



Planung und Errichtung des Windparks W218
Bedburg - Nord auf einer Rekultivierungsfläche
des Tagebaus Garzweiler

Bewertung der geotechnischen
Randbedingungen an diesem Standort

Bearbeitungs-Nr.: 20.037

Aachen, April 2020

52078 Aachen
Neuenhofstr. 112
Tel. (0241) 9 28 39 - 0
Fax (0241) 52 77 62

Geschäftsführer
Dr.-Ing. M. Nendza
Prof. Dr. I. Obernosterer

Amtsgericht Aachen
HRB 13065
Steuer-Nr. 201/5961/3379
USt.-IdNr. DE242696552

**Planung und Errichtung des Windparks W218 Bedburg - Nord auf einer
Rekultivierungsfläche des Tagebaus Garzweiler**

Bewertung der geotechnischen Randbedingungen an diesem Standort

Auftraggeber: innogy SE
Kapstadtring 7
22297 Hamburg

Ansprechpartner: Herr C. Vogt, Abt. ANB-EGC-G

Bestelldatum: 17.03.2020

Bestellnummer: 4300012654-K5-J05

Auftragnehmer: Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH
Neuenhofstraße 112
52078 Aachen

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. M. Nendza

Bearbeitungsnummer: 20.037

Berichtsdatum: 07.04.2020

Berichtsumfang: 14 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis)



Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung, Aufgabenstellung	1
2.	Verwendete Unterlagen	1
3.	Projektgebiet Windpark W218	2
4.	Geplanter Windpark W218	3
5.	Geotechnische Kategorie	3
6.	Charakteristische Eigenschaften und geotechnische Besonderheiten an Kippenstandorten.	4
7.	Bewertung und Prognose der Setzungen von Tagebaukippen	5
7.1.	Allgemeines	5
7.2.	Kippeneigensetzungen	5
7.3.	Setzungen oder Hebungen infolge Grundwasserwiederanstieg.....	7
7.4.	Bewertung Erdbebengefährdung, Sicherheit gegenüber Bodenverflüssigung	8
7.5.	Berücksichtigung der Lage der Tagebauböschungen	8
8.	Geotechnische Erkundung	9
9.	Gründungskonzept	9
10.	Vergleichbare Referenzprojekte	10
11.	Zusammenfassung	11



1. Veranlassung, Aufgabenstellung

Die BMR Windenergie GmbH & Co. KG plant im Auftrag der innogy SE südlich des bestehenden Windparks Jüchen die Erweiterung des Windparks Bedburg Königshovener Höhe. Bei dem betreffenden Areal handelt es sich um einen rekultivierten (verkippten) Bereich des Tagebaus Garzweiler der RWE Power AG entlang der A44n. In der aktuellen Projektphase soll die grundsätzliche Bebaubarkeit des betreffenden Bereiches mit Windenergieanlagen bewertet werden. In diesem Zusammenhang wurde die Geotechnisches Büro Prof. Düllmann GmbH von der innogy SE beauftragt, eine Bewertung des Standortes "Bedburg-Nord" hinsichtlich der geotechnischen Randbedingungen zur Nutzung als Standort für einen Windpark durchzuführen.

2. Verwendete Unterlagen

vom Auftraggeber wurden zur Verfügung gestellt:

- [1] Kippengelände am Tagebau Garzweiler geplanter Windpark Bedburg-Nord, Übersichtsplan, Maßstab 1:15 000, RWE Power AG, Stand: 09.02.2017
- [2] Erweiterungsflächen des Windparks Königshoven, Luftbild mit Eintragung der Konzentrationszonen für Windkraftanlagen und Verkippszeiten, per Mail erhalten von der BMR energy solutions GmbH am 25.02.2020
- [3] 51. Flächennutzungsplanänderung – Erweiterung Windpark Königshoven der Stadt Bedburg Begründung, Stadt Bedburg, Stand: 05.11.2018
- [4] 51. Flächennutzungsplanänderung – Erweiterung Windpark Königshoven Umweltbericht, Stadt Bedburg, Stand 16.08.2019

