich wenige bedrohte Arten durch. Der Standort erreicht für dieses Kriterium daher nur den zweitniedrigsten Rang 3.

Vorranggebiete mit einem hohen Konfliktpotenzial (Hoher Rang/Index >20)

Standort 3: Östlich Bremelau

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: Mit einer mittleren Anzahl von 2.163 durchziehenden Individuen ist dieser Standort als leicht unterdurchschnittlich einzustufen. Jedoch weisen 10 Arten (Bachstelze, Bluthänfling, Feldlerche, Heide-lerche, Rauchschnalbe, Rotmilan, Star, Stieglitz, Wiesenpieper, Schafstelze) hier einen Durchzugsschwerpunkt auf. Daher wird für dieses Kriterium der höchste Rang 9 vergeben.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhten Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Flughöhe der Arten ist mit 773 Individuen als überdurchschnittlich zu bezeichnen. Die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel erreicht mit 37 Individuen den höchsten Wert. Dies ist unter anderem auf einen lokalen Rotmilanschlafplatz⁹ zurückzuführen. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 8.

Bedeutung für bedrohte Arten: Dieser Standort ist im Vergleich von herausragender Bedeutung für den Durchzug bedrohter Arten. Alle zugehörigen Unterkriterien erreichen an diesem Standort die maximalen Individuensummen. Daher wird für dieses Kriterium der höchste Rang 10 vergeben.

Standort 5: Waldgebiet südwestlich Ehestetten

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: Hier wird das Maximum für die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit 4.909 erreicht. Einen Durchzugsschwerpunkt hat auch eine überdurchschnittliche Anzahl von 6 Arten (Bergfink, Buchfink, Erlenzeisig, Kernbeißer, Mäusebussard, Singdrossel). Daher wird für dieses Kriterium der hier höchste Rang 9 vergeben.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhten Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Flughöhe der Arten ist mit 635 Individuen als leicht überdurchschnittlich zu bezeichnen. Mit 35 Individuen ist die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel als weit überdurchschnittlich einzustufen. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 7.

⁹ Am 06.10.2011 nächtigten hier 17 Rotmilane in einem dem Waldrand nahen Feldgehölz.

Bedeutung für bedrohte Arten: Die Bedeutung dieses Standorts für den Durchzug bedrohter Arten ist eher gering und alle Werte sind leicht unterdurchschnittlich. Für dieses Kriterium wird der Rang 5 vergeben.

Standort 6: Südlich Kochstetten

Artbezogene Durchzugsschwerpunkte: Mit einer mittleren Anzahl von 2.078 durchziehenden Individuen ist dieser Standort als leicht unterdurchschnittlich einzustufen. Mit Goldammer, Grünfink, Heidelerche und Singdrossel weist eine durchschnittliche Anzahl von Arten einen Durchzugsschwerpunkt auf. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 6.

Spezifisches Kollisionspotenzial: Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhtem Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe der Arten ist mit 828 Individuen als weit überdurchschnittlich zu bezeichnen, während die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel in etwa dem Durchschnitt entspricht. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 8.

Bedeutung für bedrohte Arten: Dieser Standort ist von hoher Bedeutung für den Durchzug bedrohter Arten. SPEC-Arten und für Deutschland prioritäre Arten erreichen hohe Werte. Der Standort erreicht für dieses Kriterium den Rang 8.

6 Diskussion

6.1 Erfassung

Repräsentativität des jeweiligen Standorts für das Vorranggebiet

Die Flächengröße der Vorranggebiete schwankt zwischen 84 ha und 266 ha und beträgt im Mittel 142 ± 58 ha. Das größte Vorranggebiet (Nr. 2 „Südöstlich Apfelstetten“) weist von Nordwest nach Südost eine Ausdehnung von ca. 3,8 km auf. Das Zugaufkommen innerhalb dieser Flächen ist je nach lokaler Ausprägung der Geländemorphologie und Vegetationsausprägung nicht homogen. Vielmehr kann das Zugaufkommen auf der Skalenebene von wenigen 100 m leicht um den Faktor 10 variieren. Mit nur einem Zählpunkt je Vorranggebiet ist diese kleinflächige Varianz nicht zu fassen. Zudem beschränkt an vielen Orten innerhalb der Vorranggebiete die Vegetation (z. B. Wald) bzw. die Geländemorphologie (z. B. Taleinschnitte) die Einsehbarkeit und eine Zugvogelerfassung wäre an solchen Punkten ohne die Errichtung von Beobachtungstürmen nicht möglich.

Um möglichst vergleichbare Ergebnisse auf der Skalenebene der Vorranggebiete zu erzielen, wurden daher die Zählpunkte nach zwei Kriterien ausgewählt: Zum einen kamen nur Standorte in Frage, die einen guten Überblick und insbesondere ein offenes Sichtfeld nach Nordosten ermöglichten. Gab es mehrere Standorte, die dieses Kriterium erfüllten, wurde derjenige gewählt, der nach Experteneinschätzung auf Vorranggebietsebene das beste Zählergebnis erwarten ließ. Die Wahl der

Zählstandorte muss daher als ein Kompromiss zwischen Einsehbarkeit und erwartetem maximalen Zugaufkommen aufgefasst werden. Der Vergleich der Vorranggebiete beruht insoweit auf der Annahme, dass der Zählpunkt so lokalisiert ist, dass tatsächlich das maximal mögliche Zugaufkommen innerhalb eines Vorranggebietes erfasst wurde. Allerdings ist dabei nicht auszuschließen, dass im Einzelfall über bewaldeten, nicht einsehbaren Flächen ein noch stärkeres Zuggeschehen zu verzeichnen wäre, für das jedoch keine Erfassungsmöglichkeit im Rahmen des vorliegenden Projektes bestand. Zudem konnte keine zufallsbedingte Wahl des Zählstandortes vorgenommen werden. Durch das Auswahlverfahren bedingt, repräsentiert das Zählergebnis also nicht das mittlere Zugaufkommen auf Skalenebene des Vorranggebietes, sondern vielmehr das voraussichtlich maximal zu erfassende (auch im Hinblick auf den Vorsorgegrundsatz bei der vergleichenden Bewertung). Eine Differenzierung der einzelnen Vorranggebiete in Teilbereiche mit ggf. unterschiedlichem Zuggeschehen war nicht Teil dieser Studie und wäre Aufgabe zukünftiger Detailuntersuchungen.

Stichprobengröße

Der Untersuchungszeitraum von der zweiten September- bis zur zweiten Oktoberdekade wurde gewählt, um die Hauptzugzeit möglichst vieler in Südwestdeutschland in großer Individuenzahl durchziehender Arten abzudecken. Von 58 (77 %) derjenigen 75 Arten, die regelmäßig und mit mehr als 100 Individuen am Randecker Maar durchziehen, liegt der Durchzugsmedian innerhalb des Bearbeitungszeitraumes (s. GATTER 2000: 163). Bei weiteren 16 Arten (21 %) liegt dieser maximal 10 Tage vor bzw. nach der Erfassungsperiode. Der Zug folgender in großer Anzahl durchziehender Arten konnte allerdings aufgrund der limitierten jahreszeitlichen Abdeckung nicht oder nur unzureichend erfasst werden: Mauersegler, Wespenbussard, Schwarzmilan, Kornweihe, Rotdrossel, Saatkrähe, Gimpel und Birkenzeisig. Die durchschnittliche Zahl durchziehender Individuen pro Tag steigt Ende September sprunghaft an, erreicht Anfang bis Mitte Oktober einen „Peak“ und fällt danach deutlich ab (RANDLER 1996: 243). Die Hauptdurchzugsperiode im Herbst wurde durch den hier vorgelegten Untersuchungsrahmen weitestgehend abgedeckt.

Aufgrund der art- und witterungsbedingten starken Variabilität des täglichen Zuggeschehens erfordern systematische Zugplanbeobachtungen in der Regel einen hohen Zeitaufwand. An der Beobachtungsstation am Randecker Maar wird von Mitte August bis Anfang November täglich durch mindestens 2 Beobachter das herbstliche Zuggeschehen erfasst (GATTER 2000). Für Windparkplanungen fordern REICHENBACH & HANDKE (2006) als Methodenstandard einen Untersuchungsaufwand von 20 bis 25 Beobachtungstagen bezüglich des herbstlichen Zuggeschehens zwischen Anfang September und Ende November.

Ziel der vorliegenden Studie war jedoch nicht die vollständige Erfassung des Zuggeschehens auf lokaler Ebene an einem Punkt, sondern der relative Vergleich des Zugaufkommens an mehreren synchron bearbeiteten Zählpunkte auf regionaler

Ebene als Basis für ein erstes Auswahlverfahren. In der Literatur finden sich kaum publizierte Angaben zu vergleichenden synchron durchgeführten Planbeobachtungen des sichtbaren Tagzugs. Lediglich aus Rheinland-Pfalz liegt eine Untersuchung mit diesem Ansatz vor (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a). Hier wurden an 4 Terminen (16.10. - 31.10.) insgesamt 21 Zählpunkte bearbeitet. An 5 Zählpunkten wurde an 2 Beobachtungstagen gezählt, an den übrigen 16 Punkten lediglich einmal. Die Erfassung erstreckte sich über die ersten drei Stunden nach Sonnenaufgang. Auf Basis der gewonnenen Daten wurden Leitlinien und Verdichtungsräume für Rheinland-Pfalz ausgewiesen (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a).

Zur Erfassung des Nachtzuges mittels der „moon-watching“-Methode wurden ebenfalls bereits Synchronzählungen eingesetzt (ZEHTINDJIEV & LIECHTI 2003).

Mit vier Wiederholungen an 10 Zählpunkten ist die vorliegende Studie nach unserem Kenntnisstand die bislang umfassendste Untersuchung mit dem Ansatz der Synchronzählung des sichtbaren Tagzugs. Durch die Einbindung eines Referenzstandorts in das Untersuchungsdesign wurde die Methode entscheidend erweitert. Erst die Relativierung an der Referenz erlaubt den direkten Vergleich aller bearbeiteten Zählpunkte. Für eine Einschätzung und Bewertung der Bedeutung einzelner Standorte im Rahmen eines ersten Auswahlverfahrens, bei dem das Konfliktfeld massenhaft durchziehender bezüglich Windkraft im Vordergrund steht, sind vier Wiederholungen als ausreichend einzuschätzen.

Für eine abschließende artenschutzrechtliche Prüfung und Beurteilung geplanter Anlagen im Bereich der Vorranggebiete ist der Ansatz allerdings nicht ausreichend. Hierzu muss voraussichtlich eine Detailprüfung erfolgen. Methodische Ansätze hierzu sollten übergreifend als „Standard“ für die Anwendung in Baden-Württemberg formuliert werden, wobei auf entsprechende bereits vorliegende Vorschläge zurückgegriffen werden könnte (z. B. REICHENBACH & HANDKE 2006, NLT 2011)

Bearbeiterunabhängigkeit

Die Ergebnisse von Zugplanbeobachtungen können stark bearbeiterabhängig sein. Unterschiede in der Wahrnehmung und der Bestimmungstechnik können zu systematischen Fehlern und in Folge zu Fehleinschätzungen führen. Um dieses Problem zu vermeiden bzw. den personenbezogenen Einfluss zu minimieren, wurden einerseits ausschließlich Bearbeiter mit langjähriger Erfahrung bei Zugplanbeobachtungen eingesetzt. Andererseits wurden die Zählpunkte mit Ausnahme der Referenz in einem rotierendem System besetzt, so dass ein Bearbeiter maximal an zwei Terminen an einem Standort zählte.

Korridorbreite

Aufgrund der lokalen Geländemorphologie und der Vegetationsausprägung war es nicht möglich, die Korridorbreite absolut zu standardisieren. Dies wäre nur mög-

lich gewesen, indem der engste Zählkorridor (Zählpunkt 9, Korridorbreite 230 m) als Standardmaß gewählt worden wäre. Mit Hilfe des Untersuchungsansatzes sollte jedoch ein für das Vorranggebiet möglichst umfassender Überblick des Vogelzuggeschehens erlangt werden (s. Abschnitt „Repräsentativität des jeweiligen Standorts für das Vorranggebiet“). Hierfür müssen die Zählkorridore möglichst breit sein, um die kleinflächige Varianz des lokalen Zuggeschehens auszugleichen bzw. abzudecken. Daher wurde in Kauf genommen, dass das Zugaufkommen am Standort 9 aufgrund des relativ engen Zählkorridors leicht unterschätzt, am Standort 3 hingegen infolge des relativ breiten Zählkorridors leicht überschätzt wurde. Eine nachträgliche Relativierung des Datensatzes an der Korridorbreite ist nicht möglich, da die Wahrnehmungswahrscheinlichkeit durchziehender Vögel mit Abstand zum Beobachter sukzessive abfällt. Wegen dieses Effekts wird der Einfluss der variierenden Korridorbreite auf die abschließende Bewertung als eher gering eingeschätzt und der Fehler dürfte im vorliegenden Datensatz bei max. 10 % der Varianz liegen.

