



# Ausbau der Windenergie beim Militärflugplatz Payerne: Konfliktpotenzial, Ausschluss- und Vorbehaltsgebiete

Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS  
Armasuisse  
Wissenschaft und Technologie

Im Auftrag des Generalsekretariats VBS, Raum und Umwelt VBS

Thun, 30. November 2016

## Zusammenfassung

Die Energiestrategie 2050 des Bundesrats sieht vor, dass die Windenergie bis zum Jahr 2050 einen Beitrag zur gesamten Produktion von erneuerbarer Energie in der Schweiz leisten soll. Um Windenergieanlagen realisieren zu können, müssen die Anliegen der verschiedenen Interessengruppen frühzeitig in die Planungen einfließen. Nur so kann der Ausbau der Windenergie mit bestehenden Interessen abgeglichen und realisiert werden.

Das VBS betreibt im Interesse der Landessicherheit diverse Systeme wie Radar, Richtfunk usw.. Diese Systeme können durch Windenergieanlagen in ihrer Funktionsweise beeinträchtigt oder sogar wirkungslos werden, weshalb es einer planerischen Abstimmung bedarf. Windenergieanlagen sind aufgrund ihrer Grösse aber auch gefährliche Hindernisse für die Militärluftfahrt. In diesem Kontext ist die vorliegende Studie als Planungshilfe zu verstehen. Sie zeigt die räumlichen Anforderungen des VBS für die Operationen der Luftwaffe und für die Luftraumüberwachung bezogen auf den Militärflugplatz Payerne. Dazu wurden sowohl die operationellen Anforderungen wie auch die Radarsichtbarkeit der regionalen MALS Plus Präzisionsanflug- und Flughafenüberwachungsradare untersucht. Mit den nun vorhandenen Datengrundlagen kann das Konfliktpotenzial zwischen geplanten Windenergieanlagen und den Anforderungen bzw. Systemen des VBS frühzeitig beurteilt werden.

Die Ergebnisse liegen in Form von kartographisch ausgewiesenen Ausschluss- und Vorbehaltsgebieten für zwei Klassen von Windenergieanlagen vor. Demnach müssen weitreichende Bereiche für die heute gängigen Windenergieanlagen (mit Höhen über 100 m) aus betrieblichen und sicherheitstechnischen Gründen ausgeschlossen werden (sog. Ausschlussgebiete). Zusätzlich werden in einem grossen Bereich, den sog. Vorbehaltsgebieten, projektspezifische Detailprüfungen erforderlich sein, um die Beeinträchtigung der militärischen Luftraumüberwachung bzw. die Realisierbarkeit von Windanlagen abschliessend klären zu können. Die vorliegende Studie weist aber auch die Regionen aus, wo ein Ausbau der Windenergie aus Sicht des Militärflugplatzes Payerne entsprechend zu priorisieren wäre.

Mitunter verdeutlichen die Ergebnisse dieser Studie, dass das Ausschlussgebiet bei den aus flugoperationeller Sicht höchst sicherheitsrelevanten Sektoren über die bisher deklarierte Vorbehaltszone des 20 km Radius hinausreicht, in anderen Sektoren diesen Radius hingegen mehr oder weniger deutlich unterschreitet. Ausserhalb der Ausschluss- und Vorbehaltsgebiete sind keine Einschränkungen für den militärischen Flugplatzbetrieb zu erwarten. Dort können Windenergieanlagen jedoch Konflikte mit anderen Anlagen des VBS verursachen, weshalb wie bisher eine frühzeitige Prüfung von Windenergieprojekten durch das VBS erfolgen muss.

## **1 Einleitung**

Am 25. Mai 2011 hat der Bundesrat die Energiestrategie 2050 beschlossen. Nebst dem Ausstieg aus der Kernenergie sieht die Strategie die Steigerung der Energieeffizienz und die Förderung erneuerbarer Energien vor. Zum Ausbau der erneuerbaren Energien soll auch die Windkraft einen Beitrag leisten. Allerdings gestaltet sich der Ausbau der Windenergie in der Schweiz für die Projektanten als schwierig, da es eine Vielzahl von Interessen zu berücksichtigen gilt, was wiederum zu einer Erhöhung der Gesamtprojektrisiken führt.