DIN-Normen, Vorschriften, Regelwerke, Richtlinien

- [5] DIN EN 1997-1 (09/2009), Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln, einschließlich DIN EN 1997-1/NA:2010-12 Nationaler Anhang
- [6] DIN 1054, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, 12/2010, Ergänzende Regeln zu DIN 1997-1
- [7] DIN EN 1997-2 (10/2010), Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2 Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, einschließlich DIN EN 1997-2/NA:2010-12 Nationaler Anhang



- [8] DIN 4020 (12/2010), Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN 1997
- [9] DIN 4149, Bauten in deutschen Erdbebengebieten, 04/2005
- [10] ZTVE-StB, Handbuch, Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau, Prof. Dr.-Ing. R. Floss, 4. Auflage, Ausgabe 2009
- [11] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt) – Richtlinie für Windenergieanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Berlin 2012

Archiv des Geotechnischen Büros, hier insbesondere:

- [12] Planung und Errichtung des Windparks W216, Garzweiler – Feld auf einer Rekultivierungsfläche des Tagebaus Garzweiler, Bewertung der geotechnischen Randbedingungen, Geotechnisches Büro Prof. Düllmann GmbH, 12.11.2018
- [13] Windpark W 216 Garzweiler – Feld A 44 n, östlich und westlich der BAB A 44n, Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung, Geotechnisches Büro Prof. Düllmann GmbH, 10.09.2019

3. Projektgebiet Windpark W218

Das Projektgebiet des Windparks W218 befindet sich südlich des bestehenden Windparks Jüchen und nördlich der Stadt Bedburg und somit in einem rekultivierten (verkippten) Bereich des Tagebaus Garzweiler der RWE Power AG. Die betreffende Fläche liegt innerhalb des Gemeindegebietes von Bedburg. Der geplante Windpark soll westlich und östlich entlang der geplanten A44n angeordnet werden (sh. Abb. 1). Es handelt sich um einen Bereich des Tagebaus, der frühzeitig wieder aufgeschüttet wurde, um eine möglichst schnelle Inbetriebnahme der verlegten Autobahn A 44n zu ermöglichen. Unterhalb der Trasse der A44n wurde unter einem Winkel von 60° zur Horizontalen dabei ein klassifizierter Schüttkörper mit definiertem Material erstellt.

Gemäß [2] erfolgte die Verkipfung der Böden in dem betreffenden Bereich zwischen 2003 und 2009. Die Liegezeit der Kippenböden beträgt somit aktuell zwischen 17 und 11 Jahren. Die Mächtigkeit der Kippen beträgt zwischen 140 m bis 160 m [13].

Das Projektgebiet hat Abmessungen von ca. 2,0 km x 1,3 km und eine Gesamtfläche von ca. 230 ha.



Abb. 1: Lage der vorgesehenen Erweiterungsflächen des Windparks Bedburg Königshovener Höhe aus [2] ohne Maßstab

4. Geplanter Windpark W218

Der geplante Windpark W218 soll auf insgesamt drei Teilflächen realisiert werden. Die Teilflächen sind in Abbildung 1 dargestellt und weisen Größen zwischen ca. 38 ha und 97 ha auf. Genaue Angaben zu Position, Typ, Größe und Leistung der geplanten Windenergieanlagen liegen noch nicht vor.

5. Geotechnische Kategorie

Bei der Planung und Ausführung von Bauprojekten auf Tagebaukippen sind besondere Anforderungen an Art und Umfang der Standorterkundung, das Gründungskonzept und das ggf. einzurichtende Monitoringkonzept während der Bau- und Betriebsphase zu stellen.



Die Errichtung von Windenergieanlagen ist (insbesondere unter Berücksichtigung des Kippenstandortes) gemäß [6] und [11] der geotechnischen Kategorie GK 3 entsprechend DIN 1054 bzw. EC 7 zuzuordnen. Dies trägt den geotechnischen Standortrandbedingungen und den entsprechend der DIN-Definition „ungewöhnlichen oder besonders schwierigen Baugrundverhältnissen“ bei der Errichtung und dem Betrieb von Bauwerken Rechnung. Die geotechnische Kategorie GK 3 umfasst Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund. Bauwerke der geotechnischen Kategorie GK 3 erfordern zusätzliche Untersuchungen, vertiefte geotechnische Kenntnisse und Erfahrungen in dem jeweiligen Spezialgebiet seitens der beteiligten Gutachter und Planer.