Sonstige Einflussfaktoren

Die Wahrnehmungswahrscheinlichkeit wurde bei einzelnen Zählterminen und Standorten durch lokale Lärmquellen (Verkehr, landwirtschaftliche Tätigkeiten) zeitweise reduziert; auch bei der Registrierung des Vogelzugs spielen akustische Signale eine wichtige Rolle. Dieser Einflussfaktor kann nicht standardisiert werden. Der Fehler wird insgesamt als relativ gering eingeschätzt und dürfte im vorliegenden Datensatz bei unter 5 % der Varianz liegen.

6.2 Bewertung der Standorte

Relativer Standortsvergleich vs. überregionale Betrachtung

Da für Baden-Württemberg kaum Referenzdaten vorliegen, die zudem nicht mit der gleichen Methode erhoben wurden, war ein „Einhängen“ der untersuchten Standorte und des dort registrierten Zuggeschehens in einen überregionalen Rahmen nicht möglich. Stattdessen wurden die Standorte untereinander verglichen und so eine Relativierung im regionalen Maßstab erreicht.

Lediglich aus Rheinland-Pfalz liegt eine Untersuchung vor, in der versucht wurde landesweit bedeutsame Leitlinien des Vogelzugs herauszuarbeiten. Als Kriterium diente hier allein die Anzahl durchziehender Vögel (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a). Anhand von Datenreihen aus langjährigen, systematischen Zugvogeluntersuchungen liegt dort das errechnete Standortmittel pro Zählpunkt bei ca. 600 - 625 Zugvogelindividuen je Stunde (KORN & GRUNWALD mdl. in JESTAEDT & PARTNER 2010 aus WOLF et al. 2010). Dieser Wertebereich kann dort als Richtwert für durchschnittliches Zugvogelaufkommen (herbstlicher, bodennaher Vogelzug) aufgefasst werden (KORN & GRUNWALD mdl. in JESTAEDT & PARTNER 2010 aus WOLF et al. 2010). Eine Übertragung dieses Wertes auf Baden-Württemberg ist aufgrund möglicher überregionaler Unterschiede aber nach der-

zeitigem Einschätzungsstand nur bedingt möglich. Ein weiteres Problem ist der Bezugszeitraum, da das Zugaufkommen im Dekadenverlauf des Herbstes deutlichen Schwankungen unterliegt (s. Abb. 5 oder z. B. RANDLER 1996: 243). Zudem nimmt auch die Zugintensität im Tagesverlauf ab (s. Abb. 2) und es bleibt unklar, auf welche tägliche Zählphase und -dauer sich die o. g. Wertespanne bezieht.

In Tab. 6 sind die mittleren Individuenzahlen pro Stunde und Dekade der vorliegenden Studie aufgeführt. Bezogen auf das Mittel über alle Zählungen wären die Standorte 5 und 7 nach dieser Klassifizierung als überdurchschnittlich, alle anderen Zählpunkte aber als unterdurchschnittlich einzustufen. Der Mittelwert über alle Zählpunkte und Dekaden hinweg beträgt 391 Individuen je Standort. Dieser Wert liegt deutlich unter den für Rheinland-Pfalz angegebenen ca. 600 - 625. Dies kann entweder auf methodische Unterschiede oder auf ein regional betrachtet insgesamt niedrigeres Zugaufkommen im Untersuchungsraum als in Rheinland-Pfalz zurückgeführt werden.

Auf Vergleichsdaten der Zugvogelstation Randecker Maar konnte im Rahmen des Projekts nicht zurückgegriffen werden. Solange keine weiteren Referenzdaten aus Baden-Württemberg vorliegen, ist eine Beurteilung des regionalen Zugaufkommens im überregionalen Kontext nicht möglich. Daher verbleibt als derzeit einzig mögliches Bewertungsverfahren der relative Standortsvergleich.

Bewertungskriterien

Der Faktor **Barriere- bzw. Störungs- oder Scheuchwirkung von Windkraftanlagen** auf den Vogelzug (s. Kap. 3) wurde durch zwei Messgrößen (Anzahl Arten mit Durchzugskonzentration und mittlere Anzahl durchziehender Individuen) berücksichtigt.

Die mittlere Anzahl durchziehender Individuen beschreibt das massenmäßige Zugaufkommen. Dabei wurde in der Bewertung vom Grundsatz ausgegangen, dass eine Windenergieanlage an einem Standort eine höhere Barriere- und Störwirkung entfalten kann und damit umso kritischer ist, je mehr Vögel dort durchziehen. Dieses Kriterium macht nur Sinn, wenn deutliche Unterschiede im Zugvogelaufkommen zwischen den Zählpunkten zu beobachten sind. Dies ist zugleich aber nur dann zu erwarten, wenn die Vögel auf regionaler Skalenebene nicht in einer Breitfront, sondern geleitet bzw. differenziert ziehen.

Die mittlerer Individuensumme an den 10 Zählpunkten liegt zwischen 795 und 4.909 (Mittel = 2.347 ± 1.312) Individuen und unterscheidet sich damit um den Faktor 6. Hochgerechnet auf die mit den Zählterminen umrissene 40-Tagesperiode und die ersten sechs Tagesstunden ergibt dies je nach Standort ein grob geschätztes Durchzugsaufkommen von ca. 32.000 bis ca. 196.000 durchziehenden Individuen. Diese deutlichen Unterschiede können u. E. nur durch das Überwiegen eines geleiteten Zuges auf regionaler Skalenebene und das Vorhandensein von Verdichtungsräumen bzw. räumlich differenzierten Zugschwerpunkten erklärt werden. Die Differenzierung der einzelnen Standorte hinsichtlich des

Zugaufkommens zeichnet sich auch an Zähltagen mit windstillen Hochdruckwetterlagen ab, ist also nicht als Folge spezieller Witterungsereignisse bzw. -einflüsse zu sehen

Solche Verdichtungsräume bzw. Zugschwerpunkte sind in erster Linie aufgrund der geomorphologischen Ausprägung am Standort und im „zuleitenden“ Umfeld sowie aufgrund der Vegetationsmatrix (Wald - Offenland) zu erwarten. Wenn die Leitlinien in erster Linie geomorphologisch und durch die Vegetationsmatrix geprägt sind, ist davon auszugehen, dass die relativen Unterschiede im Zugaufkommen an den einzelnen Zählpunkten im Mittel unabhängig vom Erfassungsjahr auftreten. Hiervon wird nach derzeitigem Einschätzungsstand ausgegangen. Diese Ergebnisse sollten an einem größeren Datenmaterial aus unterschiedlichen Räumen verifiziert werden.

Problematisch am Kriterium mittlere Anzahl durchziehender Individuen ist, dass die Masse der durchziehenden Individuen sich aus nur wenigen Arten rekrutiert und so in erster Linie der Durchzug der eudominanten Arten Buchfink und Ringeltaube, die annähernd 2/3 der Individuen stellen, bewertet wird.

Daher wurde als zweites und höher gewichtetes Kriterium für die Barriere- bzw. Störungswirkung die Anzahl Arten mit Durchzugskonzentration berücksichtigt. Die Bedeutung der eudominanten Arten für das Kriterium mittlere Anzahl durchziehender Individuen wird auch dadurch verdeutlicht, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl Arten mit Durchzugskonzentration und der mittleren Anzahl durchziehender Individuen besteht ($r^2 = 0,045$). Für das Kriterium Anzahl Arten mit Durchzugskonzentration konnten nur Arten mit einem ausreichend großem Datensatz und von diesen nur solche berücksichtigt werden, die an der Referenz relativiert werden konnten. Mit einer Erhöhung des Beobachtungsaufwandes steigt daher auch die Anzahl an subrezedenten Arten, die für dieses Kriterium berücksichtigt werden kann. Der Offenlandcharakter des Referenzstandortes hatte zur Folge, dass an anderer Stelle relativ häufige Waldarten (Misteldrossel, Amsel, Hohltaube) kaum auftraten und daher nicht referenziert werden konnten. Dies war nicht ohne weiteres absehbar, da nach der Theorie des Breitfrontenzuges eine Habitatbindung einzelner Arten während der Flugbewegungen des Zuges nicht vorkommen oder sich zumindest nicht so deutlich ausprägen sollte. Als Konsequenz für zukünftige Untersuchungen mit dem Ansatz der Synchronzählung ist der Schluss zu ziehen, dass zwei Referenzpunkte zu besetzen sind. Von diesen sollte einer in einem Offenlandgebiet, der andere in einer von Wald dominierten Landschaftsmatrix lokalisiert werden. Die Ringeltaube wurde bei der Auswertung von Arten mit Durchzugskonzentration nicht berücksichtigt. Im Gegensatz zu den anderen häufigen, massenhaft durchziehenden Arten, deren Durchzug sich über einen längeren Zeitraum erstreckt, zieht die Ringeltaube innerhalb weniger Tage durch (KESTENHOLZ et al. 2009). Zudem ist der Durchzug der Art nicht auf die Morgenstunden konzentriert. Eine Berücksichtigung der Ringeltaube wäre nur dann möglich gewesen, wenn an dem Tag mit Ringeltaubenmassenzug an allen zehn Standorten synchron über den ganzen Tag gezählt worden wäre.

Damit verblieben für dieses Kriterium (Anzahl Arten mit Durchzugskonzentration) als Bewertungsgrundlage 27 Arten, die 83 % der gezählten Individuen repräsentieren. Die Anzahl an Arten mit Durchzugskonzentration differenziert stark zwischen den Standorten und schwankt zwischen einer und zehn Arten. Zwar konnte an jedem Zählpunkt zumindest von einer Art ein Durchzugsschwerpunkt festgestellt werden, aber an einzelnen Standorten (2, 3, 5, 6) kommt es zu auffallenden Häufungen. Auch hier zeigt sich eine Differenzierung nach der vorherrschenden Vegetationsausprägung der Landschaftsmatrix. Offenlandarten (z. B. Feldlerche, Wiesenpieper, Schafstelze usw.) weisen ausschließlich Durchzugsschwerpunkte an Zählpunkten auf, in deren Umkreis landwirtschaftlich genutzte Flächen dominieren, während Waldarten (z. B. Erlenzeisig, Kernbeißer, Singdrossel) einen solchen ausschließlich an Standorten mit einer durch Wald geprägten Umgebung aufweisen.

Der Faktor **Tötung von Zugvögeln durch Windkraftanlagen** (s. Kap. 3) wurde ebenfalls durch zwei spezifische Messgrößen (mittlere Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhtem Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe der Arten und mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel) berücksichtigt. In der mittleren Anzahl durchziehender Individuen mit einem erhöhtem Kollisionsrisiko aufgrund der präferierten Zughöhe wurden diejenigen Arten berücksichtigt, bei denen mind. 20 % der Individuen in der mittleren Höhenstufe (50 - 250 m) durchgezogen sind. Es wurde vereinfacht unterstellt, dass Arten, die besonders häufig Flugbewegungen in Rotorenhöhe unternehmen, einem deutlich höheren Kollisionsrisiko unterliegen. Diese Pauschalierung trifft so zwar nicht zu, da das Kollisionsvermeidungsverhalten (z. B. Ausweichbewegungen, Verhaltensänderungen s. Kap. 3) artspezifischen Unterschieden unterliegt. Dieser Aspekt ist jedoch für nur wenige Arten im Detail untersucht und konnte daher in der Bewertung noch nicht differenzierter über alle Arten berücksichtigt werden. Nach den Daten der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburg (DUERR, Stand Januar 2011¹⁰) treten Greifvögel besonders häufig als Kollisionsopfer unter Windkraftanlagen auf. Daher wurde als zweites Kriterium die mittlere Anzahl durchziehender Greifvögel in der Bewertung berücksichtigt. Da viele Greifvögel auch mit mind. 20 % der Individuen in der mittleren Höhenstufe registriert wurden und bereits in der ersten Messgröße berücksichtigt sind, wurde dieses Kriterium etwas geringer gewichtet.

Den **Einfluss von Windkraftanlagen auf den Zug bedrohter Vogelarten** zu bewerten, stößt auf die Schwierigkeit, dass nicht oder jedenfalls nicht ausreichend bekannt ist, aus welchen Populationen sich die registrierten Durchzügler rekrutieren. Ob die Vögel aus nationalen Populationen stammen, oder aus weit im Nordosten liegenden Gebieten, kann nicht eruiert werden. Die alleinige Anwendung nationaler oder gar regionaler Gefährdungseinstufungen ist hier nicht Ziel führend. Daher wurde für die Bewertung den Einstufungen der SPEC-Kategorien (Species of European conservation concern, BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004) be-

¹⁰ <http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb2.c.451792.de>

sonders hohes Gewicht verliehen, während nationale Einstufungen zwar berücksichtigt, aber geringer gewichtet wurden.

Wie bereits in Kap. 4.3.2 angemerkt, führt die vorgenommene Bewertung nach Einschätzung der Bearbeiter zu einem fachlich guten und plausiblen Bild im Konflikt-Ranking für eine vorgeschaltete Ebene im Vergleich von Vorranggebieten bezüglich des Zugeschehens. Bewertungskriterien und ihre Anwendung in diesem Feld bedürfen jedoch sicherlich noch einer weiter gehenden Entwicklung und Diskussion.