Auch das VBS als Betreiber von sicherheitsrelevanten Infrastrukturen und seinen Aufgaben für die Landessicherheit tritt in diesem Umfeld als Interessenvertreter auf. Aufgrund der Erkenntnisse aus Ländern mit einer hohen Dichte an bereits installierten Windenergieanlagen hat sich gezeigt, dass diese beträchtliche Leistungseinbussen bei diversen militärischen Systemen, beispielsweise bei Luftraumüberwachungsradaren, verursachen können. Im Extremfall kann eine bestehende Militäranlage ihre Funktion und damit ihren Wert vollständig verlieren. Damit das VBS seine Aufgaben jederzeit erfüllen kann, muss für jedes Windenergieprojekt eine Konfliktbeurteilung durch das VBS vorgenommen werden. Um unnötige Kosten zu vermeiden, sollte diese Beurteilung in einem möglichst frühen Stadium der Windparkprojektierung erfolgen.

### **1.1 Zielsetzung**

Die vorliegende Studie untersucht das Konfliktpotenzial zwischen Windenergieanlagen und militärischen Systemen in der Region des Militärflugplatzes Payerne. Sie zeigt kartografisch die sogenannten Ausschluss- und Vorbehaltsgebiete in roter bzw. oranger Farbe auf. In den roten Ausschlussgebieten kann aufgrund des operationellen Betriebes der Luftwaffe und wegen sicherheitsspezifischer Anforderungen dem Bau von Windenergieanlagen keinesfalls entsprochen werden. Demgegenüber ist in den orangen Vorbehaltsgebieten die Installation von Windenergieanlagen nicht von vornherein ausgeschlossen, erfordert aber eine detailliertere, projektbezogene Untersuchung. Bei den nicht eingefärbten Gebieten sind keine Konflikte mit dem Betrieb des Militärflugplatzes Payerne zu erwarten. Trotzdem soll das VBS für diese Bereiche wie bisher frühzeitig in die Planungen einbezogen werden, da andere militärische Interessen betroffen sein können.

Die Karte mit den Ausschluss- und Vorbehaltsgebieten ersetzt die bis anhin pauschal definierte Vorbehaltszone innerhalb eines 20 km Radius vom Pistenmittelpunkt des Militärflugplatzes Payerne und bietet damit für die Beurteilung zukünftiger Windparkprojekte eine differenziertere Planungsgrundlage. Die Studie berücksichtigt sowohl flugoperationelle als auch sensor- bzw. technologiespezifische Aspekte, welche abschliessend zu einer Gesamtbeurteilung zusammengeführt werden. Ziel der Studie ist die Erhöhung der Planungssicherheit für die Projektanten von Windenergieanlagen und die Vermeidung von unnötigen Mehraufwänden, sowohl auf Seiten der Projektanten als auch auf Seiten des VBS.

## **2 Methodischer Hintergrund**

Die für die Gesamtbeurteilung erarbeiteten Datengrundlagen basieren zum einen auf den für die Luftwaffe massgeblichen flugoperationellen Sektoren und zum anderen auf probabilistischen Berechnungen der Radarsichtbarkeit unter Berücksichtigung der MALS Plus Radarstandorte (MALS = Militärisches Anflugleitsystem). Die mit der Studie angestrebte flächenhafte Beurteilung beinhaltet keine projektspezifischen Aspekte wie beispielsweise die Anzahl der Windenergieanlagen eines konkreten Projekts, deren Geometrien oder die lokalen Windverhältnisse. Unabhängig davon sind die roten Ausschlussgebiete abschliessend als solche zu betrachten, in den orangen Vorbehaltsgebieten hingegen muss für jedes einzelne Windenergieprojekt eine Detailstudie durchgeführt werden, damit die mögliche Interaktion mit militärischen Systemen abschliessend beurteilt werden kann.

