

Meßbericht
der geophysikalischen Baugrundvorerkundung
an sechs Standorten
für Windkraftanlagen (WKA)
bei Differdingen, Luxemburg

Untersuchungsdatum: 5.11. bis 9.11.2012

Auftraggeber: Solarpower S.A., Grevenmacher, LU

GGU-Projekt Nr.: 12-189-DI

Leitung: B. Illich, Bearbeitung: L. Dilger



Inhalt:

1. Allgemeines

2. Die Meßverfahren

3. Die Untersuchung

4. Ergebnisse

4.1 Vorbemerkungen

4.2 Bewertungsschema

4.3 Ergebnisse nach Standorten

4.4 Zusammenfassung

5. Abbildungen

zwei Lagepläne und Ergebnisabbildungen für sechs Standorte (12 Abbildungen)

189-L-1 Lageplan der Standorte WKA 1, WKA 2 u. WKA 3, M 1:5.000

189-L-2 Lageplan der Standorte WKA 4, WKA 5 u. WKA 6, M 1:5.000

Standort WKA 1
189-EMK-1 elektromagnetische Kartierung des scheinb. spez. el. Widerstandes, M 1:250
189-WT-E-1 Widerstandstomografie Nord-Süd-Profil 1-1 u. West-Ost-Profil 1-2, M 1:750

Standort WKA 2
189-EMK-2 elektromagnetische Kartierung des scheinb. spez. el. Widerstandes, M 1:250
189-WT-E-2 Widerstandstomografie Nord-Süd-Profil 2-1 u. West-Ost-Profil 2-2, M 1:750

Standort WKA 3
189-EMK-3 elektromagnetische Kartierung des scheinb. spez. el. Widerstandes, M 1:250
189-WT-E-3 Widerstandstomografie Nord-Süd-Profil 3-1 u. West-Ost-Profil 3-2, M 1:750

Standort WKA 4
189-EMK-4 elektromagnetische Kartierung des scheinb. spez. el. Widerstandes, M 1:250
189-WT-E-4 Widerstandstomografie Nord-Süd-Profil 4-1 u. West-Ost-Profil 4-2, M 1:750

Standort WKA 5
189-EMK-5 elektromagnetische Kartierung des scheinb. spez. el. Widerstandes, M 1:250
189-WT-E-5 Widerstandstomografie Nord-Süd-Profil 5-1 u. West-Ost-Profil 5-2, M 1:750

Standort WKA 6
189-EMK-6 elektromagnetische Kartierung des scheinb. spez. el. Widerstandes, M 1:250
189-WT-E-6 Widerstandstomografie Nord-Süd-Profil 6-1 u. West-Ost-Profil 6-2, M 1:750

6. Anlagen

Informationsblätter zur Widerstandsgeoelektrik und Elektromagnetik

1. Allgemeines

Meßort, Datum: südwestlich der Stadt Differdingen, Luxemburg

5.11.2012 bis 9.11.2012

Auftraggeber: Solarpower S.A., Grevenmacher, Luxemburg.

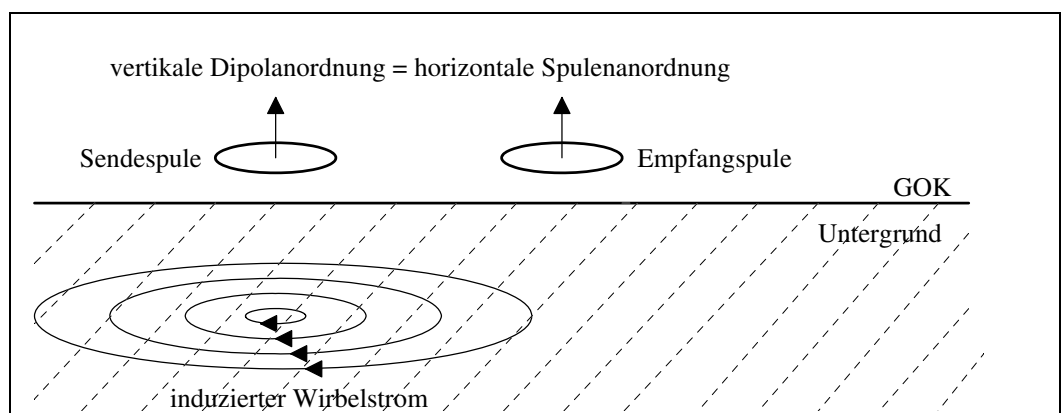
Ziel: Aufgabe ist die Vorerkundung des Untergrundes an sechs geplanten Standorten von Windkraftanlagen (WKA) auf Hohlräume bzw. Auflockerungszonen, die im Zusammenhang mit dem Bergbau um Differdingen stehen könnten.

