

# GIS-gestützte Standortplanung von Windenergieanlagen mit freien und amtlichen Geodaten

Max BERGMANN und Bernhard HÖFLE

Geographisches Institut, Universität Heidelberg · bergmanmax2704@gmail.com

*Dieser Beitrag wurde durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.*

## Zusammenfassung

Die Landesregierung Baden-Württemberg hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 mindestens 10 % des Stroms aus eigener Windenergie bereitzustellen. Die Planung von Windenergieanlagen basiert auf Grundlage verschiedener Gesetze. Mit einem Geoinformationssystem (GIS) ist es möglich auf Basis unterschiedlicher Datengrundlagen die Flächen zu ermitteln, die den gesetzlichen Rahmenbedingungen entsprechen. Bisher bilden amtliche Geodaten die Grundlage für die Ermittlung dieser Flächen. Hierbei stellt sich die Frage, inwieweit dies auch mit freien Geodaten, wie OpenStreetMap, möglich ist. Dazu werden in dieser Arbeit auf Basis von amtlichen und freien Geodaten Flächen ermittelt, die für eine Windenergienutzung infrage kommen. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht das Gemarkungsgebiet der Stadt Weinheim an der Bergstraße. Um die ermittelten Flächen abschließend zu bewerten, werden an verschiedenen Standorten ergänzende Analysen zum Flächenpotenzial, zur Sichtbarkeit und zum Schattenwurf durchgeführt. Aus den Analysen resultiert, dass es möglich ist, anhand freier Geodaten Flächen zu ermitteln, die den gesetzlichen Vorgaben entsprechen. Unterschiede zwischen amtlichen und freien Geodaten ergeben sich in Bezug auf die exakte Flächengröße und Grenzverlauf. Die räumliche Lage der ermittelten Flächen ist aber nahezu identisch.

## 1 Einleitung

Nach der Reaktorkatastrophe in Fukushima im März 2011 beschloss die Deutsche Bundesregierung bis zum Jahr 2022 aus der Atomenergie auszusteigen und den Fokus auf erneuerbare Energien zu legen (BMU 2012). In Baden-Württemberg ist der Ausbau der Windenergie ein zentrales Ziel der Landesregierung, die anstrebt, bis 2020 mindestens 10 % des Stroms aus Windenergie aus Baden-Württemberg bereitzustellen. Um dies zu erreichen, ist es erforderlich, ca. 1.200 neue Windenergieanlagen zu installieren. Der Wind stellt zwar eine regenerative Energiequelle dar, die Flächen, die dafür geeignet sind, sind allerdings eine begrenzte Ressource. Ein wichtiger Eckpfeiler beim Erreichen dieses Zieles war es, das Landesplanungsgesetz 2012 dahin gehend zu novellieren, dass Kommunen selbst Flächen zur Windenergienutzung ausweisen können, da die bisherig von der Regionalplanung ausgewiesenen Gebiete nicht ausreichen, um die Ziele zu erreichen (WINDENERGIEERLASS BW 2012).

Rechtliche Grundlage für eine regionale Steuerung von Windenergieanlagen bildet das Raumordnungsgesetz. Um eine flächenschonende Planung der Windenergie sicherzustellen, muss die Planung, angesichts der Privilegierung im Außenbereich, schon auf Landesebene stattfinden. Eine Möglichkeit ist es, Gebietstypen festzulegen. Laut Raumordnungsgesetz kann der Planer Vorranggebiete, Vorbehaltsgebiete und Eignungsgebiete ausweisen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, ein Vorranggebiet mit der Wirkung eines Eignungsgebietes auszuweisen. Um Windenergieanlagen räumlich zu konzentrieren, muss der Gesetzgeber diese Möglichkeit wahrnehmen. Damit wird sichergestellt, dass Anlagen ausschließlich in den Konzentrationszonen und nirgends sonst errichtet werden dürfen. Durch die Änderung des Landesplanungsgesetzes in Baden-Württemberg sind nun auch Kommunen befähigt, solche Flächen auszuweisen. Zukünftig darf in den Regionalplänen Baden-Württembergs eine potenzielle Fläche nur noch als Vorranggebiet deklariert werden. Wenn eine Kommune keine Konzentrationszonen ausweist, sind Windenergieanlagen im gesamten Außenbereich privilegiert (WINDENERGIEERLASS BW 2012).