Räumliche Bezugsebene und die Berücksichtigung kumulativer Effekte

Es besteht ein Mangel an landesweiten Vergleichsdaten. Erst die Aufnahme des Vogelzugs an verschiedenen Standorten auf regionaler Ebene erlaubt die Identifizierung bedeutender Verdichtungsräume für den Vogelzug. Darauf basierend kann eine Ableitung von Gebieten erfolgen, die für eine Windkraftnutzung in diesem Sinne auf regionalem Skalenniveau kritischer sind. Eine Beurteilung der Bedeutung der identifizierten Verdichtungsräume im landesweiten Maßstab ist aber, soweit diese Datengrundlage nur für eine bestimmte Region vorliegt, zunächst nicht zu treffen. Es ist nicht auszuschließen, dass zwischen den Regionen große Unterschiede zwischen dem Zugaufkommen existieren und einzelne Naturräume bedeutender sind als andere (vgl. GATTER 2000: 49-50). Ein im regionalen Maßstab mittleres Zugaufkommen kann dann je nach Region im landesweiten Vergleich herausragend oder aber auch unterdurchschnittlich ausfallen. Eine Beurteilung in landesweiten Kontext kann erst erfolgen, wenn für Baden-Württemberg regional differenziert Vergleichsdaten nach gleichem Methodenstandard vorliegen. Mit dem hier vorgestellten Ansatz könnte z. B. für die Ebene der Regionalplanung kurz- bis mittelfristig ein solcher Datensatz generiert werden. Hierbei ist zu betonen, dass sich die Erfassung des Vogelzugs nicht ausschließlich auf die potenziellen Vorranggebiete für Windkraftnutzung beschränken sollte, sondern auch Vergleichsstandorte mit einbeziehen muss, die zwar für eine Windkraftnutzung aufgrund der Windhöfigkeit nicht attraktiv sind, aber für den Vogelzug durchaus eine große Bedeutung haben können (z. B. Tallagen). Nur dann kann eine Skala generiert werden, die eine insgesamt angemessene Einordnung von Vorranggebieten in Konfliktstufen bezüglich des Vogelzugs für Baden-Württemberg ermöglicht.

Momentan ist es zudem nicht möglich, in die Bewertung auf regionaler Ebene kumulative Effekte durch die Windkraftnutzung einfließen zu lassen. Hierzu wären artbezogene Schwellenwerte erforderlich, die festlegen, wie viel zusätzliche Mortalität durch Windkraftnutzung für die jeweiligen Population(en) noch tolerierbar ist und welche Abnahme der allgemeinen „Fitness“ von Individuen durch die Barriere- und Störungswirkung von Windkraftanlagen ggf. hinnehmbar sein könnte. Erste methodische Hinweise zur Aufarbeitung dieses Themenkomplexes geben MASDEN et al. (2009). Beispielfhaft wird für die Eiderente eine Abschät-

zungen kumulativer Effekte von DESHOLM (2006) dargestellt. Hinweise auf kumulative Effekte zeichnen sich z. B. für den Rotmilan in Brandenburg ab. Das Ausmaß von 57,8 % zusätzlicher Mortalität von Rotmilanen jenseits der Nestlingsphase, wie es für Windenergieanlagen in Brandenburg (Daten Archiv VSW, DÜRR 2009 in LANGGEMACH & DÜRR 2011) dargestellt wird, könnte von dieser Art, mit geringer Fortpflanzungsrate, mittelfristig nicht eigenkompensierbar sein. Entsprechende Betrachtungen wären sowohl für Einflüsse auf Zuggeschehen wie auch ggf. für bestimmte Brutvögel anzustellen.

6.3 Mögliche Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen

Nach kursorischer Literaturrecherche können die folgenden Maßnahmen geeignet und in Überlegungen einzustellen sein, das Konfliktpotenzial von Windkraftanlagen zu minimieren¹¹:

- Nach SACHSLEHNER & KOLLAR (1997: 17) hängt die Zahl der Kollisionsopfer weniger von der Anzahl der Anlagen ab, als vielmehr vom gewählten Standort. Deshalb ist eine geeignete Standortwahl mit z. B. der Meidung von Feuchtgebieten, bedeutenden Rastgebieten (auch weithin offene Agrarflächen) bzw. Zugkorridoren, sowie Wäldern und Gebirgrücken mit hoher Greifvogeldichte (HÖTKER et al. 2005, ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a, HENNING 2006, DREWITT & LANGSTON 2008) entscheidend.
- Der NLT (2011) empfiehlt neben einem generellen Abstand in Größenordnung der 10fachen Anlagenhöhe, mindestens jedoch 1.200 m zu international, national und landesweit bedeutenden Rast- und Überwinterungsplätzen, dass die Interaktionskorridore zwischen den verschiedenen Habitaten freigehalten werden sollten (z. B. Verbindungen zwischen Nahrungs- und Schlafplätzen). Die Ausdehnung dieser zu schaffenden anlagenfreien Korridore sollte mindestens 2 x 2 km betragen (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a). Zu Schlafplätzen von Kranichen, Schwänen und Gänsen sollte bei Beständen über einem Prozent der Individuen einer biogeografischen Population ein Abstand von mindestens 3.000 m eingehalten werden. Je nach Lage der Dinge kann nach Auffassung der LAG-VSW¹² auch ein Abstand bis 6.000 m erforderlich sein. Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob für weitere Arten spezifische Abstände erforderlich sind. So sollten insbesondere traditionelle Rast- und Überwinterungsplätze von Greifvögeln und Eulen mit hohen Individuenzahlen (Mäuse- bzw. Raufußbussard, Weihen, Sumpf- und Waldohreule) von WEA freigehalten werden. Auch für diese

¹¹ Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass es sich bei dieser Darstellung nicht um eine solche handelt, die Anspruch auf Vollständigkeit und differenzierte, abschließende Bewertung der einzelnen genannten Maßnahmen erheben kann. Dies war nicht Aufgabe des vorliegenden Berichtes. Die Darstellung hat lediglich Hinweisscharakter.

¹² Länder-Arbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten

- Bereiche kann ein Abstand von mindestens 1.200 m geboten sein. Vorschläge für Abstandswerte finden sich in einer Reihe von Publikationen.
- Geländeformen mit lokalen Zugverdichtungszone n sollten von Windkraftanlagen freigehalten werden. Windkraftanlagen, die an Taleinschnitten, an Senken, an Geländerücken, an Riegeln sowie an Hangkanten von Plateau- und Kammlagen stehen, können den Konflikt mit dem bodennahen Vogelzug verstärken, da solche Bereiche von einer größeren Anzahl von Zugvögeln befliegen werden (können). Pauschale Angaben zu Vorzugsflächen lassen sich aber offenbar nicht treffen. Es wird daher in der Literatur empfohlen, im Rahmen jeder Standortplanung fachliche Untersuchungen zum Vogelzuggeschehen sowie Aufnahmen der Brut- und Rastvogelfauna vorzunehmen, um die verträglichste Entscheidung für den jeweiligen Fall zu treffen (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a, WOLF et al. 2010).
 - Auch die die Anlagen umgebende Landschaftsstruktur ist wesentlich: Weithin sichtbare, offen stehende Anlagen können offenbar von den meisten Individuen je nach Art und Situation verschieden weiträumig und ggf. ohne Schreckverhalten umgangen werden. Geländeeinschnitte, die um Anlagenstandorte herum verlaufen, wirken sich positiv aus, da sich viele Vogelarten an solchen Strukturen orientieren und den entsprechenden Standort ohnehin umfliegen würden (STÜBING 2001, zit. in BERNSHAUSEN et al. 2008). Ungünstig sind demgegenüber Positionierungen gerade in solchen Geländeeinschnitten, etwa auf Hochflächen oder in Hanglagen (BERNSHAUSEN et al. 2008, STÜBING 2001, zit. in BERNSHAUSEN et al. 2008, WOLF et al. 2010).
 - Durch entsprechende Abstandshaltungen gegenüber aufwindgeprägten Hangkanten und Plateaubereichen lassen sich auch potenzielle Konflikte mit gerade hier den Aufwind nutzenden, segelfliegenden Vogelarten (Rotmilan, Schwarzstorch etc.) minimieren (BERNSHAUSEN et al. 2008).
 - Anlagenfreie Korridore: Zwischen den Windparks sollten weiträumige, mehrere Kilometer (mind. 4 km) breite Korridore frei von Windkraftanlagen bleiben, um einen ungestörten Vogelzug in die beschriebenen Hauptvogelzugrichtungen zu gewährleisten; dazu bedarf es eines koordinierten Vorgehens verschiedener Planungsebenen und-trägern bei der Standortauswahl (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a, DREWITT & LANGSTON 2008). WOLF et al. (2010) halten hingegen einen ca. 2 km breiter, anlagenfreier Zugkorridor zwischen Windparks für ausreichend.
 - Ausweisung von Windparks an vorbelasteten Flächen: In der Literatur wird vorgeschlagen, konfliktarme Standorte in der Umgebung vorbelasteter Flächen verstärkt zur Ausweisung von Standorten heranzuziehen; hierbei ist an die Errichtung von Windparks in der Umgebung von Industrie- und Gewerbegebieten oder an Autobahnen bzw. Schnellbahntrassen etc. gedacht (SACHSLEHNER & KOLLAR 1997, ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a).
 - In der Literatur wird die Empfehlung gegeben, in Bereichen, die aus naturschutzfachlichen Gesichtspunkten eine Errichtung von Windkraftanlagen zulassen, Windkraftanlagen gebündelt zu errichten. Statt der Ausweisung einer höhe-

- ren Zahl von Standorten mit geringer Anlagenzahl sollten wenige, dafür aber anlagenreiche Standorte ausgewählt und gefördert werden, um die Anzahl beeinträchtigter Flächen gering zu halten. Eine Konzentration von Anlagen auf wenige Standorte ist auch sinnvoll, um ein ständiges Ausweichen und Verlassen des Zugkurses sowie ein energieaufwändiges Umfliegen der einzelnen Windparke von ziehenden Vögeln zu verhindern (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a).
- Geeignete Konfiguration von Windkraftanlagen im Windpark. Aufreihung parallel und nicht quer zur Hauptzugrichtung (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a, HÖTKER et al. 2005) und möglichst enge Abstände zwischen den einzelnen Anlagen („clustering“) (DREWITT & LANGSTON 2008).
 - Bestimmte bauliche Vorkehrungen wie z. B. Vermeidung von Gittermasten, Drahtseilen und oberirdischen elektrischen Leitungen (HÖTKER et al. 2005). Bei der Errichtung von Windkraftanlagen ist das Gefahrenpotential von Frei- und Mittelspannungsleitungen für Großvögel (Schwarzstorch, Rotmilan u. a.) zu berücksichtigen. Daher sollte die Einspeisung des erzeugten Stroms in das Energienetz mittels unterirdisch verlegter Stromleitungen erfolgen, um die Folgewirkung „Vogelschlag an Freileitungen“ zu minimieren und einer weiteren Verdrahtung der Landschaft vorzubeugen (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a).
 - Maßnahmen, welche die Standorte von Windkraftanlagen möglichst wenig attraktiv für potenzielle Kollisionsopfer machen (keine Sitzstangen für Greifvögel, keine Nistkästen, ggf. Management von potenziellen Beutetieren, Einhaltung eines gewissen Sukzessionsstadiums im Nahbereich der Anlagen).
 - Eine großflächige Beleuchtung von Anlagen und möglicherweise das Anbringen von so genannten „Antikollisionslampen“ (je nach Typ) sind als ein weiteres Gefahrenpotential zu bewerten, da starke Lichtquellen die Vögel von ihrem Ausweichkurs ablenken und eher zu sich hinziehen (insbesondere bei Schlechtwetter- und Nebellagen). So ist Vogelschlag an Leuchttürmen im Küstenbereich seit langem bekannt; besonders nachziehende Vogelarten, aber auch Fledermäuse und nachtaktive Insekten sind betroffen (SACHSLEHNER & KOLLAR 1997, EVANS 2000, ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a, DREWITT & LANGSTON 2008). Ist eine Beleuchtung aufgrund von Sicherheitsaspekten notwendig, sollten blinkende und keine dauerhaft leuchtenden Lichter angebracht werden (RICHARDSON 2000). Zur zu präferierenden Lichtfarbe finden sich bislang in der Literatur unterschiedliche Angaben.
 - In der Literatur wird empfohlen, stark reflektierende Rotorblätter nicht einzusetzen, da sie die Scheuchwirkung der rotierenden Windräder erhöhen (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a).
 - Zur Reduktion des Kollisionsrisikos wurde empfohlen, Rotorblätter mit einer im Vergleich zum Hintergrund stark kontrastierenden Farbe anzustreichen (DREWITT & LANGSTON 2008)
 - In Phasen mit hoher Flugaktivität von Vögeln (Zugzeiten, periodische Rast- und Schlafplatznutzung) kann das Abschalten von Windenergieanlagen eine mögliche Minderungsmaßnahme sein (HOOVER & MORRISON 2005 und HÜPPOP et al. 2006 in DREWITT & LANGSTON 2008),

- Untersuchungserfordernis: Vor der Ausweisung von Windenergiestandorten sollen systematische Freilanduntersuchungen zur Bedeutung der Flächen und ihrer Umgebung für die Vogelwelt durchgeführt werden; eine fachgerechte Begutachtung, eine Beurteilung potenzieller Beeinträchtigungen und eine Erstellung von zuverlässigen Prognosen sind nur dann gewährleistet, wenn Erhebungen zur Brutvogelfauna, zu Rastplätzen und -gebieten und zum Zugvogelgeschehen von qualifizierten Ornithologen ausgeführt werden (ISSELBÄCHER & ISSELBÄCHER 2001a).