2. Die Meßverfahren

Meßverfahren 1: Elektromagnetik

Verfahrensbeschreibung: Das verwendete aktive elektromagnetische Zweispulen-System arbeitet im Frequenzbereich. Von der Sendespule wird ein primäres Magnetfeld erzeugt, wodurch im Untergrund Wirbelströme induziert werden. Diese wiederum erzeugen ein sekundäres Magnetfeld. In der Empfangspule wird sowohl durch das primäre wie auch durch das sekundäre Magnetfeld ein Strom induziert. Dieser wird gemessen. Auf elektronischem Wege wird der Anteil des primären Magnetfeldes eliminiert, sodaß der Einfluß des interessierenden sekundären Magnetfeldes übrig bleibt. Der induzierte Stromanteil durch das sekundäre Magnetfeld ist im Meßbereich der elektrischen Bodenleitfähigkeit direkt proportional. Das sekundäre Magnetfeld ist stark bei hoher Bodenleitfähigkeit und schwach bei niedriger Leitfähigkeit.

Bei der Widerstands- oder Leitfähigkeitskartierung wird die gewünschte Eindringtiefe ausgewählt und die Meßwerte mit konstantem Abstand der Spulen vom Untergrund aufgenommen. Das Untersuchungsgebiet wird entlang von Profillinien in einem vorgegebenen Meßpunktabstand abgetastet. Die dabei aufgenommenen Meßwerte werden als Werte der scheinbaren spezifischen elektrischen Leitfähigkeit (oder Kehrwert: scheinbarer spezifischer elektrischer Widerstand) grafisch (z.B. Isolinienbild) dargestellt.

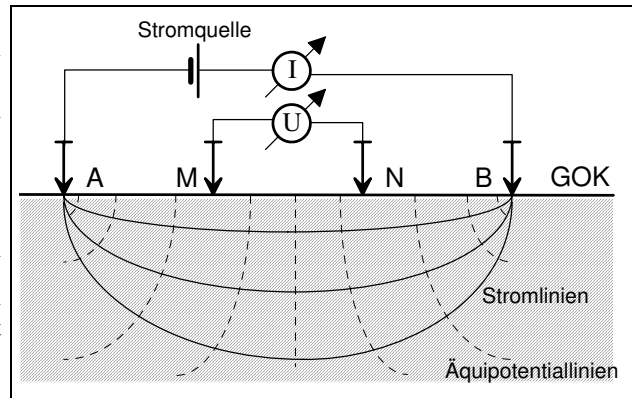


Tiefenangaben: Die Eindringtiefenangabe (Tiefenbereich) besagt, daß die Wirkung des Untergrundes bis in etwa dieser Tiefe erfaßt wird. Die tatsächliche Eindringtiefe hängt neben der verwendeten Anordnung (horizontal oder vertikal) sehr stark von den Schichtenmächtigkeiten und deren

spezifischen Widerständen ab. Beispielsweise wird bei einer hochohmigen Deckschicht der Strom in die niederohmige liegende Schicht geleitet, wodurch die Eindringtiefe steigt. Umgekehrt bewirkt eine niederohmige Deckschicht, daß der Strom nur wenig in eine liegende hochohmige Schicht eindringt.