Die Planung, beziehungsweise die Installation von Windenergieanlagen muss verschiedenste Bereiche der deutschen Rechtsform berücksichtigen. Einer der wichtigsten Bestandteile beim Ausbau von Windenergieanlagen ist in § 35 im Baugesetzbuch (BauGB) festgesetzt. Dort heißt es in Absatz 1 Nummer 5, dass ein Vorhaben im Außenbereich nur zulässig ist, wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen, die ausreichende Erschließung gesichert ist und wenn es der Erforschung, Entwicklung oder Nutzung der Wind- oder Wasserenergie dient. Damit gilt der Bau von Windenergieanlagen im Außenbereich als privilegiert.

Diese Arbeit stellt eine GIS-basierte Ermittlung von potenziellen Flächen für die Windenergiegewinnung auf Basis gesetzlicher Grundlagen im Gemarkungsgebiet der Stadt Weinheim a. d. Bergstraße (Baden-Württemberg) vor. Besonderer Fokus liegt auf der Forschungsfrage, inwieweit die Flächenermittlung auch mit freien Geodaten wie OpenStreet-Map (OSM) im Vergleich zu amtlichen Daten durchgeführt werden kann.

## 2 Windenergieerlass Baden-Württemberg

Mit dem Windenergieerlass hat das Land Baden-Württemberg 2012 eine einheitliche Leitlinie für das gesamte Verfahren zur Planung, Genehmigung und zum Bau von Windenergieanlagen veröffentlicht, welche für Träger der Regionalplanung und Kommunen verbindlich ist.

Welche Bereiche sich für die Windenergienutzung eignen, gilt es anhand der Windhöflichkeit zu ermitteln. Die Wirtschaftlichkeit von einem Standort hängt neben den Faktoren wie Materialkosten der Anlage, Nähe zum Leitungsnetz oder den Pachtkosten zum Großteil von der Windgeschwindigkeit ab. Erhöht sich die Windgeschwindigkeit um 10 %, nimmt die Leistung der Anlage um 33 % zu. Als guter Richtwert dient der im Erneuerbare-Energien-Gesetz definierte Referenzertrag von 60 % bzw. 80 %.

Besonders beachten muss man die Belange des Naturschutzes. In einigen Schutzgebieten ist wegen der besonderen Schutzbedürftigkeit die Installation von Windenergieanlagen untersagt. Im Einzelnen sind dies Nationalparke (§ 24 BNatSchG), Nationale Naturmonumente (§ 24, Abs. 4 BNatSchG), Naturschutzgebiete (§ 23 BNatSchG), Kernzonen von Biosphärengebieten (§ 25 BNatSchG), Natura 2000 Gebiete sowie Bann- und Schonwälder (§ 32

LWaldG). Des Weiteren gibt es weitere Tabubereiche, die besondere Vogelarten schützen sollen. Gesetzlich geschützte Biotope (§ 30 BNatSchG) und Naturdenkmäler (§ 28 NatSchG) sind ebenso für die Windenergienutzung auszuschließen. Die mögliche Verunstaltung des Landschaftsbildes muss bei der Planung ebenso berücksichtigt werden, da es im Hinblick auf Vielfalt, Erholungswert, Eigenart und Schönheit bewahrt werden soll.

Da sich Windenergieanlagen nicht geräuschlos betreiben lassen, sind insbesondere für Wohngebiete Abstände einzuhalten. Bei der Planung von Konzentrationszonen für die Nutzung von Windenergie wird daher ein Vorsorgeabstand von 700 m zu Wohngebieten empfohlen. Jede Kommune kann allerdings im Einzelfall aufgrund eigenständiger Bewertung abweichen (WINDENERGIEERLASS BW 2012).

### 3 Geodaten

#### 3.1 Amtliche Geodaten

Beim Amtlich Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) stehen vier Produkte zur Verfügung: Digitale Landschaftsmodelle (DLM), Digitale Geländemodelle (DGM), Digitale Orthophotos (DOP) und Digitale Topographische Karten (DTK). ATKIS soll ein System hoher Genauigkeit sein sowie als Grundlage für die Herstellung topographischer und thematischer Karten dienen (KOHLSOCK 2004, 168).