In der vorliegenden Studie wurden drei Grössenklassen von Windenergieanlagen untersucht: Small (S), Large (L) und Next-Generation (NG). Anlagen der Klasse S haben eine Nabhöhe zwischen 18 – 22 m und einen Rotordurchmesser von 12 m, während Anlagen der Klassen L und NG eine Nabhöhe zwischen 100 – 120 m resp. 120 – 150 m und einen Rotordurchmesser zwischen 100 – 120 m, resp. 115 – 126 m aufweisen. Aufgrund der kartographisch nicht erkennbaren Unterschiede zwischen den Klassen L und NG wurde auf eine Darstellung der Klasse L in diesem Bericht verzichtet. Basierend auf den nun zur Verfügung stehenden Datengrundlagen können bei Bedarf jederzeit weitere Anlageklassen definiert und berechnet werden.

### **2.1 Operationelle Betrachtung**

Damit die Luftwaffe ihre Operationen auftragsgemäss und sicher ab dem Militärflugplatz Payerne durchführen kann, müssen gewisse Voraussetzungen im Grossraum Payerne erfüllt sein. Diese Voraussetzungen schränken insbesondere die Errichtung von grossen Windenergieanlagen (Gesamthöhe > 80 m) ein, da diese gefährliche Luftfahrthindernisse bei bodennahen Operationen der Luftwaffe darstellen. Die Sicherheit innerhalb der An- und Abflugsektoren unter Einsatz des Instrumentenflugverfahrens sowie innerhalb der Helikopteran- und Abflugrouten muss jederzeit gewährleistet werden können – auch nachts und bei schlechten Sichtverhältnissen sowie bei tiefliegender Bewölkung. Aufgrund der grossen Anzahl an Flugoperationen im tieferen Luftraum innerhalb der Kontrollzone (CTR) sowie in den Sektoren nordwestlich des Militärflugplatzes Payerne (LS-R4 und LS-R4A), sind auch an diese Gebiete erhöhte Anforderungen gestellt. Nur so kann ein sicherer Betrieb des Flugplatzes weiterhin gewährleistet bleiben.

Die Definition der Ausschluss- und Vorbehaltsgebiete in dieser Studie erfolgte unter grösstmöglicher Zurückhaltung, d.h. soweit aus flugoperationeller Sicht vertretbar, zugunsten der Windenergie. Zur Unterscheidung der Anlageklassen „Small“ und „Next-Generation“ wurden zwei Karten erarbeitet (siehe Abbildung 1), welche in die Gesamtbeurteilung (vgl. Kapitel 3) eingeflossen sind.