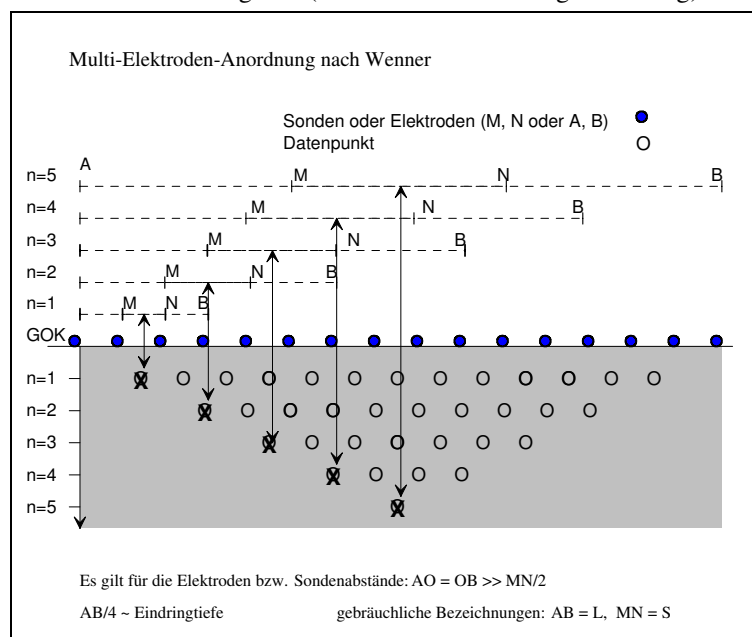
Meßverfahren 2: Widerstandsgoelektrik

Verfahrensbeschreibung: Bei der Widerstandsgoelektrik wird dem Untergrund über zwei Elektroden A und B ein Gleichstrom I_{AB} zugeführt. Im stationären Fall stellt sich ein der Widerstandsverteilung des Untergrundes entsprechendes zeitunabhängiges elektrisches Potential ein. Zwischen zwei Sonden M und N wird die Potentialdifferenz U_{MN} an der Erdoberfläche gemessen. Mit I_{AB} , U_{MN} und der Elektroden-Sonden-Konfiguration wird der scheinbare spezifische elektrische Widerstand ρ_s berechnet. Mit dem Abstand der Elektroden und Sonden läßt sich die Eindringtiefe des Verfahrens auf das gewünschte Maß einstellen. Innerhalb der Eindringtiefe wird die Gesamtwirkung aller Schichten erfaßt.



2-D Tomografie (Sondierungskartierung): Dieses Verfahren stellt eine Kombination aus Widerstandskartierung und -sondierung dar. Über spezielle Multielektrodenkabel werden entlang eines Profiles mehrere Widerstandskartierungen für wachsende Elektrodenabstände und damit Eindringtiefen durchgeführt. Man erhält den scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstand ρ_s in Abhängigkeit vom Profilort (= Kartierung) und Eindringtiefe (= Sondierung). Durch spezielle Inversionsverfahren (smooth inversion) läßt sich daraus ein Tiefenschnitt des spezifischen Widerstandes berechnen. Dieses wird als Isolinienbild dargestellt.

Meßanordnung: 2-D Widerstandstomografie (Widerstandssondierungskartierung):



Tiefenangaben: Die Eindringtiefeangabe besagt, daß die Wirkung des Untergrundes bis in etwa dieser Tiefe erfaßt wird. Eine grobe erste Näherung für die Eindringtiefe ist etwa 1/3 der Auslagelänge. Die tatsächliche Eindringtiefe hängt neben der verwendeten Anordnung sehr stark von den Schichtenmächtigkeiten und deren spezifischen Widerständen ab. Beispielsweise wird bei einer hochohmigen Deckschicht der Strom in die niederohmige liegende Schicht geleitet, wodurch die Eindringtiefe steigt. Umgekehrt bewirkt eine niederohmige Deckschicht, daß der Strom nur wenig in eine liegende hochohmige Schicht eindringt und die Auslagelänge vergrößert werden muß, um die notwendige Eindringtiefe zu erreichen.

Bei den Tiefenangaben der Widerstandssondierung und der Sondierungskartierung werden diese Gegebenheiten berücksichtigt und das berechnete Modell gibt sowohl Schichttiefen als auch die elektrischen Materialeigenschaften (spezifischen Widerstände) an.

Die Berechnungsverfahren bei der Sondierungskartierung berücksichtigen auch laterale Variationen des spezifischen Widerstandes. Diskrete (Schicht-)grenzen werden dafür verwischt (smooth imaging).