Für die Planung von Windenergieanlagen sind vor allem die DLM geeignet. Die DLM beschreiben Objekte im Vektorformat. Die Objekte aus Landschaft und Relief, wie beispielsweise Siedlung, Verkehr oder Gewässer, werden einer bestimmten Objektart zugeordnet. Durch ihre räumliche Lage, ihren geometrischen Typ, beschreibende Attribute und Beziehungen zu anderen Objekten wird jedes Objekt einzeln definiert (ADV-ONLINE 2012).

Als Referenzdaten der Analyse dienen die Daten des DLM 50, die anschließend mit den OSM-Daten verglichen werden. Die Daten der Schutzgebiete und des Windatlas stellt das Landesvermessungsamt Baden-Württemberg kostenlos über ein Geodatenportal zur Verfügung.

#### 3.2 Freie Geodaten

OSM ist das erfolgreichste *Volunteered Geographic Information* (VGI) Projekt. Gestartet wurde das Projekt 2004 in Großbritannien von Steve Coast mit dem Ziel eine freie Weltkarte zu erschaffen (RAMM & TOPF 2010, 3 f.). Die Weltkarte soll nicht nur möglichst viele Informationen beinhalten, sondern auch auf freiwilliger Basis entstehen (ZIELSTRA & ZIPF 2010). Die Wachstumszahlen der letzten Jahre sind beeindruckend. Mittlerweile liegt die Zahl der registrierten Benutzer bei über 900.000, während es Ende 2011 knapp über 500.000 waren (OSM WIKI 2012). Zur Datenqualität gibt es mittlerweile viele wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass die Datenqualität besonders in Ballungsräumen außerordentlich gut ist (HAKLAY 2010, ROICK et al. 2011, ZIELSTRA & ZIPF 2010). Grundsätzlich gibt es im OSM-Datenmodell zwei Objekttypen. Diese sind *nodes* (Punkte bzw. Knoten) und *ways*. Diesen Objekten werden schließlich *tags* (Attribute) zugeordnet. Jeder *tag* besteht wiederum aus einem *key* und einem *value*. Zusätzlich gibt es noch den Datentyp *relation*, wodurch Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten modelliert werden. Die

schließlich auf der Karte angezeigten Objekte werden als Map Features bezeichnet. Ein *feature* wird durch ein *node* oder *way* zusammen mit einem oder mehreren *tags* beschrieben (RAMM & TOPF 2010, 55 f.).

## 4 Die GIS-gestützte Standortplanung von Windenergieanlagen

Für die Untersuchung wurde das Gemarkungsgebiet der Stadt Weinheim an der Bergstraße gewählt. Weinheim gehört zur Metropolregion Rhein-Neckar, hat circa 45.000 Einwohner und befindet sich in unmittelbarer Nähe zu Mannheim und Heidelberg. Das Gebiet eignet sich nicht nur wegen der Änderung des Landesplanungsgesetzes für die Untersuchung, sondern auch wegen der geeigneten Topographie. Das Gemarkungsgebiet erstreckt sich vom Oberrheingraben bis in den Odenwald und kann somit Höhen von unter 100 und über 500 Metern aufweisen.

### 4.1 Flächenanalyse anhand des DLM 50

Die Gemeindeflächen liegen als eigenes Shapefile vor und dienen jeweils als Grundflächen der Analyse. Um eine einheitliche Grundlage zu erhalten, ist es sinnvoll zuerst die Belange des Naturschutzes zu beachten. Da diese Daten weder im DLM 50, noch in den OSM-Daten vorhanden sind, sollen somit in einer ersten Ausschlussebene die Flächen ermittelt werden, die grundlegend auszuschließen sind. Die Layer von Naturschutzgebieten, Naturdenkmälern (flächenhaft), FFH-Gebieten, Waldschutz-, Überschwemmungs- und Wasserschutzgebieten müssen hierfür jeweils aus der Grundfläche herausgeschnitten werden.

Um den Vorgaben des Lärmschutzes und weiteren Schutzgütern aus dem Windenergieerlass gerecht zu werden, soll anschließend die nächste Ausschlussebene ermittelt werden. Zusätzlich obliegt es dem Planer, weitere Schutzgüter mit Abstandsflächen zu versehen. In Tabelle 1 sind die relevanten Objektklassen mit entsprechenden Abstandswerten aufgelistet.