6. Charakteristische Eigenschaften und geotechnische Besonderheiten an Kippenstandorten

Die charakteristischen Eigenschaften von Kippenstandorten und die besonderen hier zu berücksichtigenden geotechnischen Aspekte bei der Errichtung eines Windparks bestehen i.W. darin, dass im Vergleich zu einem Standort mit nicht umgelagerten Baugrundverhältnissen von abweichenden bodenmechanischen Eigenschaften des Baugrundes auszugehen ist. Dies zeigt sich insbesondere durch zeitabhängige Eigensetzungen der Kippenböden (Konsolidation) in Abhängigkeit vom Alter der Kippe und der Kippenmächtigkeit und der auch nach dem Abklingen der Eigensetzungen weiterhin vorhandenen, vergleichsweise geringen Lagerungsdichte der Kippenböden. Dies macht die Kippenböden grundsätzlich sensitiv hinsichtlich Setzungen infolge statischer und dynamischer Bauwerksbelastungen, Grundwassereinfluss und der Beanspruchung durch Erdbebenereignisse.

Einheitliche bzw. gleichmäßige vertikale Setzungen sind für Bauwerke sowohl für die Standsicherheit als auch für die Gebrauchstauglichkeit in der Regel als unkritisch zu bewerten. Bei großen Beträgen der Gesamtsetzung, wie sie bei Kippenstandorten zu erwarten sind, steigt die Wahrscheinlichkeit von Differenzsetzungen. Kleinräumige Differenzsetzungen könnten insbesondere bei Windkraftanlagen unverträgliche Schiefstellungen bewirken. Aus diesen Gründen kommt der Bewertung der zu erwartenden Setzungen von Tagebaukippen und auch dem Aspekt der weiteren Kippenentwicklung im Bereich vorhandener Böschungen im Umfeld von Windkraftanlagen ein besonderer Stellenwert zu. Windkraftanlagen können üblicherweise eine Schiefstellung von bis zu 3 mm pro Meter Fundamentlänge tolerieren.



Im folgenden Abschnitt werden die spezifischen Setzungsanteile für Tagebaukippen beschrieben und bewertet.

7. Bewertung und Prognose der Setzungen von Tagebaukippen

7.1. Allgemeines

Im Vergleich zu Standorten mit natürlich anstehenden Baugrundverhältnissen, bei denen ausschließlich die Lastsetzungen infolge statischer und dynamischer Einwirkungen durch das Bauwerk zu betrachten sind, verhalten sich Kippenstandorte unterschiedlich. Die Prognose des Setzungsverhaltens von Kippen und von Bauwerken auf Kippen stellt sich daher komplexer dar. Die Ursachen hierfür sind, dass durch die Verkippung von Abraummaterialein ein neues, „technogenes“ Lockergestein entsteht, dessen mechanische Eigenschaften durch verschiedene zeitliche und räumliche Komponenten bei der Setzungsabschätzung beschrieben werden. Die wesentlichen Faktoren, die zur Bewertung des Setzungsverhaltens von Kippen berücksichtigt werden müssen, sind:

- (Rest-) Eigensetzung der Kippe in Abhängigkeit vom Alter der Kippe,
- Setzungen oder Hebungen infolge der Sumpfungmaßnahmen der RWE Power AG und den nachfolgenden Grundwasserwiederanstieg,
- Einwirkung von Erdbeben, Sicherheit gegenüber Bodenverflüssigung,
- Lastsetzung infolge der statischen und dynamischen Einwirkungen durch das Bauwerk bzw. Anlagen unter Berücksichtigung der Tagebauentwicklung.