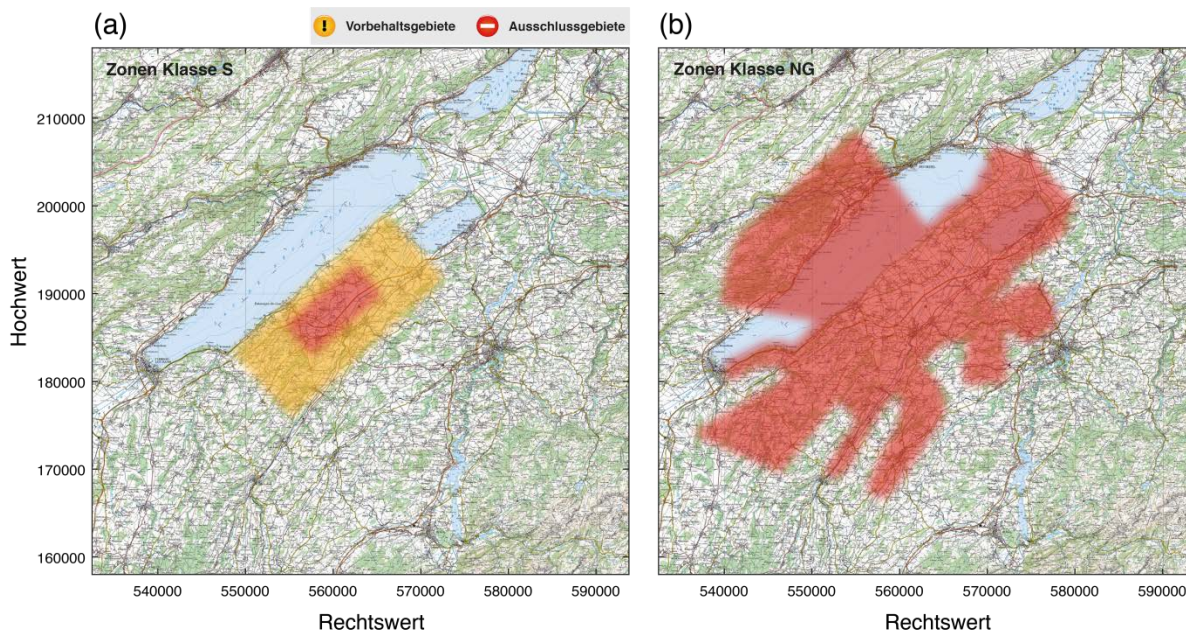


Abbildung 1: Operationelle Ausschluss- und Vorbehaltsgebiete der Luftwaffe im Raum Payerne für (a) Windkraftanlagen der Klasse Small (S) und (b) Windkraftanlagen der Klasse Next-Generation (NG). Die roten Zonen kennzeichnen Gebiete, welche aus Sicht VBS einen Ausschluss für Windenergieanlagen bedingen. Die orangenen Zonen erfordern eine projektspezifische, detaillierte Konfliktbeurteilung.

## 2.2 Radarspezifische Betrachtung

Grundlage einer flächenhaften Beurteilung des Störpotenzials von Windenergieanlagen auf bestehende Radaranlagen ist eine Sichtbarkeitsanalyse. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass eine Windenergieanlage, welche sich innerhalb des Sichtfeldes eines Radars befindet, diesen negativ beeinflusst. Daraus lässt sich aber noch keine Aussage bezüglich des effektiven Störpotenzials machen. Das Ausmass einer potenziellen Störung ist von unterschiedlichen projekt- und standortspezifischen Faktoren wie zum Beispiel der Anlagen- und Parkgeometrie, der sichtbaren Anlagenanteile oder den meteorologischen Bedingungen (z.B. der dominanten Windrichtung auf Nabenhöhe oder Turbulenzen) am Anlagenstandort abhängig. Damit das effektive Störpotenzial einer Windenergieanlage ermittelt werden kann, müssen diese Faktoren jeweils projektspezifisch im Detail untersucht werden.

Sichtbarkeitsanalysen im Bereich der geographischen Informationssysteme sind grundsätzlich fehlerbehaftet. Insbesondere die Genauigkeit des verwendeten Höhenmodelles liefert den grössten Fehlerbeitrag (Maloy & Dean, 2001). Eine etablierte Möglichkeit, solchen Fehlern innerhalb einer Sichtbarkeitsanalyse gerecht zu werden, stellen sogenannte probabilistische Ansätze dar, welche in dieser Studie auf die vorliegende Fragestellung adaptiert wurden.

