

Von Windparks umzingelt – oder nicht? – ein GIS-gestützter Ansatz zur Ermittlung der optisch bedrängenden Wirkung von Windenergieanlagen im Zuge der Regionalplanung

Surrounded by Windfarms? A GIS-based Approach for Modeling Optical Pressure and Impacts of Wind Turbines on Regional Level

Stefan Taeger¹, Lothar Ulferts¹

¹Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Fachgebiet Geoinformatik und Vermessung · s.taeger@hs-osnabrueck.de

Zusammenfassung: Die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende in Deutschland erfordert u. a. den Ausbau der Onshore-Windenergienutzung. In zahlreichen Bundesländern sind in den vergangenen Jahren Regionalpläne neu aufgestellt worden bzw. Teilfortschreibungen zur Ausweisung von Vorrangflächen für Windenergieanlagen erfolgt. Ein häufig innerhalb der Regionalplanung unzureichend eingeflossenes Abwägungskriterium ist die Ermittlung der „optisch bedrängenden Wirkung“ bzw. die „Umfassung“ von Ortslagen durch Windenergieanlagen (WEA). Der Beitrag beschreibt die Entwicklung eines praktikablen GIS-gestützten Analyseansatzes und die Entwicklung eines Sets an Werkzeugen zur effizienten Bearbeitung dieses Kriteriums. Die Werkzeuge sind dazu konzipiert, auf der Ebene eines Bundeslandes sämtliche Potenzialflächen für Windenergienutzung auf ihre Umfassungswirkung für Ortslagen hin zu überprüfen. Der Ansatz ist skalierbar und somit auch auf die regionale Ebene übertragbar.

Schlüsselwörter: Windenergie, Regionalplanung, Abwägung, ArcGIS, Python

Abstract: *To continue the successful process of energy transition to renewables in Germany it is necessary to increase the amount of wind energy. To provide sufficient suitable areas for onshore wind farms numerous regional plans had been prepared and updated in recent years. One criteria which often had not been weighted adequate to the respective interests of the public and of the parties concerned is the visual impact and pressure of wind turbines on settled areas. This paper introduces an approach and set of GIS-Tools which enable planners to model and evaluate the visual impact and pressure of wind farms. The methodology and toolset is adapted to state level but also scalable to regional requirements.*

Keywords: *Wind energy, regional planning, consideration, ArcGIS, Python*

1 Anlass und Problemstellung

Einer der strategischen Bausteine zum Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland ist die Erweiterung von Vorrangflächen zur Windkraftnutzung innerhalb der Regionalplanung. In den letzten Jahren wurde daher in zahlreichen Bundesländern die Neuausweisung von Vorrangflächen für die Windenergienutzung durch die Neuaufstellung oder Fortschreibung der Regionalpläne forciert. Werden dabei auf regionaler Ebene auch problematische Windpark-

Standorte aus der vorangegangenen dynamischen Entwicklungsphase der Windenergienutzung korrigiert, kann die Fortschreibung der Regionalpläne durchaus Akzeptanz steigernde Wirkung entfalten. In der Praxis ist jedoch häufig das Gegenteil der Fall. Ambitionierte regionale Energiekonzepte auf politischer Ebene kollidieren mit Interessen von Anwohnern und berücksichtigen häufig neben grundsätzlichen Fragen zur Bedeutung und Transformation der Kulturlandschaft durch Windparks auch einzelne justiziable Kriterien der Abwägung nicht in ausreichendem Maße.

Grundsätzlich sind bei der Umweltfolgenabschätzung im Zuge der Regionalplanung wie auch der Genehmigungsplanung zwei Dimensionen zu betrachten. Zum einen die Erfassung und Bewertung des Schutzgutes Landschaft bzw. Landschaftsbild. Hier liegen bereits zahlreiche Verfahren vor, die explizit zur großräumigen GIS-gestützten Anwendung konzipiert worden sind (vgl. Roth & Bruns, 2016). Zum anderen ist die beeinträchtigende Wirkung von WEA auf die Schutzgüter Landschaft bzw. Mensch (Wohnen/Erholung) zu bilanzieren. Auch hier liegen zahlreiche etablierte Verfahren vor, einen aktuellen Überblick gibt z. B. Hildebrandt (2015). Hier wird jedoch konstatiert, dass keines der Verfahren eine Untersuchung der horizontalen Ausbreitung von WEA umfasst (Hildebrandt 2015, p. 67). Nohl (2015) benennt jedoch explizit die Kriterien Horizontverschmutzung und Landschaftsverriegelung als relevant bei der Ermittlung von Auswirkungen von WEA auf die Schutzgüter Landschaft bzw. Mensch. Insofern ist festzustellen, dass trotz Vorliegen zahlreicher in der Praxis etablierter Verfahren einzelne Kriterien einer systematischen Operationalisierung bedürfen.