7 Literatur

- BARCLAY, R.M.R., BAERWALD, E.F., GRUVER, J.C. (2007): Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. - *Can. J. Zool.*, 85: 381-387.
- BARRIOS, L., RODRIGUEZ, A. (2004): Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind-turbines. - *Journal of Applied Ecology* 41: 72-81.
- BARTHEL, P.H., HELBIG, A.J. (2005): Artenliste der Vögel Deutschlands. - *Limicola*, 19 (2): 89-111.
- BERNSHAUSEN, F., KREUZIGER, J., KORN, J., STÜBING, S. (2008): Lokalisation von Ausschlussflächen für Windenergienutzung in Hinblick auf avifaunistisch relevante Räume im Bereich des Regierungspräsidiums Kassel (Nordhessen). - Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Kassel: 59 S., Planungsgruppe Natur und Landschaft, Hungen.
- BERTHOLD, P. (2000): Vogelzug. Eine aktuelle Gesamtübersicht. - 280 S. (4. Aufl.); Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2004): Birds in Europe: Population estimates, trends and conservation status.
- BMU - BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2011a): Eckpunkte der EEG-Novelle sowie sonstige Neuerungen für erneuerbare Energien. - <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/47469/47585/> Stand 30.06.2011; (abgerufen am 28.10.2011).
- BMU - BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2011b): Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2012. - <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/47585/> Stand 08.08.2011; (abgerufen am 28.10.2011).
- BRUDERER, B. (1996): Vogelzugforschung im Bereich der Alpen 1980-1995. - *Orn. Beob.*, 93: 119-130.
- BRUDERER, B., LIECHTI, F. (1998): Intensität, Höhe und Richtung von Tag- und Nachtzug im Herbst über Südwestdeutschland. - *Orn. Beob.*, 95: 113-128.
- BRUDERER, B., LIECHTI, F. (2004): Welcher Anteil ziehender Vögel fliegt im Höhenbereich von Windturbinen? - *Orn. Beob.*, 101: 337-335.
- CHAMBERLAIN, D., FREEMAN, S., REHFISCH, M. (2005): Appraisal of Scottish Natural Heritage's Wind Farm Collision Risk Model and its Application. - BTO Research Report 401, British Trust for Ornithology: 52 S., Norfolk.
- CURRY, R.C., KERLINGER, P. (2000): Avian Mitigation Plan: Kenetech Model Wind Turbines, Altamont Pass WRA, California. - In: AVIAN SUBCOMMITTEE OF THE NATIONAL WIND COORDINATING COMMITTEE (ed.): Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California, May 1998. - Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City: 18-27; Ontario Canada.

- DESHOLM, M. (2006): Wind farm related mortality among avian migrants - a remote sensing study and model analysis. - Dissertation, Dept. of Wildlife Ecology and Biodiversity National Environmental Research Institute and Center for Macroecology, Institute of Biology University of Copenhagen: 126 S.
- DESHOLM, M., KAHLERT, J. (2005): Avian collision risk at an offshore wind farm. - Biol. Lett. (2005) 1: 296-298.
- DIERSCHKE, V., BERNOTAT, D. (2012): Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tier im Rahmen von Projekten und Eingriffen - unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Brutvogelarten. (- in Vorb.)
- DREWITT, A.L., LANGSTON, R.H.W. (2006): Assessing the impacts of wind farms on birds. - Ibis, 148: 29-42.
- DREWITT, A.L., LANGSTON, R.H.W. (2008): „Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds“. - Ann. N.Y. Acad. Sci., 1134: 233-266; New York Academy of Sciences.
- DÜRR, T., LANGGEMACH, T. (2006): Greifvögel als Opfer von Windkraftanlagen. - Populationsökologie Greifvogel- und Eulenarten 5: 483-490.
- EVANS, W.R. (2000): Applications of Acoustic Bird Monitoring for the Wind Power Industry. - In: AVIAN SUBCOMMITTEE OF THE NATIONAL WIND COORDINATING COMMITTEE (ed.): Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California, May 1998. - Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City: 141-151; Ontario Canada.
- GATTER, W. (2000): Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa. Aula, Wiebelsheim, 656 S
- HENNING, F.W. (2006): Avifaunistisches Gutachten für mögliche Windenergiestandorte in der Stadt Wetter, Landkreis Marburg-Biedenkopf, Hessen. - Gutachten im Auftrag des Planungsbüros Holger Fischer, Linden: 42 S.
- HORCH, P., BRUDERER, B., KELLER, V., MOLLET, P., SCHMID, H. (2003): Windenergiekonzept Schweiz - Beurteilung der 40 prioritären Standorte aus ornithologischer Sicht. - Gutachten Schweizerische Vogelwarte, Sempach: 14 S.
- HÖTKER, H., THOMSEN, K.-M., KÖSTER, H. (2005): Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse. - BfN-Skripten, 142: 83 S.
- HUNT, W.G. (2000): A Population Study of Golden Eagles in the Altamont Pass Wind Resource Area: Population Trend Analysis 1994-1997 - Executive Summary. - In: AVIAN SUBCOMMITTEE OF THE NATIONAL WIND COORDINATING COMMITTEE (ed.): Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California, May 1998. - Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City: 15-17; Ontario Canada.
- HÜPPOP, K., DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V., HILL, R., JACHMANN, K.F., HÜPPOP,

- O. (2010): Phänologie des „sichtbaren“ Vogelzugs über der Deutschen Bucht, Vogelwarte 48: 181-267.
- ILLNER, H. (2011): Comments on the report Wind Energy Developments and Natura 2000, edited by the European Commission in October 2010. - http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/Wind_farms.pdf
- ISSELBÄCHER, K., ISSELBÄCHER, T. (2001a): Vogelschutz und Windenergie in Rheinland-Pfalz. Gutachten zur Ermittlung definierter Lebensraumfunktionen bestimmter Vogelarten (Vogelbrut-, -rast- und -zuggebiete) in zur Errichtung von Windkraftanlagen geeigneten Bereichen von Rheinland-Pfalz. - Materialien zur Landespflege 2/2001: 188 S.
- ISSELBÄCHER, K., ISSELBÄCHER, T. (2001b): 10.1.2 Windenergieanlagen. - In: RICHARZ, K., BEZZEL, E., HORMANN, M. (Hrsg.): Taschenbuch für Vogelschutz: 116-127; Aula-Verlag, Wiebelshausen.
- JANSS, G. (2000): Bird Behavior In and Near a Wind Farm at Tarifa, Spain: Management Considerations. - In: AVIAN SUBCOMMITTEE OF THE NATIONAL WIND COORDINATING COMMITTEE (ed.): Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California, May 1998. - Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City: 110-114; Ontario Canada.
- KESTENHOLZ, M., KORNER-NIEVERGELD, F., BAADER, E., FISCHER, L., KORNER-NIEVERGELT, P., SCHAFFNER, P. (2009): Phänologie und Wetterabhängigkeit des Herbstzuges der Ringeltaube *Columba palumbus* auf der Ulmethöchi im Jura: Massenzugtage nach Zugstaulagen. - Orn. Beob., 106 (2): 193-207.
- KRIGSVELD, K.L., AKERSHOEK, K., SCHENK, F., DIJK, F., DIRKSEN, S. (2009): Collision risk of birds with modern large wind turbines. - Ardea, 97 (3): 357-366.
- KUSCHK, G. (2007): Automatische Vogelzug-Erfassung mittels Radarbildern. - Projektarbeit Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Informatik: 38 S.
- LANGGEMACH, T., DÜRR, T. (2011): Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel Stand 13. Mai 2011. - 33 S. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Staatliche Vogelschutzwarte, Nennhausen-Buckow.
- LIECHTI, F., PETER, D., LARDELLI, R., BRUDERER, B. (1996): Die Alpen, ein Hindernis im nächtlichen Breitfrontenzug - eine großräumige Übersicht nach Mondbeobachtungen. - J. Ornithol., 137: 337-356.
- LIECHTI, F., PETER, D., LARDELLI, R., BRUDERER, B. (1996): Herbstlicher Vogelzug im Alpenraum nach Mondbeobachtungen - Topographie und Wind beeinflussen den Zugverlauf. - Orn. Beob., 93: 131-152.
- LIECHTI, F., SCHMALJOHANN, H. (2007): Vogelzug über der westlichen Sahara. - Orn. Beob., 104 (1): 33-44.

- LIECHTI, F., SCHMALJOHANN, H. (2007): Wind-governed flight altitudes of nocturnal spring migrants over the Sahara. - *Ostrich*, 78 (2): 337-341; South Africa.
- LUCAS, M. DE, JANSS, G.F.E., WHITFIELD, D.P., FERRER, M. (2008): Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. - *J. Appl. Ecol.*, 45: 1695-1703.
- MANN, P., PURSCHKE, C. (1989): Tageszeitlicher Zugverlauf einiger Vogelarten während des Herbstzuges im Hochschwarzwald 1988. - *Orn. Jh. Bad.-Württ.* 5: 77-90.
- MASDEN, E.A., FOX, A.D., FURNESS, R.W., BULLMAN, R., HAYDON, D.T. (2009): Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: Developing a conceptual framework. - *Environmental Impact Assessment Review* xxx: xxx-xxx.
- NIPKOW, M. (2005): Prioritäre Arten für den Vogelschutz in Deutschland. - *Ber. Vogelschutz* 42: 123-135.
- NLT - NIEDERSÄCHSISCHER LANDKREISTAG E.V. (Hrsg.) (2011): Naturschutz und Windenergie. Hinweise zur Berücksichtigung des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowie zur Durchführung der Umweltprüfung und Umweltverträglichkeitsprüfung bei Standortplanung und Zulassung von Windenergieanlagen. - Gutachten der AG Windenergie beim Niedersächsischen Landkreistag: 35 S.
- PETER, D., TRÖSCH, B., LÜCKER, L. (1999): Intensiver Vogelzug im Spätherbst als Folge einer Stauentladung. - *Orn. Beob.*, 96: 285-292.
- RANDLER, C. (1996): Wegzug tagziehender Vogelarten im Mittleren Neckarraum/Baden-Württemberg nach stichprobenartigen Planbeobachtungen 1974-1995. - *Orn. Jh. Bad.-Württ.* 12: 237-278.
- REICHENBACH, M., HANDKE, K. (2006): Nationale und internationale methodische Anforderungen an die Erfassung von Vögeln für Windparkplanungen - Erfahrungen und Empfehlungen. „- Beitrag zur Tagung Windenergie - neue Entwicklungen, Repowering und Naturschutz, 31.03.2006: 20 S; Münster.“
- RICHARDSON, W.J. (2000): Bird Migration and Wind Turbines: Migration Timing, Flight Behavior, and Collision Risk. - In: AVIAN SUBCOMMITTEE OF THE NATIONAL WIND COORDINATING COMMITTEE (ed.): *Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III*, San Diego, California, May 1998. - Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City: 132-140; Ontario Canada.
- SACHSLEHNER, L., KOLLAR, H.P. (1997) Vogelschutz und Windkraftanlagen in Wien. Endbericht. - Studie im Auftrag der Stadt Wien, Magistratsabteilung, 22 - Umweltschutz.
- SCHÜTT, R. (2000): Tag- und Nachtzug im Literaturüberblick. - In: GATTER, W. (2000): *Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa*. Aula, Wiebelsheim, S. 218-223.
- STEIFOFF, K. (2000): Breitfrontzug und Schmalfrontzug über Mitteleuropa und am

- Randecker Maar. - In: GATTER, W. (2000): Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa. Aula, Wiebelsheim, S. 45- 51.
- SÜDBECK, P., BAUER, H.-G., BOSCHERT, M., BOYE, P., KNIEF, W. (2009): Rote Liste und Gesamtartenliste der Brutvögel (Aves) Deutschlands. 4. Fassung, Stand 30. November 2007. - Naturschutz und Biologische Vielfalt, 70 (1): 159-227; BfN, Bonn.
- THELANDER, C.G., RUGGE, L. (2000): Bird Risk Behaviors and Fatalities at the Altamont Wind Resource Area. - In: AVIAN SUBCOMMITTEE OF THE NATIONAL WIND COORDINATING COMMITTEE (ed.): Proceedings of National Avian - Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California, May 1998. - Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL Ltd., King City: 5-14; Ontario Canada.
- TRAXLER, A., WEGLEITNER, S., JAKLITSCH, H. (2004): Vogelschlag, Meideverhalten und Habitatnutzung an bestehenden Windkraftanlagen Prellenkirchen - Obersdorf - Steinberg/Prinzendorf. - Gutachten im Auftrag der WWS Ökonomie, evn naturkraft, WEB Windenergie, IG Windkraft und Amt der Niederösterreichischen Landesregierung: 106 S.
- TÜV SÜD (2011): Windatlas Baden-Württemberg. Im Auftrag des Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg. 51 S.
- VOGELWARTE SEMPACH (Hrsg.) (2008): Windenergienutzung und Vögel. Standpunkt der Schweizerischen Vogelwarte Sempach.
- WILTSCHKO, R., WILTSCHKO, W. (1999a): Das Orientierungssystem der Vögel I. Kompassmechanismen. - J. Orn. 140: 1-40.
- WILTSCHKO, R., WILTSCHKO, W. (1999b): Das Orientierungssystem der Vögel II. Heimfinden und Navigation. - J. Orn. 140: 129-164.
- WILTSCHKO, R., WILTSCHKO, W. (1999c): Das Orientierungssystem der Vögel III. zugorientierung. - J. Orn. 140: 273-308.
- WILTSCHKO, R., WILTSCHKO, W. (1999d): Das Orientierungssystem der Vögel I. Evolution. - J. Orn. 140: 393-417.
- WOLF, T., BERBERICH, W., SIMON, L. (2010): Naturschutzfachliche Aspekte, Hinweise und Empfehlungen zur Berücksichtigung von avifaunistischen und fledermausrelevanten Schwerpunkträumen im Zuge der Standortkonzeption für die Windenergienutzung im Bereich der Region Rheinhessen-Nahe. - Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG): 52 S. + Anh.
- ZEHNDER, S., LIECHTI, F., TRÖSCH, B., BRUDERER, B. (2001): Gibt es topographieunabhängigen Nachtzug über den Alpen? - Orn. Beob., 98: 215-222.
- ZEHTINDJEV, P., LIECHTI, F. (2003): A quantitative estimate of the spatial and temporal distribution of nocturnal bird migration in south-eastern Europe - a coordinated moon-watching study. - Avian Science, 3 (1): 37-45.