Alle in dieser Studie enthaltenen Berechnungen beruhen auf dem SwissAlti3D-Datensatz (swisstopo, 2015) mit einer relativ hochauflösenden Maschenweite von 5 m. Der Entscheid zur Verwendung eines digitalen Höhenmodelles anstelle eines digitalen Oberflächenmodells als Berechnungsgrundlage beruhte auf einer erhöhten Verbindlichkeit bzw. zeitlichen Stabilität, beispielsweise in Bezug auf anthropogene Einflüsse (z. B. Gebäude- und Baumhöhen). Im Untersuchungsraum muss gemäss den Informationen von swisstopo von einer vertikalen Ungenauigkeit von 0.5 m ausgegangen werden. Für die probabilistische Sichtbarkeitsberechnung unter Verwendung von Gauss'schen Zufallsfeldern (autokorreliert

periodisch) wird zusätzlich zur Varianz des Feldes (im vorliegenden Fall  $(0.5 \text{ m})^2$ ) eine Korrelationslänge von 300 m verwendet (Walker & Willgoose, 2006). Um meteorologisch relevante Effekte abzubilden, gelangten zwei unterschiedliche Refraktionsmodelle zur Anwendung:

- ein Standardrefraktionsmodell mit einem N-Gradienten von  $-40 \text{ N/km}$  und
- ein Superrefraktionsmodell mit einem N-Gradienten von  $-150 \text{ N/km}$ , welcher Ausbreitungsphänomene bei Inversionslagen berücksichtigt.

Für beide Refraktionsmodelle wurden unabhängig voneinander die gesamten Berechnungen durchgeführt und anschliessend über logische Verknüpfungen kombiniert.

In dieser Studie wird sowohl das Flughafenüberwachungsradar (ASR) wie auch das Präzisionsanflugsradar (PAR) des Militärischen Anflugleitsystems (MALS Plus) berücksichtigt. Bei allen Berechnungen wurden feste geografische Standorte für diese Anlagen verwendet.

Abbildung 2 zeigt den skizzierten Ablauf des verwendeten probabilistischen Ansatzes. Folgend auf die Initialisierung der Berechnungsparameter (Abbildung 2.1) wird ein entsprechendes Gauss'sches Zufallsfeld auf das Höhenmodell gerechnet (Abbildung 2.2). Anschliessend wird der Sichtbarkeitshorizont unter Verwendung des modifizierten Höhenmodelles berechnet (Abbildung 2.3). Durch die 100-fache Wiederholung der Schritte 2 bis 3 (Abbildung 2.4) wird ein repräsentatives Ensemble an Sichtbarkeitshorizonten ermittelt. Daraus lässt sich anschliessend der mittlere Sichtbarkeitshorizont und eine Standardabweichung pro Pixel bestimmen (Abbildung 2.5). Im einfachsten Fall kann anschliessend direkt unter Verwendung dieser Daten eine Gebietseinteilung vorgenommen werden (Abbildung 2.6).

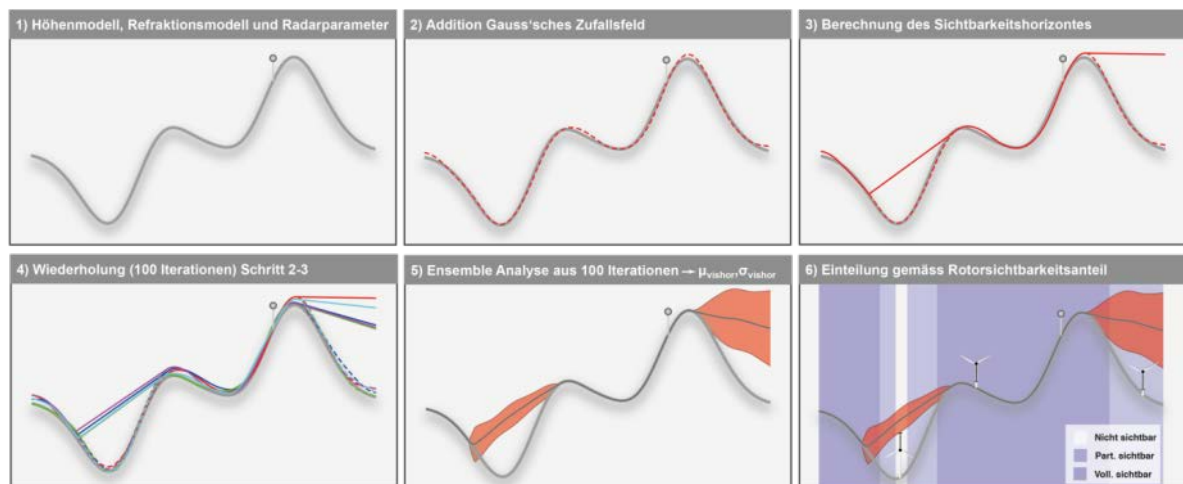


Abbildung 2: Skizzierter Ablauf der probabilistischen Sichtbarkeitsberechnung (für Details siehe Text).