Die Ermittlung von Vorrangflächen für die Windenergienutzung im Zuge der Regionalplanung erfolgt auf der Basis technischer Potenziale (Windhöffigkeit, Erschließbarkeit) sowie unter Berücksichtigung von Restriktionskriterien (harte und weiche Tabukriterien gemäß BVerwG, 2012). Die so ermittelten Potenzialflächen für Windenergienutzung sind einer planerischen Abwägung zu unterziehen, inwieweit öffentliche Belange dem Ziel entgegenstehen, der Windkraftnutzung an geeigneten Standorten substanziellen Raum zu geben (Privilegierung nach BauGB § 35 Abs. 1 Nr. 5). Ein dabei häufig unzureichend berücksichtigtes Kriterium ist die Ermittlung der Umfassung bzw. Umzingelung von Ortslagen durch Windenergieanlagen und die dadurch verursachte optisch bedrängende Wirkung auf Anwohner.

Im konkreten Fall war dieses Kriterium im Auftrag der Staatskanzlei Schleswig-Holstein als eine von zahlreichen planerischen Grundlagen zur Teilfortschreibung „Windenergie“ des Landesentwicklungsplans sowie aller Regionalpläne des Landes umzusetzen. Da alle Beteiligten unter erheblichem Zeitdruck arbeiteten, war ein Ansatz gefordert, der es bei minimaler Entwicklungszeit erlaubt, sämtliche Ortslagen des Landes Schleswig-Holstein anhand aller Potenzialflächen für Windenergienutzung auf dieses Kriterium hin zu untersuchen.

2 Methode

Derzeit gibt es keine allgemeingültigen Standards oder Erfahrungen zur Umsetzung des Kriteriums „Umfassungswirkung“ von Ortschaften durch WEA für die Regionalplanung. Eine der wenigen verfügbaren Studien zu dessen Operationalisierung ist das Gutachten „Umfassung von Ortschaften durch Windenergieanlagen“ (UmweltPlan, 2013). Dem Gutachten zugrunde liegt eine umfassende Recherche der bestehenden Rechtsprechung und darauf aufbauend die Ableitung eines planerischen Vorsorgewerts zur Verhinderung der Umzingelungs- bzw. Umfassungswirkung von Ortslagen durch WEA.

Der Grundgedanke hierbei ist die Gewährleistung eines Freihaltewinkels im Umfeld von Ortschaften, der auf physiologischen Eigenschaften des menschlichen Gesichtsfelds beruht. Als *Gesichtsfeld* wird dabei der Bereich definiert, innerhalb dessen eine Landschaftskulisse wahrgenommen werden kann. Dieser beträgt etwa 180° . Als maximal zumutbar wird eine durchgängige horizontale Verstellung des Horizonts durch WEA von $2/3$ des Gesichtsfelds ($= 120^\circ$) angesehen (vgl. OVG Magdeburg, 2012).

Als weiteres Kriterium geht das *Fusionsblickfeld* ein. Dieses umfasst den Bereich, in dem binokulares bzw. stereoskopisches Sehen möglich ist, dieser Bereich beträgt ca. 60° . Das Fusionsblickfeld ist dabei zusammenhängend von Windenergieanlagen freizuhalten.

Zusammenfassend ergeben sich damit als Kriterien zur Ableitung eines Vorsorgewerts zur Verhinderung einer Umfassungswirkung von WEA (vgl. Abb. 1):

Im Umfeld von Ortschaften dürfen innerhalb eines horizontalen Winkels von 180° in beliebiger Blickrichtung

- maximal 120° durchgehend von einer Potenzialfläche für WEA eingenommen werden,
- dabei müssen mindestens 60° zusammenhängend freigehalten werden,
- die beiden obigen Kriterien müssen von künftigen Vorrangflächen für WEA unter Berücksichtigung der Wirkung bestehender WEA gewährleistet sein.

