

## GGU-Fallbeispiel

## Vorerkundung des Untergrundes von Windenergieanlagen

Seite 1 von 2

**Aufgabe**

Aufgrund der Bauwerksgröße und -form sowie der dynamischen Belastung werden große Ansprüche an die Fundamentierung von Windenergieanlagen (WEA) gestellt. D.h., bei der Auswahl von Standorten muss auch der geotechnische Zustand des Untergrundes mit einbezogen werden. Daneben ist auch die hydrogeologische Situation des Standortes bedeutsam. In einer ersten technischen Erkundung des Untergrundes kann die Geophysik Informationen für eine Standortbewertung liefern. Hier wird eine schematische Erkundungsweise mittels Widerstandsgeoelektrik vorgestellt, bei der infrage kommende Standorte ohne großen Aufwand untereinander verglichen werden können. So können bereits vor konkreten Standortentscheidungen Baugrundrisiken und -besonderheiten wie z.B. Homogenität und Inhomogenität des Untergrundes, Schichtung, geologische Störungen, Karst, dichtende Schichten, Altbergbau usw. eingeschätzt werden.

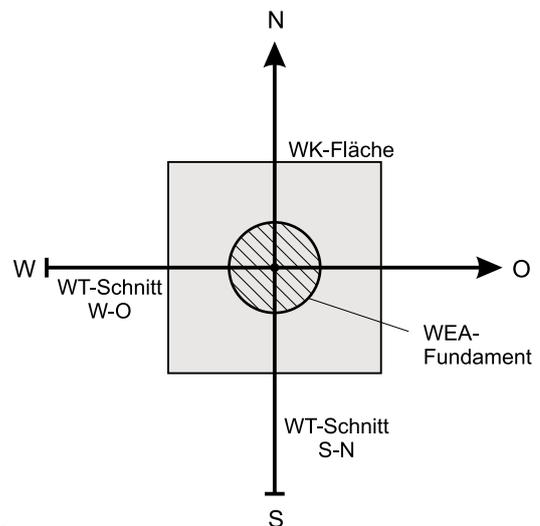
**Messprogramm:**

- flächige Widerstandskartierung (WK)
- linienhafte 2D-Widerstandstomografie (WT)

**Vorgehensweise**

Die geophysikalische Vorerkundung eines Standortes besteht aus zwei Teilen. Beim ersten Teil wird das vorgegebene Messgebiet (WK-Fläche) mit gleichbleibendem Messraster und konstanten Messeinstellungen flächig erkundet. Das Messergebnis besteht aus einer Karte des sogenannten scheinbaren spezifischen elektr. Widerstandes. Die Widerstandswerte sind jeweils Mittelwerte (genauer: Integrale) von der Oberfläche bis zu einer vorgegebenen Tiefe. Innerhalb der Wirktiefe erlaubt die Karte die Beurteilung der lateralen Verhältnisse im Untergrund. Beim zweiten linienhaften Teil werden mindestens zwei Messlinien festgelegt (WT-Schnitte). Dies können beispielsweise zwei sich rechtwinklig im Zentrum der WEA kreuzende Linien sein. Hierdurch wird der zentrale Bereich dichter erkundet und das Einfallen von Bodenschichten kann gut festgestellt werden. Als Ergebnis erhält man Widerstandstomogramme. Dies sind Tiefenschnitte auf Basis der Materialeigenschaft spezifischer elektr. Widerstand entlang der Messlinien. Hierdurch können auch die Lagerungsverhältnisse des Untergrundes beurteilt werden. Die Erkundungstiefe richtet sich nach den Notwendigkeiten am Standort, wobei allerdings das mit der Tiefe abnehmende Auflösungsvermögen der Geoelektrik und der steigende Aufwand für größere Tiefen (zunehmende Messlängen) zu berücksichtigen ist.

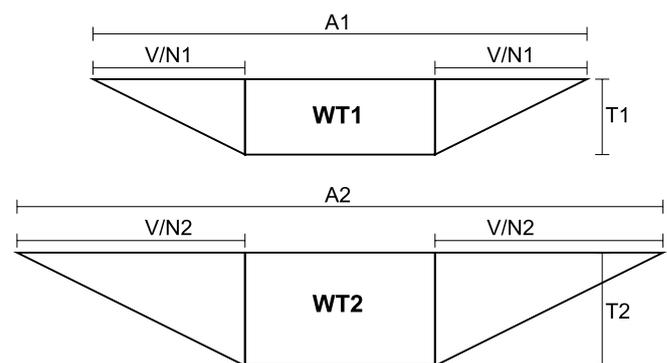
Die Abb. 1 zeigt das Schema der beiden Erkundungsteile WK und WT. Die Abb. 2 verdeutlicht die Auslagenanforderungen der WT bei unterschiedlicher Tiefeneinstellung (Auslagenvorlauf und -nachlauf  $V/N$ ).

**Abb. 1**

Schema der geoelektrischen Standortvorerkundung.

WK-Fläche: Fläche der Widerstandskartierung mit konstanter Wirktiefe

WT-Schnitt: Messlinien der beiden widerstandstomografischen Schnitte in S-N- und W-O-Richtung. Die Orientierung und die Tiefenreichweite der WT werden gemäß den Vorkenntnissen, der genauen Fragestellung und den örtlichen Bedingungen festgelegt.