7.2. Kippeneigensetzungen

Die Eigensetzung der Kippe resultiert aus einem Konsolidationsvorgang infolge Eigengewicht, der unmittelbar nach der Verkippung wirksam wird. Die Setzungsbeträge pro Zeiteinheit nehmen nach einer halblogarithmischen Funktion bis zum Abklingen der Verformung auf ein unschädliches Maß ab. Die Setzungsgeschwindigkeit ist direkt nach Beendigung des Schüttprozesses am größten.

Eine analytische Berechnung dieses Setzungsbetrages und des zeitlichen Verlaufs wird durch unterschiedliche Einflussfaktoren bestimmt, z.B.:

- die Form und Lage der Kippe (Böschungsneigungen, etc.),
- die Mächtigkeit der Kippe,



- die Liegezeit der Kippe bzw. der einzelnen Kippscheiben,
- die inhomogene Zusammensetzung des Kippenmaterials und
- die Zahl und die zeitliche Abfolge der einzelnen Kippscheiben.

Nach Erfahrungen im Rheinischen Braunkohlenrevier liegen die Setzungen in einer Bandbreite von 0,5 – 1,5 % der Kippenmächtigkeit.

Bewertung

Die zu erwartenden Eigensetzungen der Kippen am Standort Bedburg - Nord können mit den zur Verfügung stehenden Berechnungsansätzen bzgl. ihres Betrags der Gesamtsetzung und der zeitlichen Entwicklung in der Bandbreite zuverlässig abgeschätzt werden.

Der wesentliche Setzungsanteil wird vertikal gerichtet sein. Kleinräumige ungleichmäßige Setzungen und damit mögliche Schiefstellungen von Bauwerken sind jedoch nicht mit letzter Sicherheit auszuschließen. Diesem Sachverhalt ist im Gründungskonzept und im messtechnischen Monitoring während der Bau- und Betriebsphase ausreichend Rechnung zu tragen (sh. hierzu auch Abschnitt 9).

Für eine Bewertung kann auf der Grundlage von Erfahrungswerten an grundsätzlich vergleichbaren Kippenstandorten davon ausgegangen werden, dass nach ca. zehn Jahren der überwiegende Teil der zu erwartenden Eigensetzungen der Kippe abgeschlossen sein wird und die Setzungen durch das Gründungskonzept „Polsterschicht auf einer Rüttelstopfverdichtung“ (vgl. Abschnitt 9) gleichmäßig werden.

Für den hier betreffenden Standort Bedburg - Nord wird empfohlen, ein messtechnisches Monitoringkonzept zur Erfassung der Kippensetzungen einzurichten. Die installierten Messpunkte sollten im Folgenden regelmäßig eingemessen werden. Hierdurch wird die Grundlage zur Überprüfung der rechnerisch ermittelten Kippensetzungen und insbesondere deren zeitliche Entwicklung geschaffen.

Auf der Basis der Ergebnisauswertung der Setzungsmessungen erfolgt eine Kalibrierung des Berechnungsmodells. Mit zunehmender Erkenntnislage des lokalen Setzungsverhaltens der Kippe nehmen mit der Dauer des Monitorings die Unsicherheiten hinsichtlich der Setzungsprognose ab. Es ergibt sich daraus auch die Grundlage zur Bewertung einer ggf. erforderlichen Anpassung des Monitoringkonzeptes (z.B. Ort/Anzahl der Messpunkte, Messintervalle).



Auf der Grundlage von Erfahrungswerten kann derzeit für das Gründungskonzept „Polsterschicht auf einer Rüttelstopfverdichtung“ (vgl. Abschnitt 9) von einer Bebaubarkeit des betreffenden Standortes nach einer Liegezeit der Kippe von mindestens 10 Jahren ausgegangen werden. Dieses Kriterium kann jedoch auf Grund der unvermeidbaren Unsicherheiten hinsichtlich des tatsächlichen kleinräumigen Setzungsverhaltens der Kippe nicht als allgemein verbindlich bewertet werden, sondern stellt einen Richtwert mit einer zufriedenstellenden Prognosewahrscheinlichkeit dar, der in Verbindung mit einem messtechnischen Monitoringkonzept zu einer abschließenden Bewertung führt.