Andernfalls ist von einer optisch bedrängenden Wirkung durch die Umfassung der Ortslage mit WEA auszugehen.

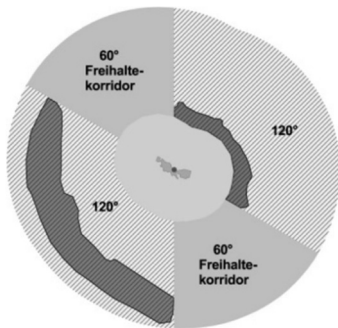


Abb. 1: Grundprinzip zur Ermittlung eines Vorsorgewerts für die Vermeidung einer Umfassungswirkung (Quelle: UmweltPlan 2013, p. 18)

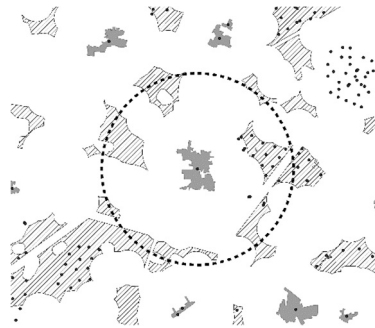


Abb. 2: Erforderliche Geodaten: Ortsumrisse, Ortsmittelpunkte, Untersuchungsgebiet pro Ortslage, Windpotenzialflächen, Bestand WEA

Zur Umsetzung standen folgende Daten bereit (vgl. Abb. 2):

- Außengrenzen aller Ortslagen des Landes Schleswig-Holstein als Auszug aus dem ATKIS,
- alle landesweiten Potenzialflächen für WEA als Polygone,
- alle bestehenden WEA als Punktdaten.

Zur konkreten Umsetzung werden die Ortslagen lediglich durch ihren geometrischen Mittelpunkt abgebildet. Ist hier eine höhere Aussagekraft gewünscht, können jedoch auch die Polygone mit den Grenzen der Ortslagen Verwendung finden (vgl. Diskussion). Als Ortsumfeld mit Relevanz für das Landschaftsbild wird gemäß Windenergieerlass Schleswig-Holstein (MELUR, 2012) die 15-fache Anlagenhöhe einer Referenzanlage mit 150 m Gesamthöhe angenommen und ein Puffer von 2.250 m um die (zunächst zu berechnenden) Ortsmittelpunkte gebildet. Auf dieses Gebiet waren die o. g. Kriterien anzuwenden. Zu ermitteln ist, welche Ortslagen von einer unzumutbaren Umfassung durch WEA betroffen sind, welche Windpotenzialflächen dieses verursachen und ob eine Potenzialfläche bei mehreren Ortslagen zur Überschreitung des Vorsorgewerts beiträgt.

3 Modellentwicklung

3.1 Grundlagen

Die Umsetzung der vorgestellten Methodik und ihrer Vorsorgewerte erfordert die Operationalisierung anhand von Winkelfunktionen und Bedingungen, die mit ihrer Hilfe überprüft werden können. Die Grundidee des Modells ist eine Überprüfung der Vorsorgewerte anhand eines um die Ortsmittelpunkte rotierenden „synthetischen Gesichtsfeldes“ (Beobachtungspunkt). Hierbei wird die Verstellung des Horizonts durch WEA analysiert und auf die Einhaltung der Grenzwerte überprüft (vgl. Abb. 3 und 5). Zuvor müssen aus den zugrundeliegenden Geodaten die erforderlichen Informationen generiert und für die Analyse zugänglich gemacht werden. Das Modellkonzept lässt sich daher in folgende Abschnitte gliedern: Datenaufbereitung, Bestandserfassung (Erfassung und Aggregation von WEA-Silhouetten) sowie Bestandanalyse (Überprüfung der Vorsorgewerte).