**Tabelle 1:** Attribute und Abstandswerte des DLM 50

Objektklasse	Abstand in m
Ortslage	700
Siedlungsfläche	700
Aussiedlerhöfe	500
Industrie- und Gewerbefläche	300
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	300
Flugverkehr	1.500
Leitung	150
Bahnstrecke	50
Straßenachse	
Autobahn (WDM: 1301)	100
Bundesstraße (WDM: 1303)	40
Landesstraße (WDM: 1305)	40
Kreisstraße (WDM: 1306)	30

## 4.2 Flächenanalyse mit OpenStreetMap-Daten

Grenzlinsen werden grundlegend mit dem *key boundary* und dem *value administrative* bezeichnet. Hinzu kommen *tags*, die die Grenzen nach administrativen Ebenen gliedern. Gemeindegrenzen sind mit *admin\_level=8* eingetragen. Die Gemeindeflächen des Untersuchungsgebietes müssen entsprechend selektiert werden, um die Grundflächen zu erhalten. Um wieder eine identische erste Ausschlussebene zu erhalten, müssen die Belange des Naturschutzes beachtet werden. Für diese Grundlage sollen auch bei der Analyse mit OSM-Daten zuerst die entsprechenden Flächen aus der Grundfläche ausgeschnitten werden. In der nächsten Ebene werden die Belange des Lärmschutzes und weiterer Schutzgüter beachtet werden. In Tabelle 2 sind die *tags* mit entsprechenden Abständen aufgelistet. Für jede Kommune gilt es, die einzelnen Objekte zu überprüfen und zu selektieren. Sind die Objekte vorhanden, können sie entsprechend gepuffert und herausgeschnitten werden. So wird zum Beispiel der 700 m Abstand zur Wohnbebauung wird über *landuse=residential* eingehalten und kann über *highway=residential* im Bedarfsfall ergänzt werden. Die weiteren Abstandswerte pro Nutzungstyp sind in Tabelle 2 gelistet. Bei Abstandsflächen zu Sonderbauflächen und Gemeinbedarfsflächen gilt es, die kommunalen Eigenheiten zu beachten. Die Attribute sind in der Datenbank sehr unterschiedlich ausgewiesen, sodass es hier einen gewissen Interpretationsspielraum gibt. Die meisten Nutzungen sind unter den *keys leisure* oder *amenity* zu finden. So sind dort beispielsweise Sportplätze, Schulen und Kindergärten verzeichnet.

**Tabelle 2:** Relevante Attribute der OSM-Datenbank mit entsprechenden Abstandskriterien

Nutzung	OSM tag	Abstand in m
Wohnbebauung	<i>landuse = residential</i> / optional ergänzend: <i>highway = residential</i>	700
Gemeinbedarf- und Sonderbauflächen	Einzelfall	Einzelfall
Aussiedlerhöfe	<i>landuse = farmyards</i>	500
Gewerbegebiete	<i>landuse = industrial</i> <i>landuse = commercial</i>	300
Eisenbahn	<i>railway</i>	50
Flughafen	<i>aeroway = runway, taxiway</i>	1.500
Stromleitungen	<i>power = line</i>	150
Straßen	<i>highway =</i>	
Autobahn	<i>motorway, motorway_link</i>	100
Bundesstraße	<i>trunk, trunk_link, primary, primary_link</i>	40
Landesstraße	<i>secondary</i>	40
Kreisstraße	<i>tertiary</i>	30

### 4.3 Einzelstandortanalyse

Stehen in einer Kommune verschiedene Flächen zur Auswahl, müssen die Flächen hinsichtlich verschiedener Belange überprüft werden. Dabei können GIS-gestützte Analysen gute Argumente für oder gegen einen Standort liefern. Mögliche Windenergieanlagen sollen nach Möglichkeit räumlich konzentriert werden, um der Definition eines Windparks (mindestens drei Anlagen) zu entsprechen. Ein wichtiger Anhaltspunkt für die Standortbewertung kann eine Sichtbarkeitsanalyse möglicher Windenergieanlagen sein. Ebenfalls wichtig ist es, den möglichen Schattenwurf der Anlage zu berücksichtigen. Verschiedene Gerichtsurteile bestätigten, dass der periodische Schatten ab einer Einwirkdauer von mehr als 30 Minuten pro Tag und insgesamt mehr als 30 Stunden im Jahr unzumutbar belästigend ist (DNR 2011, 53). Ebenfalls zu beachten ist die Hangneigung, denn eine Windenergieanlage kann nur mit viel Aufwand in steilem Terrain installiert werden. In steilen Lagen müssten Hangaufschüttungen stattfinden, die mit erheblichen Mehrkosten verbunden sind.