7.3. Setzungen oder Hebungen infolge Grundwasserwiederanstieg

Setzungen oder Hebungen der Kippenoberfläche durch Grundwasseranstieg und Wasserinfiltrationen sind zurückzuführen auf Kornumlagerungen des Kippenmaterials und den möglichen Verlust der kapillaren Haftfestigkeit (Kapillarkohäsion) sowie auf Auftriebseffekte. Die Größe eines Setzungsmaßes hängt dabei nach SCHEFFLER / MOSLER u.a. ab von:

- der Lockergesteinsart (bindig, nichtbindig),
- der Lagerungsdichte,
- dem Wassergehalt vor der Wassersättigung und
- dem Spannungszustand im betrachteten Bodenelement.

Nach FORMAZIN (1988) beträgt das theoretische Setzungsmaß etwa 0,2 – 3,0 % der wassergesättigten Schichtdicke. Die Erfahrungen im Rheinischen Braunkohlerevier zeigen eine engere Bandbreite von 0,5 – 1,5 % der Kippenmächtigkeit.

Bewertung:

Der Aspekt möglicher Setzungen oder Hebungen infolge des Grundwasserwiederanstiegs ist im Rahmen der konkreten geotechnischen Standortbewertung zu betrachten. Dies sollte auf der Grundlage der Prognose des GW-Wiederanstiegs der RWE Power AG und der bodenmechanischen Eigenschaften der Kippe erfolgen. Zur Bewertung der Kippe sind die im Rahmen der Baugrunduntersuchung ermittelten Kornverteilungsbänder heranzuziehen (mit Abgrenzung bindiger / nichtbindiger Bodenanteile).



7.4. Bewertung Erdbebengefährdung, Sicherheit gegenüber Bodenverflüssigung

Gleichförmige und feine Sande können, insbesondere bei einer lockeren Lagerungsdichte, unter Erdbebenbeanspruchung zu einem Verlust der Scherfestigkeit neigen, d.h. zur Bodenverflüssigung. Die Wahrscheinlichkeit der Bodenverflüssigung steigt mit der Intensität und der Dauer des Erdbebens und mit der Höhe des Grundwasserstands unter Gelände und nimmt mit der Lagerungsdichte des Bodens und der Tiefe ab. Eine Bewertung der Wahrscheinlichkeit einer Bodenverflüssigung kann z.B. nach der Regel KTA 2201.2 (Kerntechnischer Ausschuss: Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Erregungen) erfolgen.

Bewertung:

Die potenzielle Gefahr einer Bodenverflüssigung infolge Erdbebeneinwirkung ist in Tagebaukippen grundsätzlich nicht auszuschließen. Die Möglichkeit besteht insbesondere bei enggestuften, locker gelagerten Sanden mit Grundwassereinfluss. Aus diesem Grund sind für die Bewertung dieses Aspektes im Rahmen der Baugrunderkundung die Kornverteilungen der lokal anstehenden Kippenböden und die aktuelle und zukünftige Grundwassersituation (insbesondere die Prognose der zeitlichen Entwicklung des GW-Wiederanstiegs in Bezug zur geplanten Nutzungsdauer der Windkraftanlagen) zu ermitteln. Im Bereich des geplanten Windparks sind langfristig weitere grundwasserabsenkende Sumpfungsmaßnahmen erforderlich, welche große Teile des Kippenkörpers in der Betriebszeit der Windkraftanlagen weitgehend trocken halten. Ab dem Jahr 2100 sind GW-Flurabstände von > 20 Meter zu erwarten.

Das potenzielle Risiko einer Bodenverflüssigung ist für den betreffenden Standort als nicht ausgeprägt zu bewerten. Die Geotechnisches Büro Prof. Düllmann GmbH hat für den unmittelbar nördlich angrenzenden Windpark W 216 die Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung durchgeführt [13]. Demnach wurden hier überwiegend schluffige Sandgemische verkippt, deren bindige Anteile in weiten Grenzen von i.M. 10 % bis > 50 % variieren können. Durch die recht hohen bindigen Anteile wird eine Bodenverflüssigung infolge Erdbebeneinwirkung deutlich weniger begünstigt. Auch die langfristig zu erwartenden hohen Grundwasserflurabstände sprechen gegen das Auftreten von Bodenverflüssigung.