3.2 Datenaufbereitung

Die Aufbereitung der zur Verfügung stehenden Daten umfasst folgende Schritte:

1. Ableitung der relevanten Ortslagen aus den morphologisch generalisierten ATKIS-Siedlungsflächen.
2. Erzeugung der Beobachtungspunkte (Ortsmittelpunkte) aus den Zentroiden der relevanten Ortslagen.
3. WEA-Bestand: Gruppierung der Standorte vorhandener Windenergieanlagen (Punkte) auf Basis ihrer räumlichen Nähe zueinander. Über die Umringe dieser Cluster werden die Flächen bestehender Windparks generiert.
4. Windpotenzialflächen: Umwandlung möglicher Bogen-Geometrien in Vielecke. Anschließend Reduzierung der durch die Konvertierung entstandenen Stützpunkte.
5. Zusammenführung von WEA-Bestand und Windpotenzialflächen zur relevanten Kulisse an Flächen zur Windenergienutzung.

Deutlich erkennbar ist dabei das Ziel der Reduktion der zu untersuchenden Elemente.

3.3 Erfassung von WEA-Silhouetten

Eine Silhouette entsteht für einen Betrachter durch die Abgrenzung des betrachteten Objektes gegenüber seiner Umgebung. Hier bezeichnet der Begriff "Silhouette" die zweidimensionale Ausdehnung der Ansicht aller bestehenden und geplanten WEA am Betrachterhorizont. Vom jeweiligen Beobachtungspunkt aus gesehen ergeben sich damit zwei Zustände: „Horizont mit WEA verstellt“ oder „Horizont frei“. Das Maß der horizontalen Ausdehnung ist dabei die Bogenlänge auf dem Außenradius des Untersuchungsgebiets (Beobachtungsradius, vgl. Abb. 3). Das natürliche Maß hierfür ist der Radiant (Vollkreis = 2π). Besser greifbar ist jedoch die Angabe in Grad (Vollkreis = 360°). Während der gesamten Erfassung wird in Bogenmaß gerechnet, das Ergebnis erfolgt hingegen in gerundeten ganzen Gradangaben.

Mit dem Beobachtungsradius wird der Suchraum um einen Beobachtungspunkt begrenzt. In diesem Modell werden alle im Beobachtungsradius vollständig oder teilweise enthaltenen Windpotenzialflächen mit ihrer vollen Ausdehnung betrachtet.

Alle so selektierten Flächen werden in beliebiger Reihenfolge nach dem gleichen Muster untersucht: Aus der Fläche werden sämtliche Stützpunkte ermittelt. Auch hier spielt die Reihenfolge keine Rolle. Vom Beobachtungspunkt aus gesehen werden zu jedem Stützpunkt die relativen Koordinaten ermittelt.

Mit der Arcustangens2-Funktion lassen sich Δx und Δy in eine Richtung umrechnen. Das Ergebnis sind Werte zwischen $-\pi$ und $+\pi$, entsprechend -180° bis $+180^\circ$. Nord ist als Nullrichtung definiert. Negative Werte sind linksdrehend, positive rechtsdrehend. Der Periodenübergang ist die Südrichtung (vgl. Abb. 3).

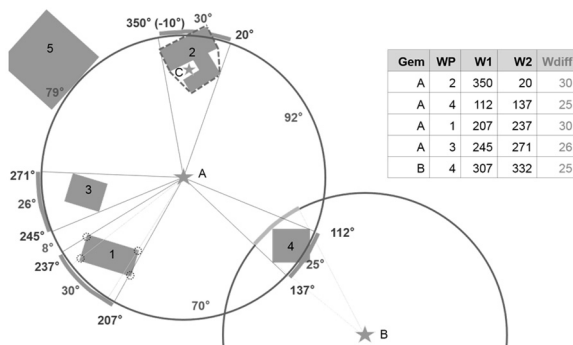


Abb. 3: Erfassen der Lage und Ausdehnung von WEA-Silhouetten im Beobachtungsradius

Aus den Richtungen aller Stützpunkte werden der größte und der kleinste ermittelt. Sie stellen die Ausdehnung der Fläche am Horizont, die Silhouette im Modell, dar. Von einer rechtsdrehenden Sichtweise aus gesehen, ist der kleine Winkel die linke und der große die rechte Begrenzung einer Silhouette. Im Folgenden werden sie daher auch als linker Rand und rechter Rand beschrieben.

Negative und positive Winkel entsprechen nicht der üblichen menschlichen Denkweise. Daher werden negative Winkel in den Ergebnissen um einen Vollkreis erhöht, um sie in einen richtungsgleichen rechtsdrehenden Wert zu projizieren.