Interpretation: Bei den Verfahren der Geophysik und der zerstörungsfreien Prüfung handelt es sich um indirekte Verfahren. Dies bedeutet, daß die erwünschte Aussage i.a. nicht direkt (z.B. durch eine Bohrung oder Probenahme), sondern indirekt durch Interpretation von physikalischen Meßwerten (Größe, Verlauf) erhalten werden. Eine Interpretation kann naturgemäß nur eine beschränkte Sicherheit bieten. Sie wird z.B. von folgenden Faktoren beeinflusst: Untersuchungsprogramm, Meßbedingungen und Datenqualität, Vorkenntnisse und Erfahrung. Unter Umständen kann es auch verschiedene Interpretationsmöglichkeiten geben.

Tabelle 1: Spezifische elektrische Widerstände für Sedimente, Ablagerungen, Festgesteine und Wässer.

Material	Wertebereich (Ohmmeter)		Material	Wertebereich (Ohmmeter)	
	Minimum	Maximum		Minimum	Maximum
Kies	50 (wassergesättigt)	>10 ⁴ (trocken)	Haus- u. Industriemüll	< 1	>1000 (Plastik)
Sand	50 (wassergesättigt)	>10 ⁴ (trocken)	Sandstein	< 50 (klüftig,feucht)	>10 ⁵ (kompakt)
Schluff	20	50	Kalkstein	100 (klüftig,feucht)	>10 ⁵ (kompakt)
Geschiebemergel	30	70	Tonschiefer	50 (klüftig,feucht)	>10 ⁵ (kompakt)
Lößlehm	30	100	Magmatite, Metamorphite	150 (verwittert,feucht)	>10 ⁶ (kompakt)
Lehm (als Ziegel)	500	5000	Schwarzschiefer	<1	50
Ton (erdfeucht)	3	30	Steinsalz	30 (feucht)	>10 ⁶ (trocken)
Ton (trocken)		>1000	Destilliertes Wasser		>10 ³
Torf, Humus, Schlick	15	25	Schneefirn		>10 ⁵
Mudde, Faulschlamm	10	40	Natürliche Wässer	10	300
Moorböden	10	150	Meerwasser (35‰ NaCl)	0,25	
Braunkohle	10	150	Salzlaugen	<0,1	
Steinkohle	100	10 ⁶			
Erdöl	10 ⁹	10 ¹²			
Ölsand (trocken)	10 ⁴	10 ¹⁵			

3. Die Untersuchung

Vorgehensweise:

Bei einem Termin am 11.10.2012 im Gemeindehaus der Stadt Differdingen wurde die Baugrundproblematik an den geplanten 6 Standorten von Windkraftanlagen (WKA) besprochen. Aufgrund dessen wurde von der GGU ein geoelektrisches Meßkonzept aufgestellt, welches dann unverändert beauftragt und durchgeführt wurde. Das Meßkonzept beinhaltet pro Standort eine flächige Widerstandskartierung sowie je zwei sich kreuzende Meßlinien mit der 2D-Widerstandstomografie.

Die Standorte wurden am ersten Messtag am 5.11.2012 gemeinsam mit dem Auftraggeber, vertreten durch Herrn Hein von Solarpower und Herrn Beni von der Stadt Differdingen begangen. Mittels GPS wurden auftraggeberseitig die Mittelpunkte der Standorte eingemessen und mit einem Pflock gekennzeichnet. Die geophysikalischen Untersuchungen wurden entsprechend unserem Messkonzept durchgeführt. Die sechs geplanten Standorte für Windkraftanlagen werden im folgenden als WKA 1 bis WKA 6 bezeichnet.

örtliche Verhältnisse und Lage:

Die WKA-Standorte liegen auf dem Höhenzug im Südwesten der Stadt Differdingen. Dieser ist infolge der Bergbautätigkeiten rund um Differdingen von Stollen, sog. Galerien, in etwa 80 m bis 100 m Tiefe unter Geländeoberkante durchzogen. Das Gelände ist im bewaldeten Bereich lokal geprägt von Abrutschungen und Hochbrüchen, wo die Oberfläche durch untergründige Auflockerungen aufreißt und nachrutscht. Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen wurden auftretende Hochbrüche durch die landwirtschaftliche Tätigkeit verschoben, sodass auf den Feldern lokale Senken und Hochlagen entstanden sind.

WKA 1, WKA 2 und WKA 3 befinden sich eher südlich der Stadt in der Nähe des Bauernhofs Vesquenhaff (siehe Abb. **L-1**).