8 Anhang

Tab. A1: Gesamtzahl nachgewiesener Individuen nach Standort. Summe von 12 (Standort 0 = Referenz) bzw. vier Zugplanbeobachtungen (Standort 0 - 9)

Art	RL D	Internat. Schutzrel.	Prioritäre Art in D	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summe
Alpensegler	R	Non-SPEC	-								10			10
Amsel	-	Non-SPEC	-		18	18	11	17	37	39	10	42	17	209
Bachstelze	-	Non-SPEC	-	416	12	43	130	19	30	58	132	82	27	949
Baumfalke	3	Non-SPEC	P3	1	1			1	1	2	1	5		12
Baumpieper	V	Non-SPEC	P	183	11	1	50	3	58	52	3	133	71	565
Bekassine	1	SPEC 3	-					1						1
Bergfink	II	Non-SPEC	-	47	28	36	12	275	404	17	21	54	20	914
Bergpieper	-	Non-SPEC	-		1	1	11	1		2	2			18
Bindenkreuzschnabel	-	Non-SPEC	-		2									2
Birkenzeisig	-	Non-SPEC	-		3	1						1		5
Blaumeise	-	Non-SPEC	-	5	3		1	11	12	7	26	4	30	99
Bluthänfling	V	SPEC 2	P3	86	6	63	92	3	37	56	133	13		489
Brachpieper	1	SPEC 3	-	2									1	3
Braunkehlchen	3	Non-SPEC	-				2					2		4
Buchfink	-	Non-SPEC	-	5211	3324	3234	3785	3710	6611	3044	14216	5751	2622	51508
Buntspecht	-	Non-SPEC	-		1				8			1	3	13
Dohle	-	Non-SPEC	-		22	10	96		20	2	77	8	9	244
Eichelhäher	-	Non-SPEC	-		3	3	2	5	31	13	14	5	54	130
Elster	-	Non-SPEC	-		1	3	1			4		3		12
Erlenzeisig	-	Non-SPEC	-	261	318	18	96	155	530	151	178	172	137	2016
Feldlerche	3	SPEC 3	P3	160	44	137	380	52	3	56	84	39	38	993
Feldsperling	V	SPEC 3	P3		6	20	32	1	13	30	5	5	2	114
Fichtenkreuzschnabel	-	Non-SPEC	-	1	17	2		15	6			3	50	94

Art	RL D	Internat. Schutzrel.	Prioritäre Art in D	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summe
Fischadler	3	SPEC 3	P3	1			1					1		3
Gartenrotschwanz	-	SPEC 2	P							1		1		2
Gebirgsstelze	-	Non-SPEC	-	4	3	1	13	2	5	2	9		9	48
Gimpel	-	Non-SPEC	-		12	9	2	9	11	22	17	3	19	104
Girlitz	-	Non-SPEC	-	21		3	4	1			1	2		32
Goldammer	-	Non-SPEC	-	56	38	120	19	54	31	93	32	26	5	474
Graugans	-	Non-SPEC	-								2	3		5
Graureiher	-	Non-SPEC	-			2	2		14		5		1	24
Grünfink	-	Non-SPEC	-	62	9	96	41	2	126	287	3	13		639
Grünspecht	-	SPEC 2	P3				1							1
Habicht	-	Non-SPEC	-			5		1	1			2		9
Haubenmeise	-	SPEC 2	-										4	4
Hausrotschwanz	-	Non-SPEC	-	3	1		1	1		5	1			12
Heckenbraunelle	-	Non-SPEC	-	333	30	14	103	16	146	85	143	86	94	1050
Heidelerche	V	SPEC 2	P	119	11	29	12	79	1	18	21	35	14	339
Hohltaube	-	Non-SPEC	-	2	2	26	17	2	26	86	4	14		179
Kernbeißer	-	Non-SPEC	-	245	842	55	38	973	1903	158	490	431	140	5275
Kiebitz	2	SPEC 2	P3			6	20			17				43
Kleiber	-	Non-SPEC	-						2	1		1	4	8
Kleinspecht	V	Non-SPEC	-						1					1
Kohlmeise	-	Non-SPEC	-		2	3		8	1	5	5	2	28	54
Kolkrabe	-	Non-SPEC	-		2	13	2	5	9	2	12	4	2	51
Kormoran	-	Non-SPEC	P3	35	1	25	3		5	4	141	66	1	281
Kornweihe	2	SPEC 3	-	1		1								2
Lachmöwe	-	Non-SPEC	-		5									5
Mäusebussard	-	Non-SPEC	-	47	10	81	44	22	40	44	58	67	30	443
Mehlschwalbe	V	SPEC 3	P3	164	328	501	282	349	288	757	195	203	249	3316
Merlin	-	Non-SPEC	-	2	1	1					2			6

Art	RL D	Internat. Schutzrel.	Prioritäre Art in D	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summe
Misteldrossel	-	Non-SPEC	-	3	91	24	40	46	65	130	214	93	13	719
Mittelspecht	-	Non-SPEC	P3						1					1
Mönchsgrasmücke	-	Non-SPEC	-										2	2
Ortolan	3	SPEC 2	-				3	3		1	2	5		14
Rabenkrähe	-	Non-SPEC	-	1	18	21	44	21	8	44	52	147	7	363
Raubwürger	2	SPEC 3	-				1							1
Rauchschwalbe	V	SPEC 3	P3	327	136	71	562	145	173	373	576	190	116	2669
Raufußbussard		Non-SPEC			1									1
Ringeltaube	-	Non-SPEC	-	317	79	936	342	150	479	535	8065	800	162	11865
Rohrhammer	-	Non-SPEC	-	114	10	19	17	7	2	5	24	5	1	204
Rohrweihe	-	Non-SPEC	-	4	1	1	6		4	3	3	5	2	29
Rostgans	III	SPEC 3	-									5		5
Rotdrossel	II	Non-SPEC	-	1	3	5	1	6	6	4	1	3	1	31
Rotkehlchen	-	Non-SPEC	-		2	1	2	1	6		1	7	6	26
Rotkehlpieper	-	Non-SPEC	-	2			1				5	2		10
Rotmilan	-	SPEC 2	P3	30	10	24	79	22	11	23	54	30	2	285
Schwanzmeise	-	Non-SPEC	-		7					3			21	31
Schwarzmilan	-	SPEC 3	-			4	1	1						6
Schwarzspecht	V	Non-SPEC	-		1			1	1	1	1	1		6
Silberreiher	-	Non-SPEC	-									5	1	6
Singdrossel	-	Non-SPEC	-	26	52	52	19	47	89	102	39	28	23	477
Sperber	-	Non-SPEC	-	5	6	22	10	7	13	14	32	15	7	131
Star	-	SPEC 3	-	769	72	198	297	21	17	191	195	33	30	1823
Steinschmätzer	1	SPEC 3	-				1							1
Stieglitz	-	Non-SPEC	-	75	4	22	43	20	21	26	8	8	8	235
Sumpfmeise	-	SPEC 3	-			1			4				11	16
Tannenhäher	-	Non-SPEC	-						5					5
Tannenmeise	-	Non-SPEC	-		6	3		1	6	3		6	20	45

Art	RL D	Internat. Schutzrel.	Prioritäre Art in D	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Summe
Trauerschnäpper	-	Non-SPEC	-						1					1
Turmfalke	-	SPEC 3	-	1	3	11	13	4	1	12	9	18	3	75
Uferschwalbe	-	SPEC 3	P			76	1	15	6	3				101
Wacholderdrossel	-	Non-SPEC	-	96	99	66	121	290	65	205	191	178	34	1345
Waldbaumläufer	-	Non-SPEC	-										1	1
Waldschnepfe	V	SPEC 3	-							1				1
Wanderfalke	-	Non-SPEC	P3		1	2	1	4		3	1			12
Weidenmeise	-	Non-SPEC	-					1	2				10	13
Wespenbussard	V	Non-SPEC	-				3		1			5		9
Wiesenpieper	V	Non-SPEC	-	183	41	202	121	49	32	48	71	48	17	812
Wiesen-Schafstelze	-	Non-SPEC	-	115	1	6	83	10	2	13		109	34	373
Wiesenweihe	2	Non-SPEC	-	1									1	2
Wintergoldhähnchen	-	Non-SPEC	-										2	2
Zilpzalp	-	Non-SPEC	-		2	3	6	1	2		6	3	12	35
Finken spec.						3					5			8
Gans spec.						1								1
Goldhähnchen spec.													7	7
Pieper spec.						1		3			2			6
Sperling spec.											1			1
Summe				9538	5764	6356	7124	6669	11451	6846	25611	9032	4235	92626

- RL** Rote Liste
D Gefährdungsstatus in Deutschland (SÜDBECK et al. 2009)
- 0 ausgestorben oder verschollen
 - 1 vom Aussterben bedroht
 - 2 stark gefährdet
 - 3 gefährdet
 - R extrem selten
 - V Vorwarnliste
 - ungefährdet
 - II nicht regelmäßig in Deutschland brütend (Vermehrungsgäste)
 - III (etablierte) Neozoen, die vom Menschen angesiedelt wurden oder aus Gefangenschaftshaltung entkommen sind und im Berichtszeitraum regelmäßig im Freiland brüteten

Internationale Schutzrelevanz (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004)

- SPEC 1 europäische Arten von globalem Naturschutzbelang
- SPEC 2 europäische Art ohne globalen Naturschutzbelang, aber mit ungünstigem Erhaltungszustand in Europa deren globale Population oder Verbreitungsgebiet sich in Europa konzentriert
- SPEC 3 europäische Art ohne globalen Naturschutzbelang, aber mit ungünstigem Erhaltungszustand in Europa deren globale Population oder das Verbreitungsgebiet sich nicht in Europa konzentriert
- Non-SPEC keine Schutzrelevanz

Prioritäre Art in Deutschland (NIPKOW 2005)

- P Arten mit einem Populationsanteil Deutschlands an Europa von >3 %
- P3 Arten mit einem Populationsanteil Deutschlands an Europa von >1 %

Deutsche Namen der Arten in alphabetischer Reihenfolge. Artnamen folgen der Nomenklatur in BARTHEL & HELBIG (2005).

Tab. A2: Mittlere Individuensumme (an der Referenz relativierte Werte). Die mittlere Individuensumme gibt die durchschnittliche Anzahl durchziehender Individuen je Zähltag an. Ein Zähltag bezieht sich auf die ersten 6 Morgenstunden zwischen 11.09. und 17.10.2011.