Theoretisch könnte der gefundene Winkel jedoch komplementär sein. Für den Windpark 2 in der Abbildung 3 würde er nicht von -10° bis 20° laufen, sondern von 20° bis -10° . Der Bedeckungswinkel würde dann nicht 30° , sondern 330° betragen. Ein Sichtwinkel größer 180° ist allerdings nur möglich, wenn der Beobachtungspunkt sich innerhalb der Konvexhülle des Betrachtungsobjektes befindet, wie in der Abbildung am Punkt der Gemeinde C zu sehen ist.

Mit dieser Untersuchung kann auch ein ähnliches Problem geklärt werden. Arcustangens2 ist als trigonometrische Funktion periodisch. Sie ist durch die Arbeit mit komplexen Zahlen zwar über eine ganze Periode eine injektive Funktion. Dennoch bleibt das Problem des Periodenübergangs. Dies ist vergleichbar mit der Datumsgrenze der Zeitzonen auf unsere Erde. In diesem Modell tritt ein solches Ereignis ein, wenn eine Silhouette „den Süden überschreitet“. In diesem Fall würde die Einordnung kleiner Winkel = linker Rand und großer Winkel = rechter Rand zu einer Silhouette führen, die über 180° groß ist. Liegt der Beobachtungspunkt außerhalb der Konvexhülle kann die ausgeschlossen werden und die Winkel „tauschen ihre Seiten“.

Ergebnis der Untersuchung ist eine Matrix (vgl. Abb. 3), in der zu jedem Beobachtungspunkt (Gem = Gemeinde/Ort) die im Beobachtungsradius erfassten Objekte (WP = Windpark-Nr.) mit ihrem jeweiligen linken Rand (W1) und rechten Rand (W2), sowie dem Winkel der Bedeckung (Wdiff) festgehalten sind.

3.4 Aggregation von WEA-Silhouetten

Die Silhouetten können sich vom Beobachtungspunkt aus gesehen gegenseitig überlagern (vgl. Abb. 4). Dies kann bis zur vollständigen Überdeckung geschehen. In diesem Modell verschmelzen sie für den Betrachter dann zu einer einzigen Silhouette. Welche Silhouette dabei im Hintergrund liegt und ganz bzw. teilweise verdeckt wird, ist nicht relevant. Hier gilt es nur, alle Überlagerungen korrekt zu einer einzigen Silhouette zu addieren. Untersucht wird dies anhand der im vorigen Schritt erzeugten Matrix.

Um Überlagerungen zu identifizieren, werden die Silhouetten nach dem Winkel ihres linken Rands aufsteigend sortiert. Die erste Silhouette ist somit jene, die für den Beobachter rechts der Nord-Südachse liegt. Die letzte ist jene, die von links kommend, als letztes beginnt. Sie kann dabei die Nord-Südachse überschreiten.

Eine Überlagerung liegt vor, wenn der rechte Rand einer Silhouette („erste Silhouette“) größer oder gleich dem linken Rand der folgenden Silhouette ist. Sie werden zusammengefasst durch die Kombination ihre Kennungen als Zeichenfolge und der Übernahme des linken Rands der ersten Silhouette. Von den rechten Rändern wird der größere Winkel übernommen. Dies kann derjenige der ersten Silhouette sein, wenn diese die folgende Silhouette vollständig überspannt. Diese kombinierte Silhouette wird dann mit der folgenden in der Reihung verglichen.

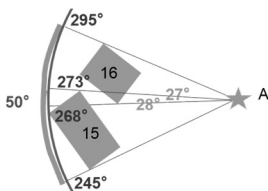


Abb. 4:
Erfassen einer Überlagerung

Gilt jedoch *rechts* $s_i < \textit{links}$ s_{i+1} , so ist die Zusammenfassung abgeschlossen und es folgt ein unbedeckter Bereich bis zum linken Rand der folgenden Silhouette. Die Größe dieses Bereiches wird der gerade bearbeiteten Silhouette als *Fusionswinkel* in einem neuen Tabellenfeld hinzugefügt. Die letzte Silhouette der Reihung nimmt die erste, inzwischen möglicherweise aggregierte, Silhouette als die Folgende. Ergebnis dieser Untersuchung ist wiederum eine Matrix die gleichlang oder kürzer als die vorherige ist.