Für die Analysen werden die Standorte exemplarisch anhand der Hangneigung und Windhöffigkeit gewählt. Auf Basis dieser Standorte wird eine Sichtbarkeitsanalyse durchgeführt und der potenzielle Schattenwurf ermittelt werden. Grundlage hierfür ist das Digitale Geländemodell (DGM) und das Digitale Oberflächenmodell (DOM) aus Laserscanning (HÖFLE & RUTZINGER 2011).

Das DOM eignet sich nicht für eine Sichtbarkeitsanalyse, da dort beispielsweise Stromleitungen erfasst sind. Dies kann das Ergebnis verfälschen. Um die Sichtbarkeitsanalyse möglichst realistisch zu modellieren, wird das DGM dort erhöht, wo Waldflächen und Gebäude in den Vektorlayern (OSM bzw. DLM) zu finden sind. Aus der Differenz von DOM und DGM kann man beispielsweise anhand der Waldflächen aus DLM 50 oder OSM die Höhe des Waldes ermitteln. Für besiedelte Gebiete gilt dies anhand der Gebäude-Layer ebenfalls. Die ermittelten Flächen mit dazugehörigen Höhen sollen dann auf das DGM hinzugerechnet werden, womit ein DGM mit den wichtigsten Höhen aus dem DOM entsteht.

Die Schattenanalyse wird durch ein Script in GRASS-GIS simuliert. Durch die Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung auf Basis eines digitalen Höhenmodells ist es schließlich möglich, den potenziellen Schattenwurf einer Windenergieanlage mit 138 m Höhe und 82 m Rotordurchmesser zu ermitteln. Für die Berechnung sind die Parameter so gewählt, dass der Schatten alle zehn Tage in 0,5 Stundenschritten über das gesamte Jahr berechnet wird. Dabei ist zu beachten, dass die tatsächliche Topographie der Oberfläche für die Schattenberechnung nicht berücksichtigt wird, sondern lediglich der Schattenwurf der Anlage.

## 5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Flächenanalyse aus Weinheim an der Bergstraße analysiert. Zunächst wird das Ergebnis der Referenzanalyse aufgezeigt, um anschließend das Ergebnis der OSM-Analyse zu präsentieren.

### 5.1 Flächenanalyse in Weinheim an der Bergstraße

Weinheim an der Bergstraße hat im DLM 50 eine Gemarkungsfläche von 5704 ha. Die potenzielle Fläche verringert sich durch die aus naturschutzrechtlicher Sicht relevanten

FFH-Gebiete, drei ausgewiesener Naturschutzgebiete und einige stehende Gewässer. Dadurch verringert sich die verfügbare Fläche um 383 ha auf 5.321 ha.