Zur Beurteilung der Sichtbarkeit wurde pro Pixel die Höhe zur Sichtbarkeit mit drei Standardabweichungen entsprechend korrigiert, so dass verlässliche Aussagen bezüglich „sichtbar“ bzw. „nicht sichtbar“ gewährleistet werden können. In einem letzten Schritt wurden die Ergebnisse der beiden Refraktionsmodelle kombiniert und so in eine Synthese überführt. Abbildung 3 zeigt die daraus resultierenden Ergebnisse der MALS Plus PAR (a) und ASR (b) Sensoren. Dunkelblau eingefärbte Zonen kennzeichnen Gebiete, welche sich durch eine vollständige Rotorsichtbarkeit auszeichnen, während hellblaue Zonen für Gebiete mit partieller Sichtbarkeit stehen. In Gebieten ohne blaue Färbung sind keine Teile der Anlagenklasse NG sichtbar.

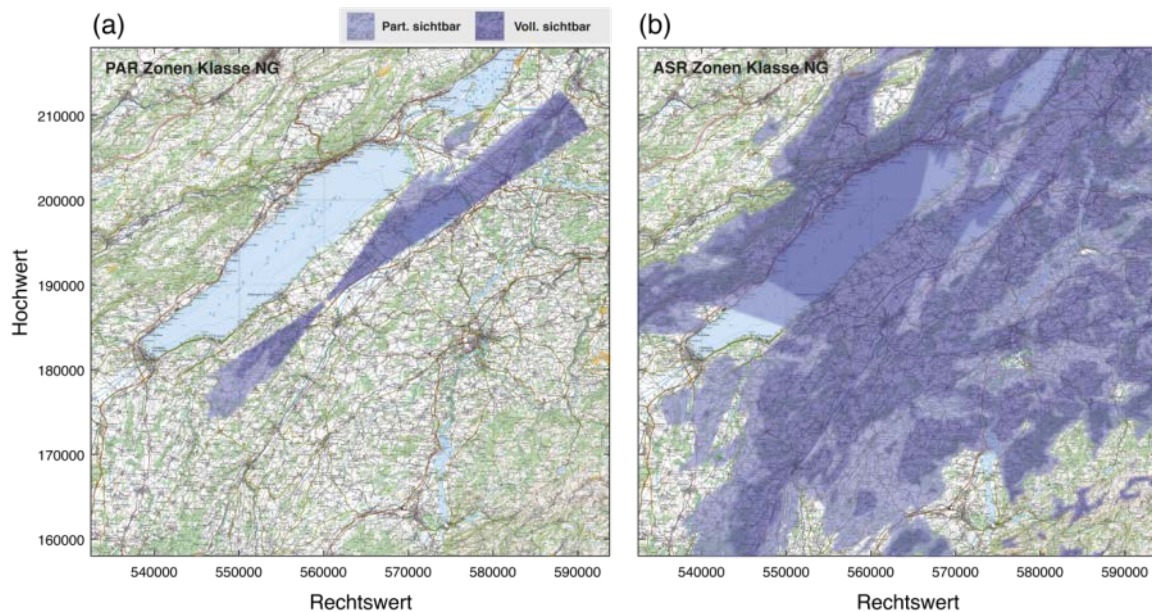


Abbildung 3: Ergebnis der probabilistischen Sichtbarkeitsberechnung für Anlagen der Klasse NG. (a) MALS Plus PAR Sensor und (b) MALS Plus ASR Sensor.