3.5 Überprüfung der Vorsorgewerte

Es gilt festzustellen, ob für den Beobachtungspunkt eine bedrängende Umfassung („Bedrängung“) vorliegt. Gegenstand der Analyse ist die Matrix der aggregierten Silhouetten. Die o. g. Vorsorgewerte von maximal 120° WEA-Silhouette „am Stück“ und mind. 60° frei zuhaltender Fusionswinkel im Blickfeld machen eine Analyse in zwei Stufen sinnvoll. Zunächst wird die generelle Über-/Unterschreitung der Werte geprüft. Werden die Grenzwerte eingehalten, so muss danach geprüft werden, ob sie auch der Einzelprüfung standhalten.

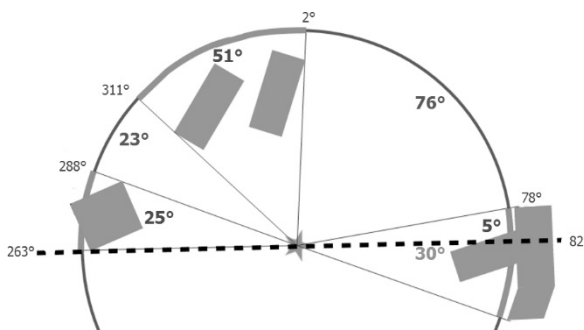


Abb. 5:
Analyse der Umfassung

In der generellen Prüfung werden die Bedingungen geprüft, ob in der Eigenschaft „unbedeckter Winkel“ zum einem der kleinste Winkel größer oder gleich 240° ist, zum anderen ob der größte Winkel kleiner als 60° ist. Ist die erste Bedingung erfüllt, kann keine Bedrängung vorliegen. Ist dagegen die zweite Bedingung wahr, liegt unbedingt eine Bedrängung vor. Zudem wird das Tabellenfeld „bedeckter Winkel“ dahin gehend geprüft, ob der größte Wert größer als 120°. In diesem Fall liegt ebenfalls eine Bedrängung zwingend vor. Ist keine der Bedingungen erfüllt, wird die Einzelprüfung durchgeführt.

Zur Einzelprüfung werden die Silhouetten wieder nach dem Winkel ihres linken Rands aufsteigend sortiert. Der linke Rand der ersten Silhouette bildet den linken Rand des Blickfeldes (in Abb. 5 bei 263°). Alle darin gelegenen Silhouetten und freien Bereiche werden in die erste Detailprüfung einbezogen und gegebenenfalls am rechten Rand abgeschnitten. Der größte Wert der unbedeckten Winkel muss mindestens 60° sein. Ist die Bedingung erfüllt, wird zur nächsten Silhouette gewandert und die Prüfung mit der neuen Situation durchgeführt. Wird bis zur letzten Silhouette die Suchbedingung erfüllt, liegt keine Bedrängung vor.

Da die Prüfung binär ist, kann sie nach dem ersten Erreichen einer bedrängenden Umfassung abgebrochen werden. Ergebnis der Analyse und des Modells ist eine Matrix mit allen Beobachtungspunkten und gegeben falls der Silhouette am linken Blickfeldrand, die die Bedrängung ausgelöst hat.

4 Modellumsetzung

4.1 Randbedingungen und Software

Das Modell wurde unter hohem Zeitdruck entwickelt und zur Verwendung mit Esri ArcGIS Desktop Basic ohne Erweiterungen konzipiert. Nicht verfügbare Werkzeuge werden selbst geschrieben. Als Skriptsprache wird Python verwendet. Das grafische Frontend der Werkzeuge ist eine Python-Toolbox. Sie stellt dem Nutzer Eingabemasken bereit, die auf simple Weise anwenderfreundlich gestaltet werden können. Dem Entwickler gibt sie die Möglichkeit, die Übergabe fehlerhafter oder nicht sinnvoller Parameter an ein Werkzeug zu verhindern. Die Einteilung der Werkzeuge in Toolsets folgt den Phasen des Projektes.