Die Standorte WKA 4, WKA 5 und WKA 6 befinden sich eher westlich der Stadt zwischen Lasauvage und Niedercorn (siehe Abb. **L-2**).

Alle sechs Standorte befanden sich auf landwirtschaftlich genutzten Feldern, die zum Zeitpunkt der Untersuchungen sehr gut zugänglich waren. Das geoelektrische Profil 2-1 am Standort WKA 2 kreuzte am südlichen Ende einen Asphaltweg. Das Profil 3-1 am Standort WKA 3 musste aufgrund der abrupt abfallenden Topografie am südlichen Ende etwas gekürzt werden. Die Profile 5-1 an WKA 5 und 6-1 an WKA 6 mussten aufgrund von angrenzenden Strassen etwas kürzer gehalten werden. Hier

wurde die maximale Eindringtiefe von 30 m erreicht, jedoch nicht über eine Ausdehnung von 20 m.

Die Ackeroberfläche bot den Elektroden gute Ankopplungsbedingungen. Die Witterungsbedingungen waren konstant trocken.

Koordinatensystem:

An jedem Standort wurde ein rechtwinkliges nach den Himmelsrichtungen ausgerichtetes Koordinatensystem festgelegt (siehe Abb. **L-1** und **L-2**):

0-Punkt befindet sich am vorgegebenen Pflock im Zentrum der WKA

x-Achse zeigt von Westen nach Osten

y-Achse zeigt von Süden nach Norden

Die Lage der elektromagnetischen Untersuchungsflächen und geoelektrischen Profile ist in den Lageplänen und Ergebnisabbildungen gekennzeichnet.

Eine topografische Korrektur bei der Datenverarbeitung und Inversionsrechnung der Widerstandstomografie war angesichts der einigermaßen konstanten Höhenlage entlang der Profile nicht notwendig.

Elektromagnetik

Messung: Messfrequenz: 9,76 kHz
Dipolabstand: 3,74 m
Anordnung: vertikale Dipole (horizontale Spulen)
Messhöhe: 0,9 m über GOK
Tiefenbereich: 0 m bis ca. 6 m
Messgröße: scheinbarer spez. el. Widerstand in Ωm
Apparatur: CM31, Hersteller: GF instruments

Messprogramm: Widerstands-Kartierung
Messraster: 3 m x 3 m
Messfeldgröße pro Standort: 31,5 m x 31,5 m = 992 m²
Gesamt gemessene Fläche: 6 Standorte à 992 m² = 5.952 m²

Auswertung: graphische Darstellung in Abbildungen EMK-1 bis EMK-6
Ansprache der Messergebnisse im Hinblick auf die Fragestellung

2D-Widerstandstomografie

Messgröße: Elektrodenstrom, Sondenspannung

Apparatur: ARES, Hersteller: GF instruments,

hochauflösende digitale Geoelektrikapparatur bis 700 V und 1,5 A

Messprogramm: 2D-Widerstandstomografie = Widerstandssondierungskartierung

Mehrfachmessungen mit verschiedenen Eindringtiefen nach Wenner-Schlumberger von $a = 3$ m bis 150 m, Elektrodenabstände: 3 m

pro Standort: zwei Messprofile zu je 171 m Länge

Profil 1: von Süd nach Nord

Profil 2: von West nach Ost

Profillängen nach Standort:

WKA	Profil	Länge [m]
1	1-1	171
	1-2	171
2	2-1	171
	2-2	171
3	3-1	156
	3-2	171
4	4-1	171
	4-2	171
5	5-1	159
	5-2	171
6	6-1	153
	6-2	171
Gesamt	12 Profile	2.007

Auswertung: Berechnung des scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstandes ρ_s .

Berechnung eines Widerstandstiefenmodelles $\rho(z,x)$ über eine Inversionsrechnung mit dem Inversionsprogramm RES2DINV von Geotomo Software (smooth inversion).

Graphische Darstellung als Widerstandstiefenschnitte mit optimierter Farbwahl und erneuter Darstellung durch Grafikprogramm in den Abb. WT-E-1 bis WT-E-6.

Ansprache der Messergebnisse im Hinblick auf die Fragestellung.