### 3 Ergebnisse

Zur Gesamtbeurteilung der beiden untersuchten Anforderungen betreffend die Flugoperationen und die Radarsensorik wurden die einzelnen Studienergebnisse in einer Karte zusammengeführt (siehe Abbildung 4). Aus dieser ist ersichtlich, dass für kleinere Windenergieanlagen (Nabenhöhe zwischen 18 – 22 m) weite Gebiete als unbedenklich einzustufen sind (Abbildung 4a). Hingegen ergeben sich für Anlagen der Klassen L (Nabenhöhe zwischen 100 – 120 m) und NG (Nabenhöhe zwischen 120 – 150 m) weit umfangreichere Ausschlussgebiete (rot) und Vorbehaltsgebiete, die eine Detailprüfung bedingen (orange; Abbildung 4b). Daneben konnten für grosse Windenergieanlagen aber auch Gebiete identifiziert werden, die aus Sicht des Militärflugplatzes Payerne als unbedenklich einzustufen sind. Aus Kosten- und Effizienzgründen sind diese Gebiete bei der Planung von Windenergieanlagen prioritär zu berücksichtigen.

Weiter verdeutlichen die Studienergebnisse in der Abbildung 4b, dass das Ausschlussgebiet bei den aus flugoperationeller Sicht höchst sicherheitsrelevanten Sektoren über die bisher deklarierte Vorbehaltszone des 20 km Radius hinausreicht, in anderen Sektoren den 20 km Radius hingegen mehr oder weniger deutlich unterschreitet. Die Abbildung 4b mit den Ausschluss- und Vorbehaltsgebieten ersetzt somit die bis anhin pauschal definierte Vorbehaltszone innerhalb eines 20 km Radius und ermöglicht in Zukunft eine zuverlässigere Beurteilung, wo aus Sicht des VBS die Planung und Realisierung grösserer Windenergieanlagen in der Umgebung des Militärflugplatzes ausgeschlossen bleibt, wo Detailuntersuchungen erforderlich sind und wo keine Einschränkungen für den militärischen Flugplatzbetrieb zu erwarten sind. Ausserhalb der Ausschluss- und Vorbehaltsgebiete können Windenergieanlagen jedoch Konflikte mit anderen Anlagen des VBS verursachen, weshalb dort wie bisher eine frühzeitige Prüfung von Windenergieprojekten durch das VBS erfolgen muss.