7.5. Berücksichtigung der Lage der Tagebauböschungen

Die Lage der vorhandenen Tagebauböschungen in Bezug auf die Position der einzelnen Windenergieanlagen des geplanten Windparks wird im Rahmen der weiteren Projektplanung insbe-



sondere für die westliche Teilfläche berücksichtigt. Grundlage hierfür bilden die durch die RWE Power AG bereitgestellten Unterlagen und Informationen bezüglich der Kippenmächtigkeit, Aufbau und Lage der betreffenden Kippenscheiben, deren Alter und das bis zum Zeitpunkt der Bebauung bereits eingestellte Maß der Kippeneigenschaften.

8. Geotechnische Erkundung

Die geotechnische Erkundung und die konkrete Bewertung des Standortes für den geplanten Windpark sind unter Berücksichtigung der Anforderungen resultierend aus der Einstufung in die geotechnische Kategorie GK 3 durchzuführen. Hierbei ist den besonderen Randbedingungen des Kippenstandortes, dem zu erwartenden Grundwasserwiederanstieg innerhalb des Betriebszeitraums der Windenergieanlagen und den Anforderungen zur Gewährleistung der Lagesicherheit der Anlagen ausreichend Rechnung zu tragen.

Das durchzuführende Erkundungskonzept muss entsprechend den o.g. Anforderungen (GK3) direkte Aufschlussbohrungen und bodenmechanische Laboruntersuchungen enthalten. Für die Erkundung von Kippenstandorten haben sich zudem indirekte Aufschlussverfahren in der Form von Drucksondierungen bewährt.

9. Gründungskonzept

Für den geplanten Windpark ist auf der Grundlage der konkreten geotechnischen Erkundung des Projektgebietes ein Gründungskonzept für die Windenergieanlagen zu erarbeiten, welches die vorangehend beschriebenen charakteristischen Eigenschaften von Kippenstandorten und die damit verbundenen besonderen geotechnischen Aspekte hinreichend berücksichtigt und somit die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit der Windenergieanlagen für die vorgesehene Betriebsdauer gewährleistet.

In der Vergangenheit hat sich beim Bau von Windenergieanlagen auf Tagebaukippen das Gründungskonzept „Polsterschicht auf einer Rüttelstopfverdichtung“ bewährt. Hierbei wird durch die Rüttelstopfverdichtung eine Vergleichmäßigung des Verformungsverhaltens der Kippenböden erzielt. Der Boden wird verdichtet und im Bereich der Lasteinleitung weniger setzungsempfindlich. Infolge der höheren Dichte werden zudem mögliche Setzungen infolge des Grundwasserwiederanstiegs reduziert und die Sicherheit gegenüber einer Bodenverflüssigung erhöht. Durch eine



entsprechend gewählte Mächtigkeit der Polsterschicht und ggf. dem Einbau von Geogittern wird darüber hinaus eine gleichmäßige Einleitung der Bauwerkslasten gewährleistet und mögliche kleinräumige Differenzsetzungen vermindert.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei dem beschriebenen Gründungskonzept im Grundsatz um eine sog. *schwimmende* Gründung handelt. Bedingt durch die große Kippenmächtigkeit (ca. 140 m bis 160 m) kann eine Tiefgründung bis in den gewachsenen Boden nicht realisiert werden. Es ist deshalb möglich bzw. auf der Grundlage von Erfahrungswerten auch wahrscheinlich, dass das Bauwerk und der darunter befindliche, mittels Stopfpfählen vergütete Baugrund Restsetzungen der z.T. noch jungen (mindestens 11 Jahre alten) Kippe ausgesetzt werden, die u.U. zu einer Schiefstellung der Turmbauwerke führen können. Um solchen nicht auszuschließenden Effekten frühzeitig begegnen und die Einhaltung der zulässigen Schiefstellungen der Windkraftanlagen kontrollieren zu können, ist ergänzend zum Monitoring der Kippeneigensetzungen (vgl. Abschnitt 7.2) ein geodätisches Messkonzept zur Erfassung der Setzungen der einzelnen Windenergieanlagen vorzusehen. Die Messpunkte an den Windenergieanlagen sollten so angebracht werden, dass eine mögliche Schiefstellung der Türme in Größe und Richtung erfasst werden kann.