Art/Standort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittel
Bachstelze	34,7	3,9	8,7	36,6	6,2	9,8	16,3	24,5	20,5	6,7	16,8
Baumpieper	15,3	4,2	0,4	17,7	1,1	22,1	18,4	0,5	20,3	10,8	11,1
Bergfink	4,7	4,7	16,8	5,6	45,8	67,3	7,9	10,9	28,0	10,4	20,2
Blaumeise	0,4	1,3	0,0	0,4	4,6	5,0	2,9	3,6	0,8	6,3	2,5
Bluthänfling	7,2	2,2	9,2	27,5	1,1	13,3	16,7	22,7	5,5	0,0	10,5
Buchfink	434,3	1914,4	638,1	1045,6	2136,7	3807,5	840,9	2139,8	1107,0	504,7	1456,9
Erlenzeisig	21,8	54,5	7,7	24,9	26,5	90,8	39,1	77,4	45,1	35,9	42,4
Feldlerche	13,3	29,3	28,1	79,2	34,7	2,0	11,7	14,7	6,9	6,8	22,7
Girlitz	1,8	0,0	0,6	1,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,7	0,0	0,5
Goldammer	4,7	4,5	140,0	17,7	6,5	3,7	86,8	12,4	9,3	1,8	28,7
Grünfink	5,2	2,3	16,5	15,1	0,5	32,6	105,9	0,6	5,6	0,0	18,4
Heckenbraunelle	27,8	7,8	4,3	31,4	4,1	37,9	25,9	29,4	17,7	19,3	20,6
Heidelerche	9,9	2,5	57,5	39,7	18,2	0,2	59,5	2,9	4,9	2,0	19,7
Kernbeißer	20,4	125,5	38,7	11,6	145,0	283,6	48,1	244,0	111,4	36,2	106,5
Mäusebussard	3,9	6,5	11,3	9,1	14,4	26,1	9,1	10,3	20,2	9,0	12,0
Mehlschwalbe	13,7	109,3	95,1	53,5	116,3	96,0	143,7	52,3	54,4	66,7	80,1
Rauchschwalbe	27,3	29,4	25,1	198,9	31,4	37,4	132,0	126,6	41,8	25,5	67,5
Ringeltaube	26,4	115,9	85,3	2258,6	220,1	703,0	3533,2	722,2	2348,1	475,5	1048,8
Rohrhammer	9,5	2,6	4,1	6,0	1,8	0,5	1,8	4,5	1,4	0,3	3,3
Rohrweihe	0,3	0,3	0,2	1,0	0,0	1,3	0,5	1,0	1,7	0,7	0,7
Rotmilan	2,5	5,0	2,6	32,9	11,0	5,5	9,6	7,1	37,5	2,5	11,6
Singdrossel	2,2	14,1	14,1	5,1	12,7	24,1	27,6	8,5	6,1	5,0	11,9
Sperber	0,4	1,3	9,2	4,2	1,5	2,7	5,8	6,7	2,1	1,0	3,5
Star	64,1	118,3	20,7	126,9	34,5	27,9	81,6	21,5	17,9	16,3	53,0
Stieglitz	6,3	0,8	6,0	19,2	3,8	4,0	11,6	1,8	2,6	2,6	5,9

Art/Standort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittel
Wacholderdrossel	8,0	39,6	15,5	31,2	116,0	26,0	52,9	34,0	33,9	6,5	36,4
Wiesenpieper	15,3	14,9	43,4	42,9	17,8	11,6	17,0	11,0	10,5	3,7	18,8
Wiesen-Schafstelze	9,6	0,4	1,9	26,5	4,4	0,9	4,2	0,0	16,6	5,2	7,0
Summe aller Individuen	794,8	2471,1	1228,9	2162,9	2859,1	4909,2	2078,5	4018,3	2009,2	942,1	2347,4

Tab. A3: Verteilung durchziehender Individuen nach Höhenstufen. Dargestellt sind ausschließlich Arten mit ≥ 20 nachgewiesenen Individuen.

Art/Höhenstufe	Individuenanzahl nach Höhenstufe (%)			Individuen (n)
	Niedrig (<50 m)	Mittel (50 m - 250 m)	Hoch (>250 m)	
Graureiher	8	92	0	24
Mehlschwalbe	16	76	8	3332
Kormoran (Mitteleuropa)	0	70	30	268
Uferschwalbe	39	61	0	101
Mäusebussard	29	57	14	449
Sperber	40	53	8	133
Ringeltaube	17	53	31	12224
Rohrweihe	50	50	0	30
Rotmilan	45	48	6	293
Kolkrabe	54	44	2	52
Turmfalke	48	43	9	75
Dohle	58	42	0	283
Rauchschwalbe	60	39	1	2671
Feldlerche	65	35	0	1051
Hohltaube	69	31	0	181
Bergfink	71	29	0	999
Baumpieper	72	28	0	566
Rabenkrähe	75	25	0	411
Wiesen-Schafstelze	76	24	0	377
Misteldrossel	76	23	0	766
Stieglitz	79	21	0	238
Gebirgsstelze	80	20	0	50
Wacholderdrossel	80	20	0	1506
Heckenbraunelle	81	19	0	1119
Star	83	17	0	2046
Rotdrossel	80	17	3	35
Kernbeißer	84	16	0	5889
Feldsperling	88	12	0	123
Fichtenkreuzschnabel	89	11	0	109
Rohrhammer	90	10	0	214
Kiebitz	53	9	38	45
Buchfink	91	9	0	73503

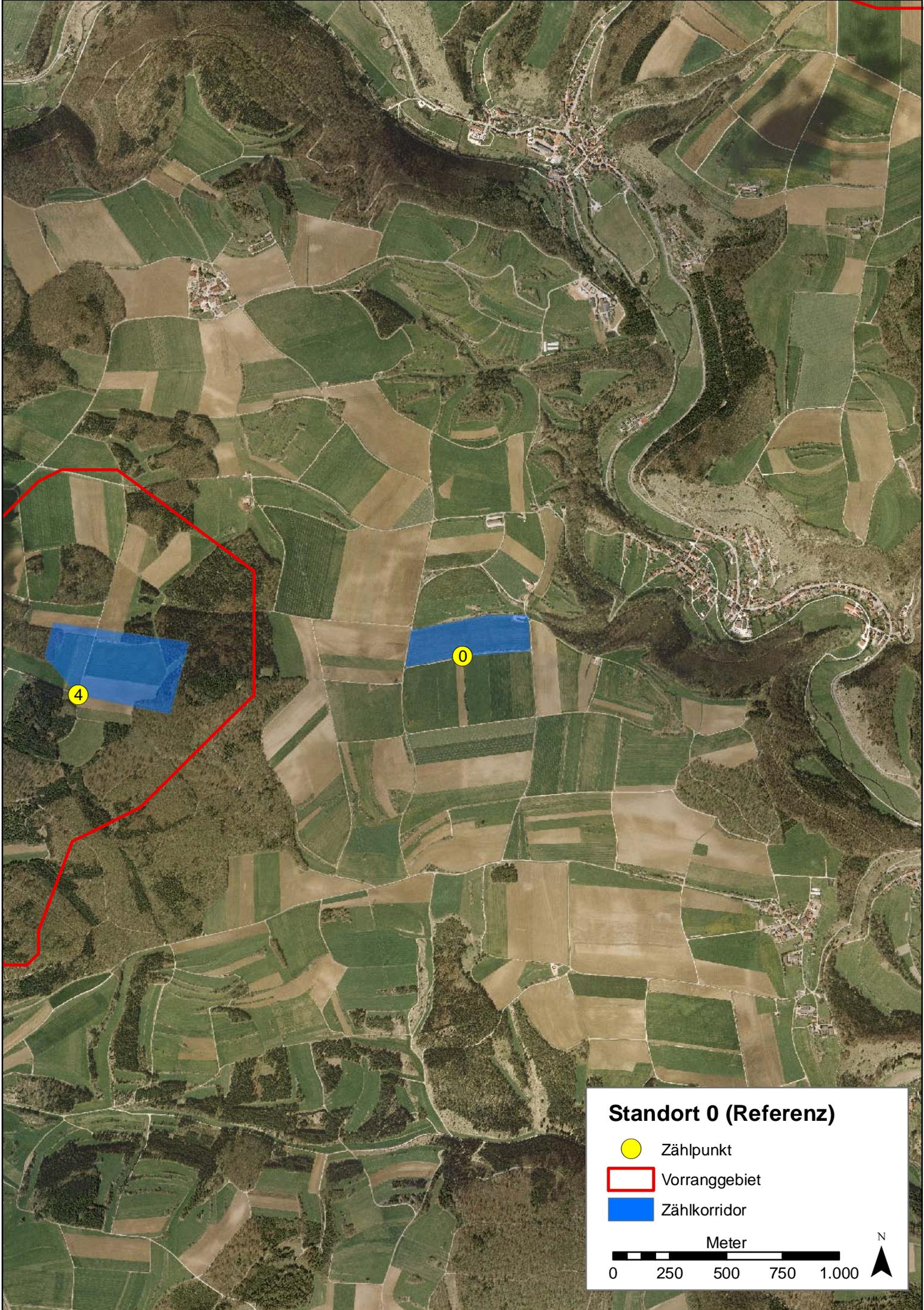
Art/Höhenstufe	Individuenanzahl nach Höhenstufe (%)			Individuen (n)
	Niedrig (<50 m)	Mittel (50 m - 250 m)	Hoch (>250 m)	
Singdrossel	92	8	0	612
Wiesenpieper	92	8	0	920
Heidelerche	92	8	0	359
Erlenzeisig	92	8	0	2219
Bachstelze	93	7	0	982
Rotkehlchen	93	7	0	29
Girlitz	94	6	0	32
Amsel	94	6	0	235
Bluthänfling	95	5	0	628
Grünfink	95	5	0	684
Gimpel	97	3	0	115
Goldammer	97	3	0	520
Zilpzalp	97	3	0	37
Kohlmeise	97	3	0	77
Blaumeise	98	2	0	122
Eichelhäher	100	0	0	157
Tannenmeise	100	0	0	78
Schwanzmeise	100	0	0	75
Sumpfmeise	100	0	0	30
Bergpieper	100	0	0	21

Tab. A4: Individuensumme nach Standort und Art der Zugplanbeobachtung am 12.10.2011. An diesem Termin wurde an der Referenz nicht erfasst.

Art/Standort	7	8	9	Summe
Buchfink	12206	8408	1357	21971
Kernbeißer	344	207	63	614
Ringeltaube	250	108	1	359
Star	204	19		223
Erlenzeisig	71	112	20	203
Wacholderdrossel	121	8	32	161
Bluthänfling	117	20	2	139
Wiesenpieper	37	66	5	108
Bergfink	59	8	18	85
Rabenkrähe	17	30	1	48
Misteldrossel	16	28	3	47
Goldammer	39	2	5	46
Grünfink	1	10	34	45
Heckenbraunelle	33	5	6	44
Schwanzmeise			44	44
Dohle	39			39
Tannenmeise		5	28	33
Bachstelze	23	6	3	32
Singdrossel	11	15	4	30
Eichelhäher	6		21	27
Blaumeise	1	2	20	23
Kohlmeise		4	19	23
Heidelerche	10	10		20
Amsel	3	11	5	19
Fichtenkreuzschnabel		9	6	15
Sumpfmeise			14	14
Gimpel	2		9	11
Feldsperling	5	3	1	9
Rohrhammer	9			9
Mäusebussard	1	4	1	6
Rotmilan		6		6
Kleiber			5	5
Buntspecht			4	4

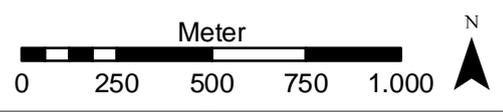
Art/Standort	7	8	9	Summe
Haubenmeise			4	4
Bergpieper	1	1	1	3
Goldhähnchen			3	3
Stieglitz		3		3
Gebirgsstelze	2			2
Hohltaube	2			2
Rauchschwalbe	2			2
Ringdrossel			2	2
Rotdrossel	2			2
Rotkehlpieper	2			2
Sperber		1	1	2
Weidenmeise			2	2
Zilpzalp	2			2
Kolkrabe	1			1
Kormoran (Mitteleuropa)	1			1
Rotkehlchen	1			1
Schwarzspecht	1			1
Spornpieper	1			1
Waldbaumläufer			1	1
Wintergoldhähnchen			1	1
Zaunkönig			1	1
Summe	13643	9111	1747	24501

Es folgen die Karten mit der Lage der Zählpunkte und Vorranggebiete für Windenergienutzung [Datengrundlage: (Geo-)Basisdaten: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung/Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) Bad.-Württ. (LUBW/LGL)]



Standort 0 (Referenz)

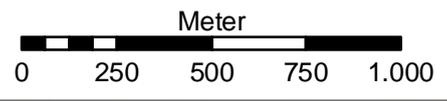
-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor

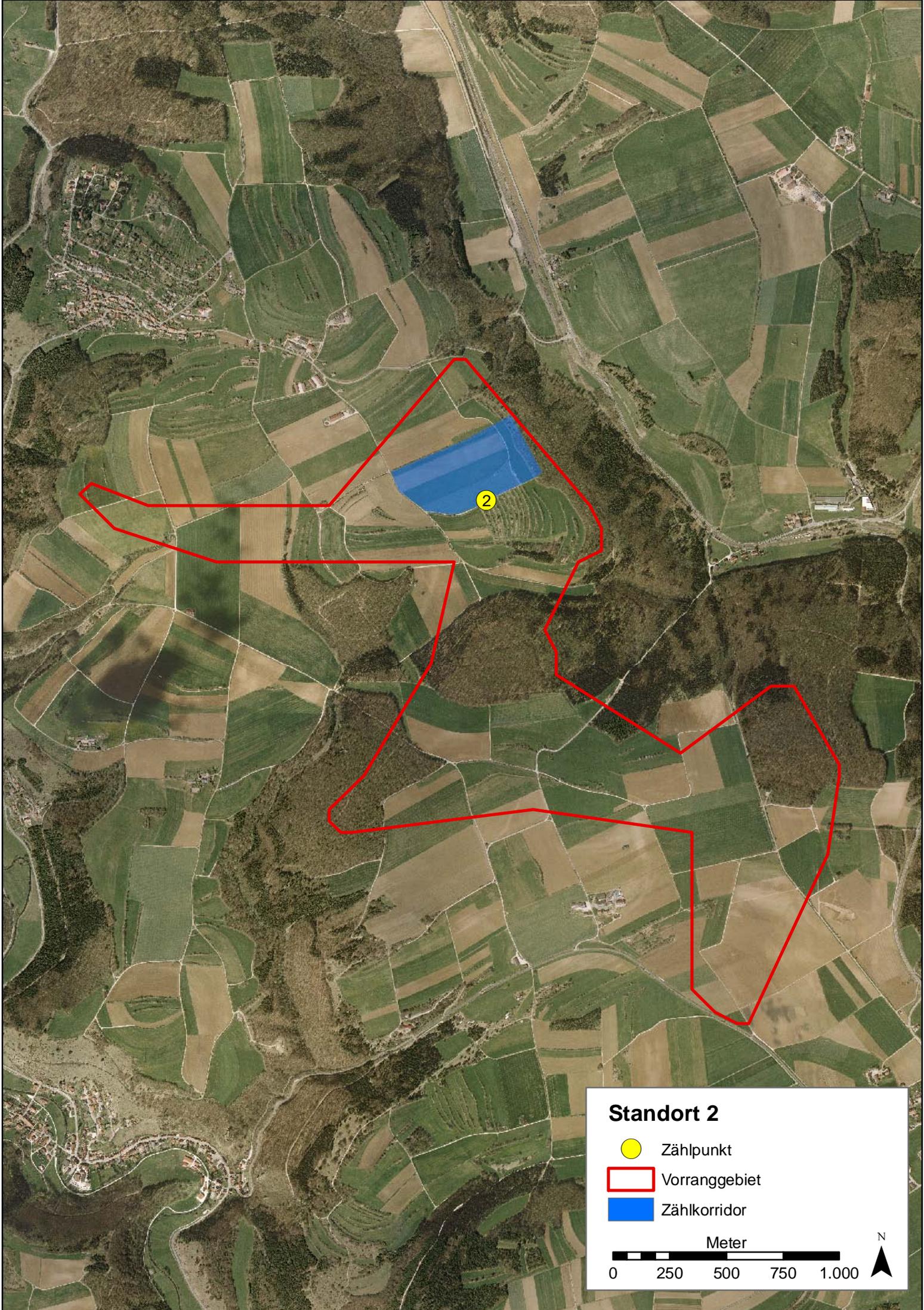




Standort 1

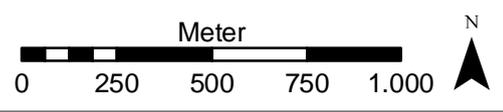
-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor

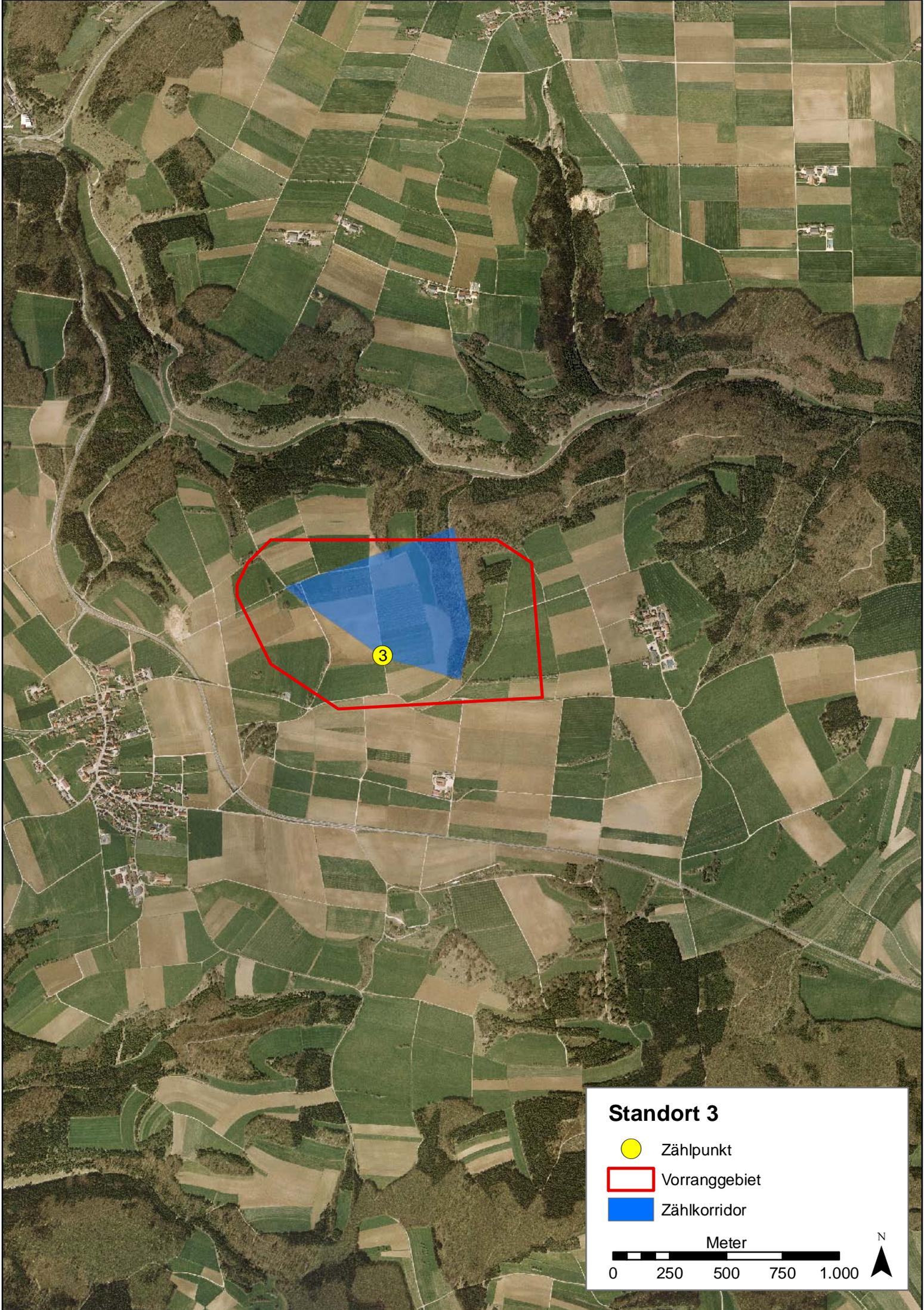




Standort 2

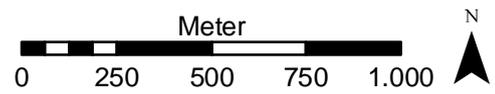
-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor

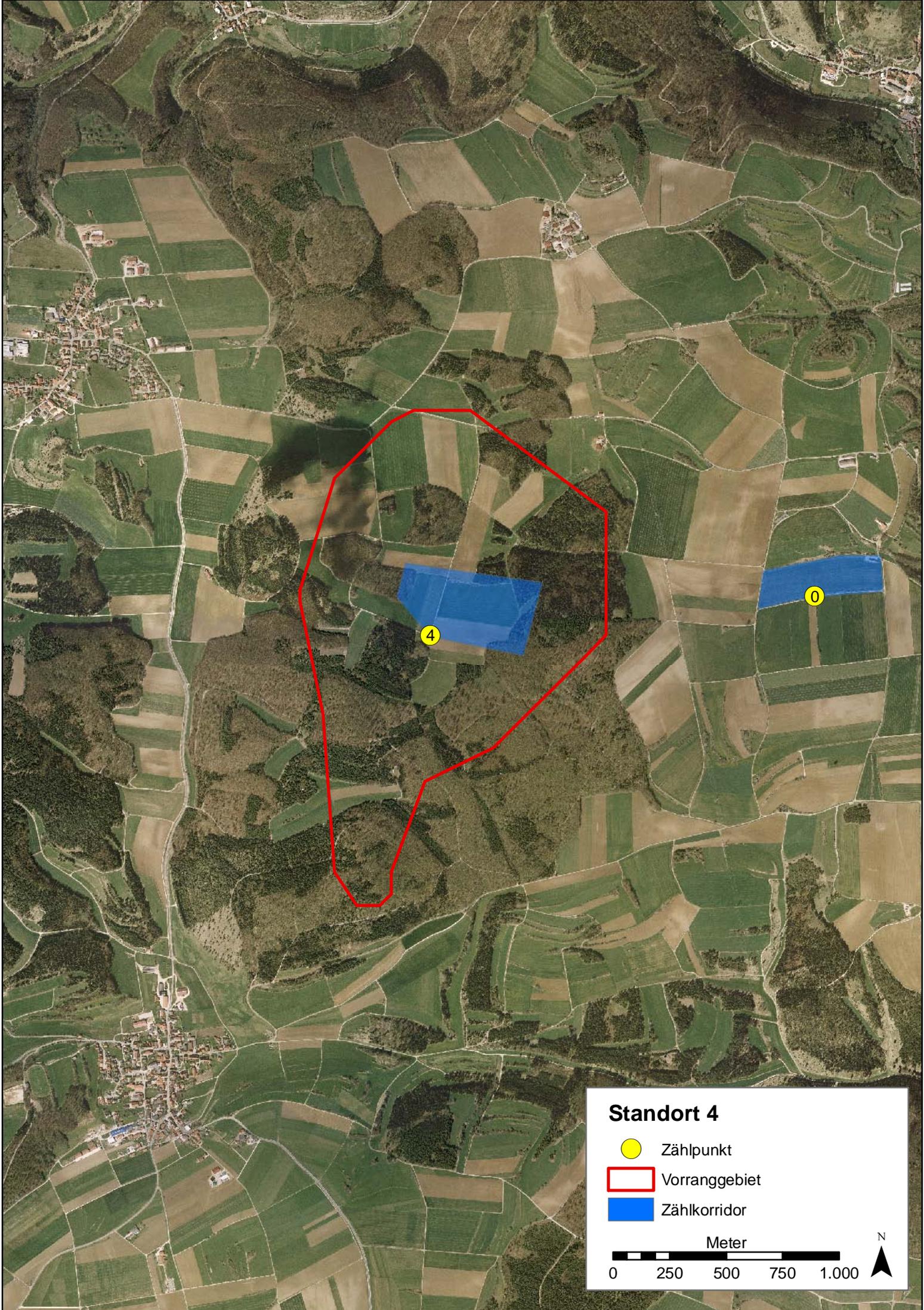




Standort 3

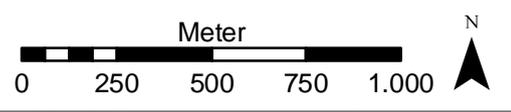
-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor

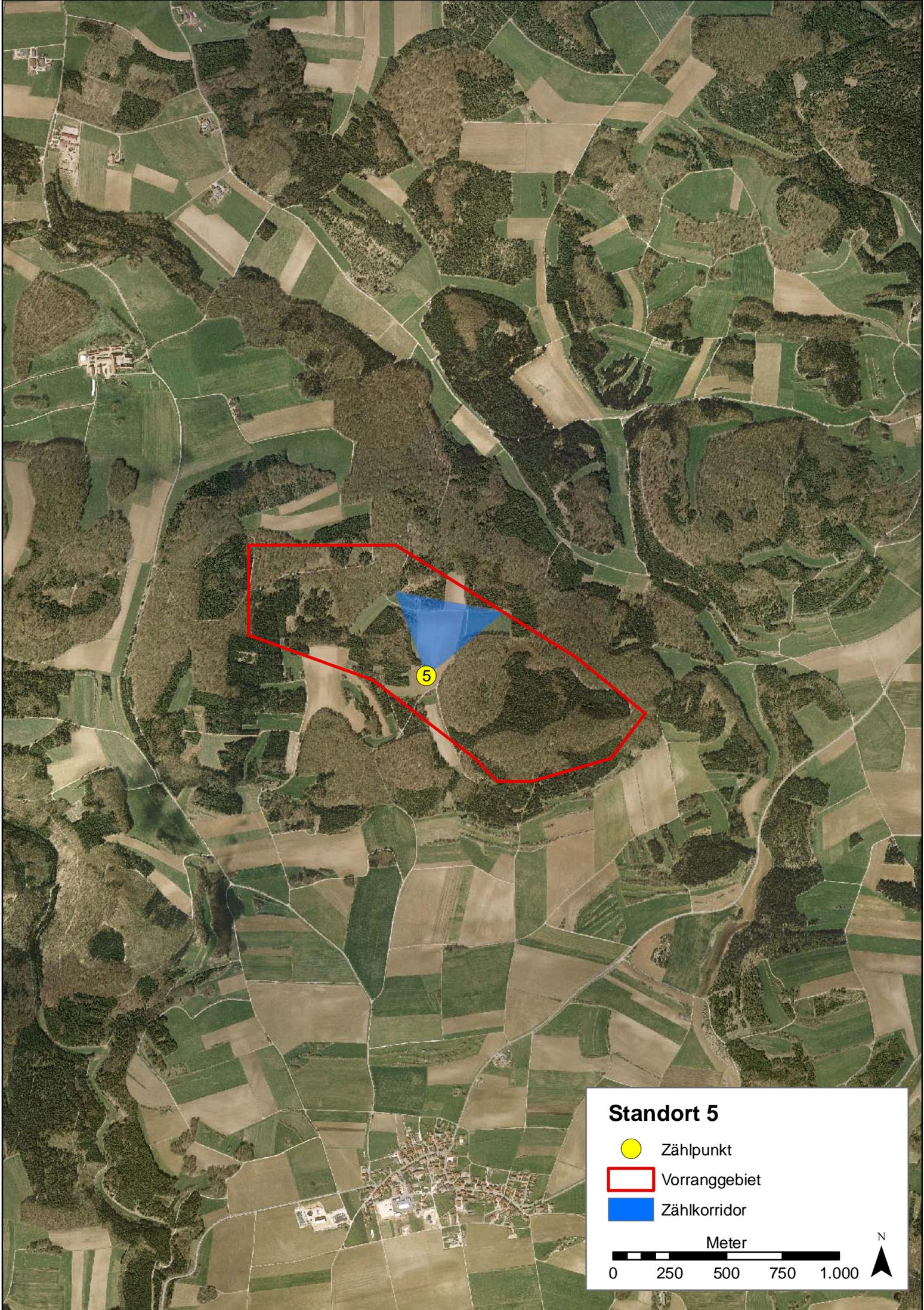




Standort 4

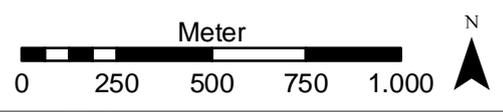
-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor

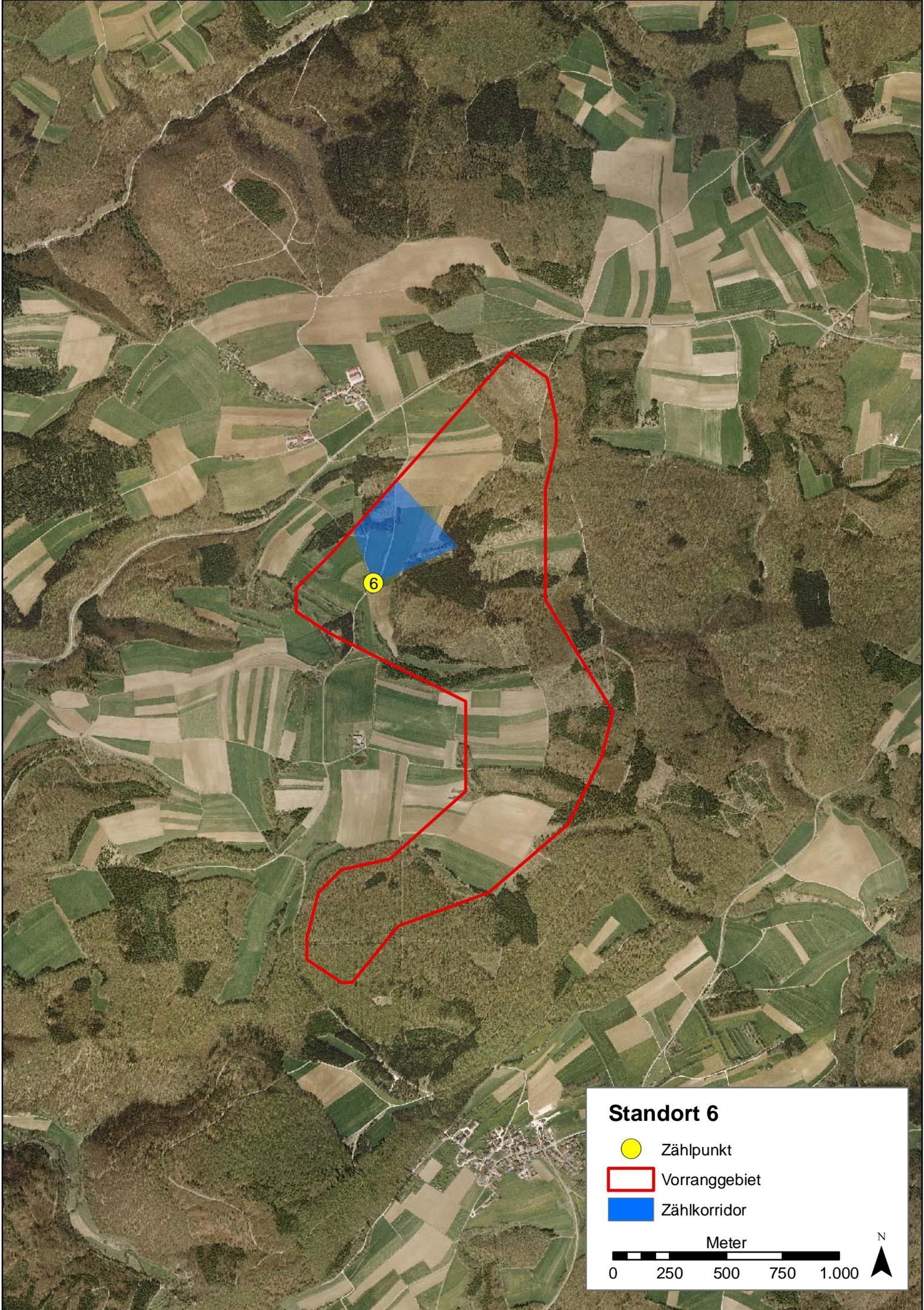




Standort 5

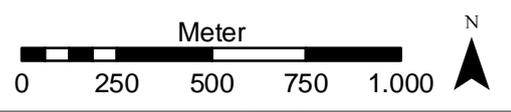
-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor

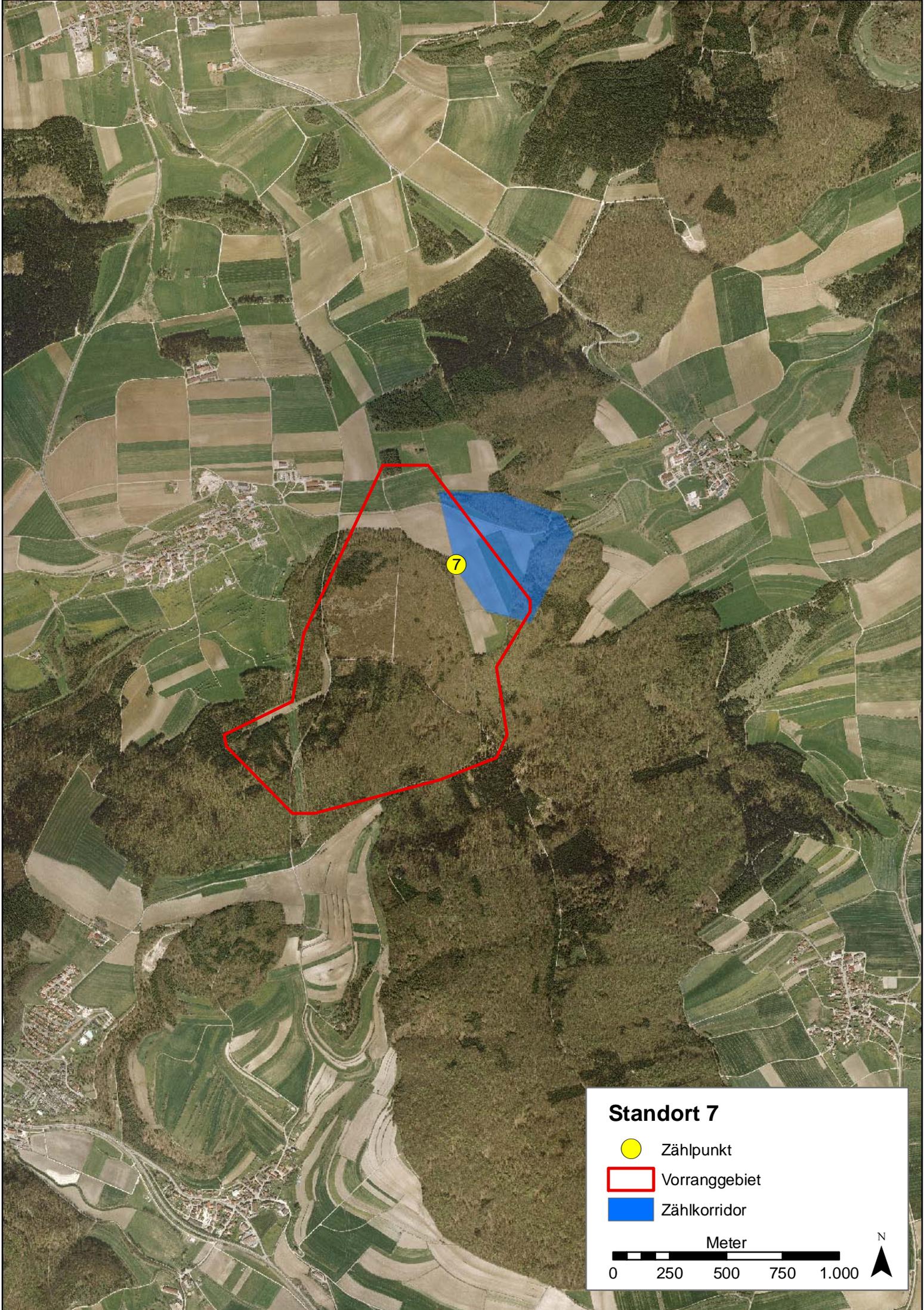




Standort 6

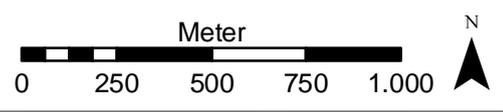
-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor

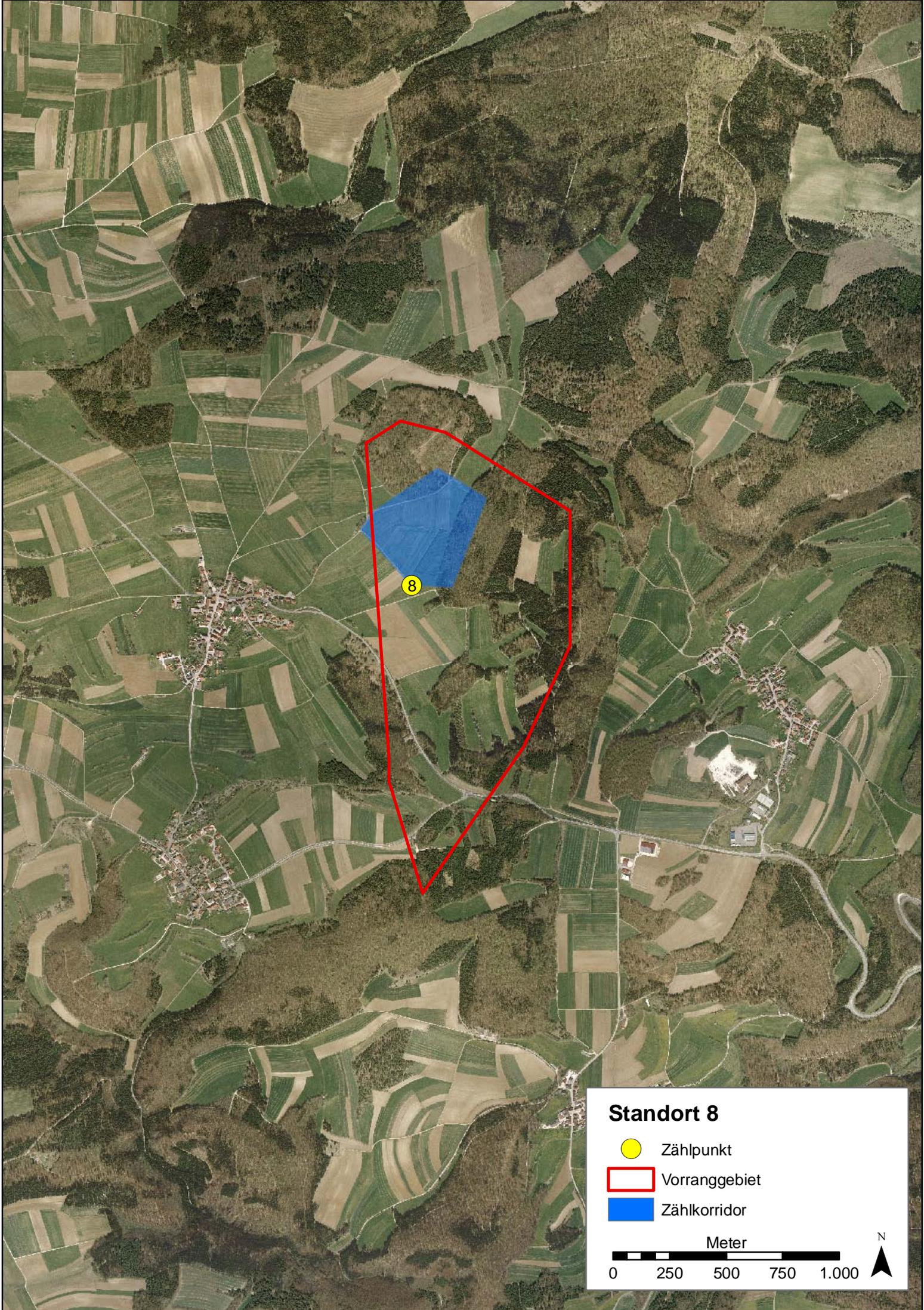




Standort 7

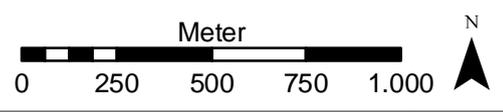
-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor





Standort 8

-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor





Standort 9

-  Zählpunkt
-  Vorranggebiet
-  Zählkorridor