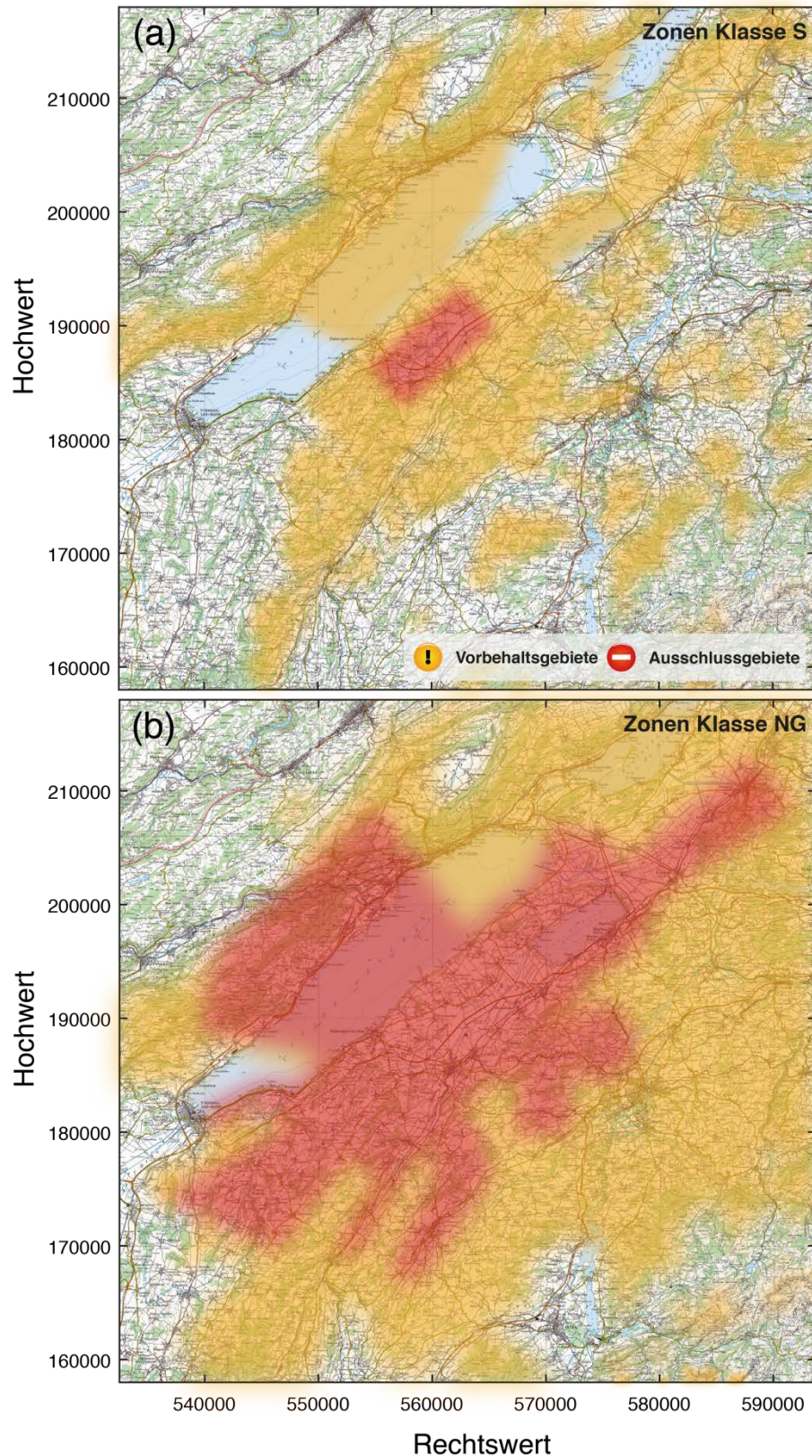


Abbildung 4: Gesamtbeurteilung der operationellen und radarspezifischen Anforderungen für die Region Payerne für (a) Windkraftanlagen der Klasse Small (S) und (b) Windkraftanlagen der Klasse Next-Generation (NG). Rote Zonen kennzeichnen aus Sicht des VBS die Ausschlussgebiete und orange Zonen die Vorbehaltsgebiete, welche eine projektspezifische Standortuntersuchung die Vorbehaltsgebiete, bedingen.

Das Konzept Windenergie des Bundes, welches sich aktuell im Entwurfsstadium und in der Anhörung bei den Kantonen befindet, beinhaltet ein Verbot für die Errichtung von Windenergieanlagen innerhalb von 5 km um den Pistenmittelpunkt von militärischen Flugplätzen sowie eine Vorbehaltszone zwischen 5 und 20 km Entfernung, welche eine Detailprüfung erfordert. Die Ergebnisse dieser Studie und weiterer Studien zu anderen Militärflugplätzen sind in geeigneter Form möglichst ins Windkonzept des Bundes zu überführen.

#### **4 Literaturverzeichnis**

- Maloy, M. A., & Dean, J. D. (11 2001). An Accuracy Assessment of Various GIS-based Viewshed Delineation Techniques. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, S. 1293 - 1298.
- swisstopo. (2015). *swissALTI3D Produktseite*. <https://www.swisstopo.admin.ch>
- Walker, J. P., & Willgoose, G. R. (2006). A Comparative Study of Australian Cartometric and Photogrammetric Digital Elevation Model Accuracy. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 7, S. 771 - 779.