4. Ergebnisse

4.1 Vorbemerkungen

An sechs geplanten Standorten für Windkraftanlagen wurde eine Baugrundvoruntersuchung mittels flächiger Elektromagnetik und linienhafter 2D-Widerstandstomografie durchgeführt. Aufgrund des früheren Eisenerzabbaus über horizontale Stollensysteme etwa 80 m bis 100 m unterhalb der Untersuchungsflächen besteht der Verdacht auf Hochbrüche, Hohlräume bzw. Auflockerungszonen nahe der Oberfläche, die die Standortsicherheit gefährden könnten.

Die Messergebnisse sind in den beiliegenden Abbildungen, gegliedert nach Standort und Messverfahren zu finden. Im folgenden werden die Ergebnisse pro Standort stichwortartig und vergleichend angesprochen.

Die Ergebnisse der Elektromagnetik-Kartierung (EMK) sind in Form einer Widerstandskarte mit dem Standortzentrum (Pflock) in der Mitte dargestellt: Abbildungen **EMK-...**

Die Ergebnisse der Widerstandstomografie (WT) sind als Widerstandstiefenschnitte entlang der zwei sich orthogonal schneidenden Profile zu finden: Abbildungen **WT-...**

Seitens Herrn Beni, Stadt Differdingen, wurde der Kontakt zu Herrn Dr. Storoni hergestellt, der uns freundlicherweise seine Doktorthesis, sowie ein geologisches Querprofil durch das Differdinger Becken überlassen hat. Nach diesem Schnitt verläuft in der Nähe des Vesquenhaffs die Verwerfung von Godbringen, an der das nordwestliche Hangende gegenüber dem südöstlichen Liegenden abgerutscht ist. Demnach liegt an den Standorten WKA 1, WKA 2 und WKA 3 oberflächennah der Hohebrückner Kalk, während an den Standorten WKA 4, WKA 5 und WKA 6 oberflächennah die darüber liegende Schicht Other Kalkstein und Korallenkalk ansteht.

4.2 Bewertungsschema

Die Ergebnisse der Widerstandskartierung und 2D-Widerstandstomografie werden schematisch wie folgt bewertet:

Widerstandskarten EMK-...

Widerstandsverteilung: Gibt die Gleich- oder Ungleichmäßigkeit innerhalb der Meßfläche an. Homogenität ist ein Hinweis auf unkritische Verhältnisse innerhalb des Meßvolumens.

Wertebereich: Gibt die Bandbreite der gemessenen relevanten Werte an. Es handelt sich um integrale Werte von der Geländeoberkante bis zur Eindringtiefe des Verfahrens von ca. 6 m.

Bindige Materialien (Mutterboden, Verwitterungsprodukte wie Ton, Lehm) haben niedrige Werte (hier um 30 Ωm).

Fels (Kalkstein) hat je nach Verwitterungsgrad und Felsart mittlere bis sehr hohe Werte (hier um 300 Ωm).

laterale Variationen: geringe laterale Variationen bedeuten eine große Gleichmäßigkeit der Untergrundverhältnisse innerhalb der Messfläche und umgekehrt bei hohen Variationen sehr heterogene Verhältnisse. In den lateralen Variationen können auch Trends infolge Schichteinfällen vorhanden sein. Ebenso werden hier lokale Auffälligkeiten angesprochen.

Bewertung: Beurteilung des Standortes auf Basis der durchgeführten Widerstandskartierung hinsichtlich Auflockerungszonen, Hohlräumen und Hochbrüchen.

2D-Widerstandstomografie WT-...

Die 2D-Widerstandstomografie erreicht im relevanten Bereich der Standortfläche (Fläche der Widerstandskartierung) die maximale Eindringtiefe 30 m. Dieser Bereich wird angesprochen.

Die Tiefenschnitte zeigen eine Abfolge homogener Schichten. Es tritt entweder ein 2- oder 3-Schichten-Fall auf.

An den Standorten WKA 1, WKA 2 und WKA 3 im Südosten des Messgebietes tritt die Basis niederohmiger in Erscheinung, während nahe der Oberfläche höhere Widerstände auftreten.

An den anderen Standorten WKA 4, WKA 5 und WKA 6 im Nordwesten des Messgebietes verhält es sich genau andersherum: Die Basis zeigt höhere Widerstände und die oberflächennahen Schichten sind niederohmiger.

Es können qualitative Angaben über die Mächtigkeit und Aussagen bezüglich der lateralen Homogenität der Deckschicht, falls vorhanden, der Zwischenschicht und der Basis gemacht werden.