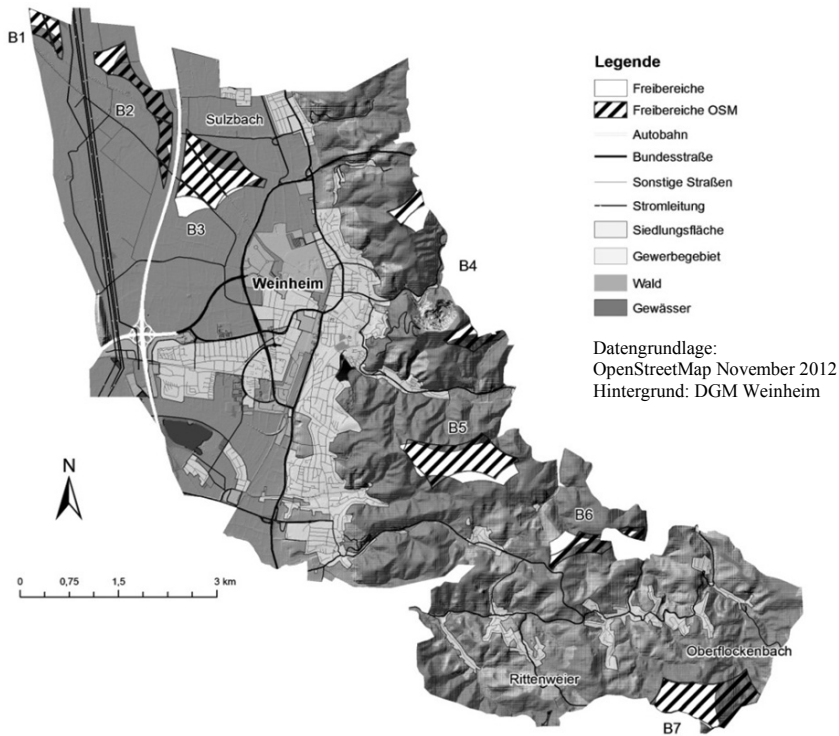
Die im DLM 50 ausgewiesenen Flächen für Ortslage und Siedlungsfläche bilden das größte Ausschlusskriterium in Weinheim. Durch die mit 700 m gepufferte Ausschlussfläche verringert sich die verfügbare Fläche auf 1.222 ha (21,4 % der Gesamtfläche). Beachtet man auf dieser Ausschlussebene zusätzlich die Wohnbebauung der Nachbarkommunen und die Aussiedlerhöfe, die per Hand selektiert wurden, verringert sich die Fläche auf 421 ha (7,3 %). Auf der nächsten Ausschlussebene werden Straßen, ein Segelflugplatz und Stromleitungen beachtet. Mit den entsprechenden Abstandsflächen verringert sich die für Windenergie nutzbare Fläche auf 256 ha (4,4 %).

Die Grundfläche der Gemarkung Weinheim beträgt bei den OSM-Daten 5.702 ha. Nach Beachtung der ersten Ausschlussebene mit den Belangen des Naturschutzes stehen noch 5.331 ha für die Planung zur Verfügung. Berücksichtigt man die Siedlungsfläche, welche unter *residential* in der OSM-Datenbank mit entsprechendem Abstandsbereich eingetragen ist, verringert sich die verfügbare Fläche auf 1.320 ha. Die Aussiedlerhöfe werden in der Datenbank unter *farmyard* geführt. Beachtet man neben diesen auch zusätzlich die Nachbarkommunen, verringert sich die Fläche auf 635 ha (11 %). Beachtet man Gewerbegebiete, Straßen, Sportplätze, Stromleitungen und den Segelflugplatz, der sich an der westlichen Gemarkungsgrenze befindet, verringert sich die potenzielle Fläche schließlich auf 467 ha (8,1 %). Bei den eingetragenen Gebäuden der OSM-Datenbank gibt es in Weinheim eine Besonderheit, denn die Aussiedlerhöfe sind teilweise mit *value = farm* eingetragen. Dies ist allerdings für den *key building* kein offizieller *value*. Zieht man die Gebäude inklusive 500 m Schutzabstand hinzu, verringert sich die verfügbare Fläche auf 362 ha (6,3 %).

**Tabelle 3:** Vergleich der ermittelten Windpotenzialflächen in Weinheim

Bereich	DLM 50 in ha	OSM in ha	OSM in Bezug zu DLM
1 – Nordwesten	10,4	19,0	182 %
2 – Norden westl. Autobahn	6,6	53,4	709 %
3 – Norden östl. Autobahn	71,8	78,0	108 %
4 – Nordosten	26,8	30,5	113 %
5 – Mitte	76,4	74,0	96 %
6 – Südwesten	16,6	26,3	158 %
7 – Süden	47,5	80,9	170 %
Gesamt	256,1	362,1	141 %

In Abbildung 1 sind die Potenzialflächen der OSM-Daten inklusive der Flächen aus der Analyse mit dem DLM 50 dargestellt und in sieben Bereiche eingeteilt. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der einzelnen Bereiche zusammengefasst. Im Referenzergebnis hat Bereich 5 die größte Fläche, gefolgt von den Bereichen 3 und 7. Bei den OSM-Daten ergibt sich ein ähnliches Bild, wenn auch die Größe der Fläche Unterschiede aufweist. Die größte Fläche ist in Bereich 7 zu finden. Es folgen wiederum die Bereiche 3 und 5. Den größten Unterschied gibt es bei Bereich 2. Dort ist die Freifläche der OSM-Daten um 46,8 ha größer. Insgesamt stehen laut der OSM-Daten 106 ha mehr zur Verfügung.