10. Vergleichbare Referenzprojekte

Die Windparks *Jüchen* und *Königshovener Höhe* wurden unter vergleichbaren Bedingungen wie der geplante Windpark Bedburg - Nord ebenfalls auf Tagebaukippen realisiert. Sie befinden sich in direkter Nähe zu dem hier zu bewertenden Projektgebiet und wurden mit dem in Abschnitt 9 beschriebenen Konzept (Polsterschicht auf einer Rüttelstopfverdichtung) gegründet. Auch bei diesen Projekten wurde ein messtechnisches Monitoring zur Erfassung der Kippeneigensetzungen und der Setzungen der einzelnen Windenergieanlagen wie vorangehend beschrieben durchgeführt.

Die Bebauung der Tagebaukippe am Standort des Windparks Jüchen (4 Windenergieanlagen) erfolgte mehrheitlich nach einer Liegezeit von ca. 10 Jahren, bei einer dieser Anlagen bereits nach ca. 9 Jahren.

Die bei den o.g. Referenzprojekten gesammelten Erfahrungen belegen, dass Windenergieanlagen auf Tagebaukippen mit Konzepten, die an die besonderen Randbedingungen dieser Standorte angepasst sind, erfolgreich realisiert werden können. Die Auswertungen der Ergebnisse des



durchgeführten Monitorings in der Betriebsphase der o.g. Windparks ergeben Setzungs- bzw. Schiefstellungsbeträge in den zu erwartenden Bandbreiten. Die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit der Windenergieanlagen sind hier uneingeschränkt gewährleistet.

11. Zusammenfassung

Bei der Planung, dem Bau und Betrieb eines Windparks auf einer Tagebaukippe sind die charakteristischen Eigenschaften der jeweiligen Kippenstandorte und die damit verbundenen besonderen geotechnischen Aspekte hinreichend zu berücksichtigen. Diese resultieren aus uneinheitlichen Eigenschaften von Kippenböden und deren Setzungspotenzial. Die Aspekte aus den vorangehend beschriebenen geotechnischen Randbedingungen können im Rahmen der gutachterlichen Standortbewertung, der Anlagenplanung, der Bauausführung und dem Monitoring der Windenergieanlagen während der Betriebsphase berücksichtigt werden.

Die maßgeblich zu berücksichtigenden geotechnischen Randbedingungen an Kippenstandorten wurden im Rahmen dieses Berichtes beschrieben und entsprechende Handlungsempfehlungen gegeben. Auf der Grundlage des vorliegenden Kenntnisstandes und von Erfahrungswerten an vergleichbaren Kippenstandorten ist das Projektgebiet Bedburg - Nord unter Berücksichtigung der o.g. Randbedingungen als grundsätzlich mit Windenergieanlagen bebaubar zu bewerten.

Es kann derzeit als unverbindlicher Richtwert von einer Bebaubarkeit des betreffenden Standortes nach einer Liegezeit der Kippe von mindestens 10 Jahren ausgegangen werden. Dies entspricht in Abhängigkeit von der Lage des jeweiligen Teilgebietes einem Zeitpunkt der frühesten Bebaubarkeit von 2013 bis ca. 2019. Somit ist die Bebauung zum jetzigen Zeitpunkt bereits möglich. Auf der Basis der Auswertung des Monitorings der Kippeneigenschaften und der entsprechenden Kalibrierung des Berechnungsmodells sollte eine kontinuierliche Aktualisierung bzw. Anpassung der Bewertung erfolgen.

Es wird empfohlen, einen geotechnischen Sachverständigen frühzeitig in die Konzeption des messtechnischen Monitorings der Kippeneigenschaften und der einzelnen Windenergieanlagen einzubinden.


Dr.-Ing. M. Nendza