**Abb. 2**

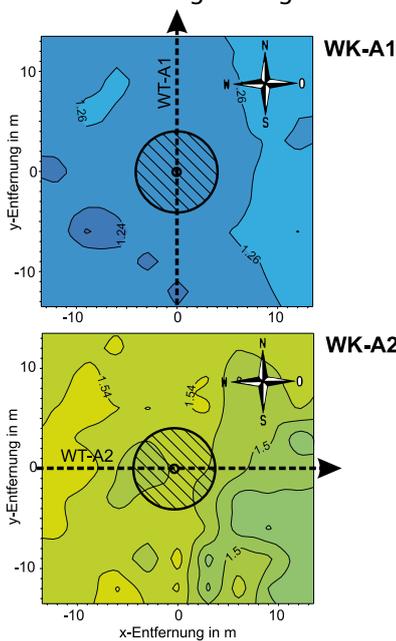
Auslagenanforderung der 2D-Widerstandstomografie WT bei kleiner und großer Eindringtiefe.

Entlang der Messlinie befindet sich die WT-Elektrodenauslage A. Die gewünschte Eindringtiefe T wird durch entsprechend große Elektrodenabstände bzw. Messauslagen verwirklicht. Im Vor- und Nachlauf  $V/N$  nimmt die Eindringtiefe T zur Auslagenmitte hin auf den Maximalwert zu. Je größer die erwünschte Eindringtiefe desto größer ist der notwendige Vor- und Nachlauf (Anhaltspunkt:  $V/N \sim 2T$ ). Die maximale Eindringtiefe sollte etwa um etwa 1/4 bis 1/3 tiefer als die zu erkundenden Strukturen reichen, damit diese zuverlässig erkannt werden.

## Vorerkundung des Untergrundes von Windenergieanlagen

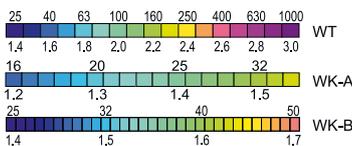
### Ergebnisse Windpark A

Die **Abb. A** zeigen die Messergebnisse an den zwei Standorten A1 und A2 eines geplanten Windparks. Mit WK sind die Widerstandskartierungen bezeichnet. Ihre Wirktiefe reicht bis 5 m; dies ist in den Widerstandstomogrammen WT durch eine weiße Linie gekennzeichnet. In den WK sind die Richtungen der WT mit einem Pfeil markiert. Wegen der identischen Darstellung können die beiden Standorte direkt miteinander verglichen werden. Es ist jeweils ein 2-Schichtenfall zu sehen: Der hochohmige Fels (magenta) wird durch eine niederohmige bindige Deckschicht (blau) überlagert.



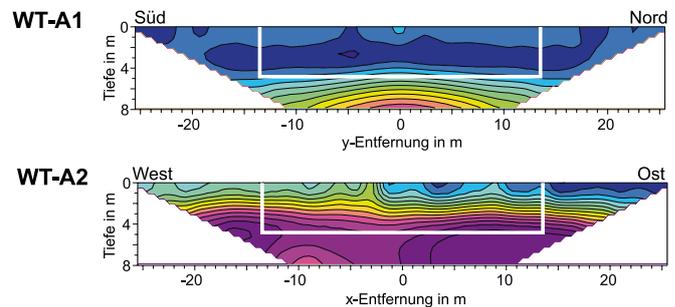
**Abb. A (oben)**  
Windpark A  
Kartierung WK  
Tomogramme WT

spez. Widerstand in Ohm\*m und log Ohm\*m



**Abb. B (unten)**  
Windpark B  
Kartierung WK  
Tomogramme WT

Im Falle von Standort A1 ist eine weitgehend einheitliche Deckschichtmächtigkeit von ca. 5 m vorhanden (blau). Der liegende Fels ist für Fels vergleichsweise niederohmig (grün bis gelb) und damit deutlich von der Verwitterung betroffen aber ansonsten gleichförmig. Bei Standort A2 beträgt die Deckschichtmächtigkeit nur ca. 2 bis 3 m. Die Deckschicht ist weniger bindig als bei A1. Der liegende Fels erscheint sehr hochohmig (magenta) und deshalb weniger verwittert. Sowohl Deckschicht als auch Fels sind deutlich heterogener als bei Standort A1.



### Ergebnisse Windpark B

Die **Abb. B** zeigen zwei Standorte in einem ehemaligen Bergbauegebiet. Es war sowohl mit flachen Abbaustellen als auch mit Hochbrüchen durch tiefer liegende Stollen zu rechnen. Die Erkundungstiefe wurde bei der WT auf 30 m festgelegt, um tiefere Schichten erfassen zu können. In der WK des Standortes B1 ist in West-Ost-Richtung ein Trend erkennbar. Die WT zeigt, dass es sich um Schichteneinfällen von hochohmigem Fels handelt. Damit verbunden variiert die Deckschichtmächtigkeit. Die Untergrundverhältnisse sind einheitlich. Anders sieht dies am Standort B2 aus. Bereits die WK zeigt starke laterale Inhomogenitäten, die auch in der WT nachvollziehbar sind. Tiefgründig treten weiterhin erhebliche Ungleichförmigkeiten auf, welche Ziel direkter Erkundungsverfahren sein sollten.