**Abb. 1:** Ergebnis der Analyse aus DLM 50 und OSM in Weinheim

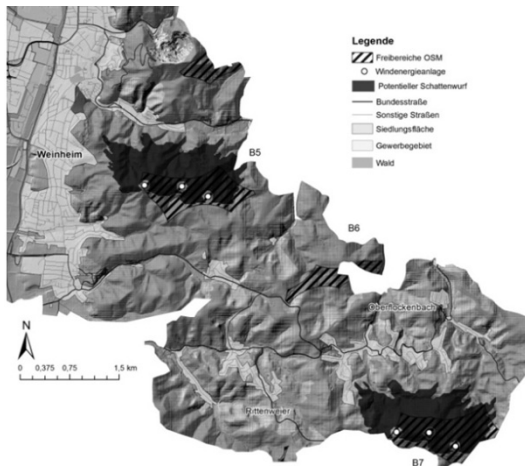
Es fällt auf, dass Bereich 2 in der OSM-Analyse weitaus größer ist. Sieht man sich Luftbilder des Bereiches an, fällt auf, dass zwei Aussiedlerhöfe an der nördlichen Grenze Weinheims nicht in OSM eingetragen sind. Ebenso fällt auf, dass es Unterschiede in den Bereichen 5 und 6 gibt. Dies resultiert auch auf der Ausweisung eines Aussiedlerhofes. In OSM ist dieser als *landuse=residential* eingetragen, wodurch es hier zu größeren Abständen kommt. Die größere Fläche in Bereich 7 resultiert aus nicht eingetragenen Wohnnutzungen einer Nachbarkommune. Insbesondere im Außenbereich sind Aussiedlerhöfe oftmals das entscheidende Kriterium der Flächengröße. Diese sind in der OSM-Datenbank aber nur sehr lückenhaft vorhanden, weswegen es in der Analyse mit OSM-Daten zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt.

## 5.2 Einzelstandorte

Ob sich die Bereiche wirklich zur Windenergienutzung eignen, kann durch verschiedene Analysen vertieft werden. Anhand Windhöffigkeit, Hangneigung, Sichtbarkeit der Anlagen und Schattenwurf wurden die Bereiche genauer untersucht. Grundlage sind die Flächen, die auf Basis der OSM-Daten identifiziert wurden. Die Bereiche 1 bis 3 eignen sich anhand der geringen Windgeschwindigkeiten nicht für eine mögliche Nutzung. In Bereich 4 und 6 sind jeweils nur zwei Anlagen realisierbar, da die Bereiche eine sehr unregelmäßige Topographie aufweisen. Die Bereiche 5 und 7 hingegen eignen sich aufgrund der Windhöffigkeit und der teilweise flachen Bereiche sehr gut für die Positionierung von drei Anlagen. In den



Bereichen gibt es jeweils Standorte, die den Referenzertrag 60 % erfüllen, aber auch Flächen, die im Referenzertrag 80 % liegen. In Abbildung 2 sind in den Bereichen exemplarisch jeweils drei Anlagen auf Basis der genannten Kriterien platziert worden. Zusätzlich wird der maximale Schattenwurf der Anlagen dargestellt. Dabei fällt auf, dass kein Schatten auf besiedeltes Gebiet fällt. Der Schattenwurf stellt damit kein Problem bei der Ausweisung der Flächen dar. Bei der Sichtbarkeitsanalyse möglicher Anlagen aus Bereich 5 fällt auf, dass die Anlagen zusammen nie im Kerngebiet erkannt werden können. Erst im Norden und Westen der Gemarkung werden die Anlagen sichtbar. Die Anlagen aus Bereich 7 sind zusammen weder in der Weststadt noch in der Kernstadt zu erkennen. Selbst in den nahegelegenen Ortsteilen sind meistens nur einzelne Anlagen sichtbar.