Die Funktionsweise der Werkzeuge wird primär bestimmt durch die Anforderungen der konkreten Aufgabe. Dennoch wird angestrebt, sie weitgehend neutral vom konkreten Anlass zu konzipieren. Auch sind die Skripte so gestaltet, dass eine Portierung in andere GIS-Software möglichst einfach ist. Python ist als weitverbreitete Skriptsprache dazu sehr gut geeignet.

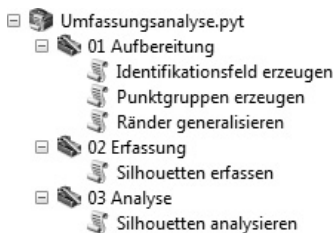


Abb. 6: Python-Toolbox in ArcGIS

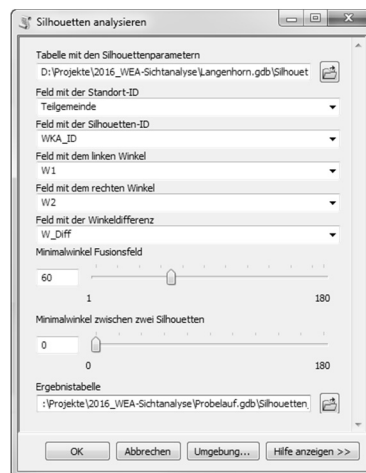


Abb. 7: Eingabemaske eines Werkzeuges

4.2 Beispiele zur Umsetzung

Zentroiden erzeugen

Die geometrischen Schwerpunkte der Siedlungsflächen werden als Beobachtungspunkte benötigt. Die Umsetzung erfolgte mittels der Geometrie-Klasse in arcpy. Das Werkzeug zur Generierung von Zentroiden bzw. Geoiden ist mit 25 Zeilen Python-Code und 50 Zeilen in der Toolbox nachgebaut.

Silhouetten erfassen, aggregieren und analysieren

Zum Erzeugen neuer Datensätze oder -felder wird mittels arcpy auf die ArcGIS-Werkzeuge zugegriffen. Unterstützt wird dies durch Funktionen welche die Integrität der Daten sicherstellen. Inhalte von Attributtabelle werden durch das arcpy.da-Modul in Python-Listen

überführt. Inhalte des Geometriefeldes lassen sich dabei durch sogenannte „GeometrieToken“ sehr fein auf gewünschte Inhalte und Formate auslesen. Stehen die notwendigen Eingangsdaten in Form und Inhalt passend zur Verfügung, erfolgt die Berechnung mit der Python Standard Library. Das math-Modul wird für die Arbeit mit den Winkeln genutzt. Notwendige geometrische Methoden (intersect, convexhull, crosses usw.) stellt hierbei wiederum arcpy bereit. Das numpy-Modul wird nicht verwendet, da Performance-Vorteile nicht im Vordergrund stehen und die Operationen mit den Daten nicht so komplex sind. Die fertig berechneten Daten werden dann mit arcpy in Esri geeignete Formate persistent geschrieben.

The image shows three screenshots of a software interface displaying data tables. The first screenshot shows a table titled 'EinzelSilhouetten' with columns: Orts_ID, WKA_ID, W1, W2, W Diff, Dist_min, and Dist_max. The second screenshot shows a table titled 'Aggregation' with columns: Orts_ID, WKA_ID, W1, W2, W Diff, and fusion_W. The third screenshot shows a table titled 'Analyse' with columns: Orts_ID, WKA_ID, and Fehler.

Abb. 8: Auszug aus den im Zuge des Projektes generierten Tabellen

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Daten bis zur gesuchten Information. Auch die Lösung für Situationen ohne Anlagen in der Umgebung, siehe Zeile „OL_0052“, wird deutlich. Im Gegensatz zum methodischen Ansatz wird in der Analyse nach Auffinden der ersten Bedrängung nicht abgebrochen, zudem wird eine Codierung (–1 = keine WEA, 0 = keine Bedrängung, 1 = zu geringer Fusionswinkel, 2 = zu große Bedeckung) genutzt.

Die einzelnen Skripte sind in einem Verzeichnis hinterlegt. Grundlegende Funktionen sind in der `_init_.py` zusammengefasst. Auf dieses Python-Package greift die Python-Toolbox zu. In Abbildung 7 ist zu erkennen, dass nach Auswahl des Eingangsdatensatzes Felder unter Berücksichtigung des ihres Datenformates ausgewählt werden können.

5 Diskussion

Mit dem vorliegenden Ansatz wurde ein anwendungsreifes und effizient arbeitendes Modell konzipiert, das alle gestellten Anforderungen erfüllt. Mit den entwickelten Werkzeugen wurden als Planungsgrundlage für den Landesentwicklungsplan Schleswig-Holstein über 1400 Ortslagen anhand von mehr als 700 bestehenden und geplanten Flächen zur Windenergienutzung auf die Einhaltung der Vorsorgewerte überprüft. Die Berechnung der aufbereiteten Daten betrug bei der Ermittlung der Einzelsilhouetten etwa drei Minuten, die übrigen Berechnungen lagen unter 30 Sekunden. In der Folge werden Aspekte auf unterschiedlichen konzeptionellen Ebenen reflektiert.

Methodische Grundannahmen des Ansatzes

„Optische Bedrängung“ bzw. „Umfassung von Ortslagen“ muss als planerisch handhabbares Kriterium methodisch hergeleitet und allgemein umsetzbar gemacht werden. Die in der Anwendung zugrunde gelegten Vorsorgewerte sind der aktuellen Rechtsprechung entnommen. Ob sie allerdings langfristig als hinreichende Vorsorgewerte, auch unter dem Gesichtspunkt der allgemeinen Akzeptanz gegenüber Windenergie angesehen werden können, bleibt offen. Dies findet u. a. seinen Ausdruck darin, dass nach Fertigstellung des Modells in der konkreten planerischen Anwendung zwar der Grenzwert von max. 120° Umfassung verwendet wurde, darüber hinaus kam jedoch eine Klassifizierung aller betroffenen Ortslagen in einer dreistufigen Risikoskala zur Umsetzung.

Das Modell ist zur Anwendung in der norddeutschen Tiefebene entwickelt worden. Daher wurde der Einflussfaktor Relief nicht integriert. Zur Anwendung in Mittelgebirgsregionen ist zu erwägen, auch das Relief bzw. die Krümmung der Topographie zu berücksichtigen.

Skalierung des Ansatzes

Der konkrete Anlass sah die Anwendung des Modells auf landesweite Daten vor. Aus diesem Grund wurden Eingangsdaten stark generalisiert und entsprechen bei einer Anwendung auf regionaler Ebene möglicherweise nicht mehr der geforderten räumlichen Aussageschärfe bzw. Informationsauflösung. So wurde die Umfassungswirkung ausschließlich auf der Basis von Beobachtungspunkten im geometrischen Ortszentrum ermittelt. Realistischere Ergebnisse sind zu erwarten, wenn anstatt dieser Punkte solche an den Ortsrändern verwendet werden. Dies können gutachterlich festgelegte relevante Beobachtungspunkte sein, es können auch synthetisch generierte Stützpunkte auf den Siedlungsgrenzen sein (z. B. in vier bzw. acht Himmelsrichtungen ausgerichtet). Die Umsetzung dieser Variante wurde bereits im Zuge der Entwicklung erprobt, jedoch nicht weiterverfolgt. Bei Bedarf ist diese Modifikation mit geringem Aufwand umsetzbar.

Literatur

- Bundesverwaltungsgericht (2012). *BVerwG 4 CN 1.11*, OVG 2 A 2.09 vom 13.12.2012.
- Hildebrandt, S. (2015). Methoden der Sichtbarkeitsanalyse von Windkraftanlagen – Theorie und Praxis. *UVP-Report*, 29(2), 66–69.
- MELUR SH – Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (2012). *Grundsätze zur Planung von und zur Anwendung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung bei Windkraftanlagen*. Kiel.
- Nohl, W. (2015). *Landschaftsästhetik heute*. München: oekom.
- OVG Magdeburg (2012). *Beschl. v. 16.03.2012, DVBl. 2012, 989 ff.* In: *UmweltPlan (2013)*, p. 9.
- Roth, M., & Bruns, E. (2016). *Landschaftsbildbewertung in Deutschland – Stand von Wissenschaft und Praxis*. BfN Skripten, 439. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- UmweltPlan – Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern (2013). *Gutachten zur „Umfassung von Ortschaften durch Windenergieanlagen“*. Endbericht. Stralsund.