**Abb. 2:**  
Potenzieller Schattenwurf der Bereiche 5 und 7

## 6 Fazit

Ziel der Arbeit war es zu überprüfen, ob die Qualität freier Geodaten ausreicht, um eine Standortplanung von Windenergieanlagen durchzuführen. Es ist zu erkennen, dass es möglich ist, mit Daten von OpenStreetMap-Standorten für die Windenergienutzung zu finden. Es gibt zwar gewisse Unterschiede in Grenzverlauf und Flächengröße, die räumliche Lage der Flächen ist aber meist identisch. Warum manche Flächen der OSM-Analyse größer sind als die der Referenzergebnisse, lässt sich anhand von Luftbildern oder Referenzdaten meist schnell erkennen. Die in der Einzelstandortbetrachtung gewählten Standorte liegen sowohl in Bereichen der Referenzanalyse als auch in Bereichen der Analyse mit OSM-Daten. Dadurch ist belegt, dass es mit OSM-Daten möglich ist, rechtskonforme Standorte zur Windenergienutzung zu finden, sofern alle wichtigen Schutzgüter beachtet werden und diese auch in der OSM-Datenbank eingetragen sind.

Die Analyse mit den OSM-Daten hat nicht nur den Vorteil, dass die Daten kostenfrei zugänglich sind, sondern auch, dass die Daten weltweit im selben Datenmodell vorliegen. Somit ist es möglich auf Grundlage dieser Analyse auch Bereiche zu analysieren, die außerhalb des Untersuchungsgebietes dieser Arbeit liegen. Legt man der Analyse Abstandswerte aus Hessen oder Niedersachsen zugrunde und liegt eine ähnliche Datenqualität

und -quantität vor, werden ebenfalls nachvollziehbare Ergebnisse ermittelt. Gerade für Unternehmen, die auf teure amtliche oder kommerzielle Daten angewiesen sind, können die OSM-Daten bei stetiger Verbesserung zukünftig eine große Rolle spielen. Da allerdings die Windenergieplanung bekanntermaßen auf großes öffentliches Interesse stößt, ist es fraglich, ob eine Analyse auf Basis von OSM-Daten genügend Rechtssicherheit geben würde, um die ermittelten Flächen abschließend auszuweisen.

## Literatur

- ADV, <http://www.adv-online.de> (12.12.2012).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2012): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere\\_ee\\_zahlen\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_ee_zahlen_bf.pdf) (09.12.2012).
- DNR (Deutscher Naturschutzring; 2012), Grundlagenarbeit für eine Informationskampagne – Umwelt- und naturverträgliche Windenergienutzung in Deutschland (onshore) – Analyseteil. <http://www.wind-ist-kraft.de/wp-content/uploads/DNR-Windkraft-Grundlagenanalyse-2012.pdf> (16.10.2012).
- HAKLAY, M. (2010), How good is volunteered geographic information. A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 683-703.
- HÖFLE, B. & RUTZINGER, M. (2011), Topographic airborne LiDAR in geomorphology: A technological perspective. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 55 (2), 1-29.
- KOHLSTOCK, P. (2004), *Kartographie: Eine Einführung*. Schöningh Verlag, Paderborn.
- OPENSTREETMAP WIKI, [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main\\_Page](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page) (15.12.2012).
- RAMM, F. & TOPF, J. (2010), *OpenStreetMap. Die freie Weltkarte nutzen und mitgestalten*. Berlin: Lehmanns Media.
- ROICK, O. & NEIS, P. & ZIPF, A. (2011), Volunteered Geographic Information – Datenqualität und Nutzungspotentiale am Beispiel von OpenStreetMap. Kommission „Angewandte Kartographie – Geovisualisierung“ der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) – Symposium Königslutter 2011.
- WINDENERGIEERLASS BADEN-WÜRTTEMBERG (2012), Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, des Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur und das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft. [http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/94127/Windenergieerlass\\_BW.pdf](http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/94127/Windenergieerlass_BW.pdf) (01.11.2012).
- ZIELSTRA, D. & ZIPF, A. (2010), A Comparative Study of Proprietary Geodata and Volunteered Geographic Information for Germany. The 13<sup>th</sup> AGILE International Conference on Geographic Information Science in Guimaraes, Portugal.