Verdacht auf Hohlräume, Auflockerungszonen, Spuren von Hochbrüchen

Es besteht die Fragestellung nach Hohlräumen, Auflockerungszonen und Spuren von Hochbrüchen nahe der Oberfläche. Es werden Auffälligkeiten innerhalb der fundamentelevanten Fläche (Fläche der Widerstandskartierung) angesprochen. Die Angaben außerhalb betreffen nur die unmittelbar angrenzenden Bereiche der beiden Meßprofile.

Auffälligkeiten sind insbesondere:

- erhöhte laterale Variationen in den Widerstandskarten (Abb. **EMK-...**)
- laterale Inhomogenitäten in den verschiedenen Schichten der 2D-Widerstandstomografie (Abb. **WT-...**)

In allen Fällen bis auf WKA 4 sind die Schichten in sich homogen. Laterale Inhomogenitäten, wie bei WKA 4, geben Hinweise auf mögliche Auflockerungszonen bzw. Hochbrüche.

4.3 Ergebnisse nach Standorten

4.3.1 WKA 1

Widerstandskarte EMK-1

Widerstandsverteilung:	homogen
Wertebereich:	44 - 50 Ω m
laterale Variationen:	sehr leichter Trend von niedrigeren zu höheren Werten von Nord nach Süd
Bewertung:	keine Auffälligkeiten, keine Anzeichen auf Auflockerungszonen, große Einheitlichkeit

2D-Widerstandstomografien WT-1

3-Schichten-Fall

Deckschicht:	Widerstände 50 Ω m bis 150 Ω m, nur im nordwestlichen Quadranten, letzte Ausläufer im Süden liegen im relevanten Bereich der WKA 1 Interpretation: vermutlich Other Kalkstein und Korallenkalk
Zwischenschicht:	Widerstände 150 Ω m bis 800 Ω m, nach Nordwesten leicht einfallend, an Oberfläche anstehend, bis auf nordwestlichen Quadranten (siehe Deckschicht), Interpretation: vermutlich Hohebrückner Kalk
Basis:	Widerstände 50 Ω m bis 150 Ω m, nach Nordwesten leicht einfallend, Interpretation: vermutlich Mergel mit Kalkbänken und Öttinger Kalkstein

Verdacht auf Hohlräume, Auflockerungszonen, Spuren von Hochbrüchen

innerhalb der Kartierungsfläche:	gering wegen homogener Verhältnisse. Allerdings: Schichtauskeilen im relevanten Bereich möglich
außerhalb der Kartierungsfläche:	mittel ; Profil 1-2: niederohmiger Bereich bei $x = 16$ m bis $x = 23$ m

4.3.2 WKA 2

Widerstandskarte EMK-2

Widerstandsverteilung:	sehr homogen
Wertebereich:	44 - 48 Ωm im ungestörten Bereich
laterale Variationen:	kaum laterale Variationen, zwei gestörte Bereiche durch In-Phase-Komponente der Messung als metallhaltige Störobjekte identifiziert.
Bewertung:	keine Anzeichen auf Auflockerungszonen, große Einheitlichkeit,

2D-Widerstandstomografien WT-2

2-Schichten-Fall

<u>Deckschicht:</u>	keine
<u>Zwischenschicht:</u>	Widerstände 160 Ωm bis 500 Ωm , sehr homogen Interpretation: vermutlich Hohebrückner Kalk
<u>Basis:</u>	Widerstände 50 Ωm bis 150 Ωm , sehr homogen Interpretation: vermutlich Mergel mit Kalkbänken und Öttinger Kalkstein

Verdacht auf Hohlräume, Auflockerungszonen, Spuren von Hochbrüchen

innerhalb der Kartierungsfläche: **sehr gering** wegen homogener Verhältnisse

außerhalb der Kartierungsfläche: **sehr gering**

Die beiden Stellen mit Metallindikation sollten überprüft werden!

4.3.3 WKA 3

Widerstandskarte EMK-3

Widerstandsverteilung:	homogen
Wertebereich:	32 - 34 Ωm
laterale Variationen:	sehr leichter Trend von niedrigeren zu höheren Werten von Südwest nach Nordost
Bewertung:	keine Auffälligkeiten, keine Anzeichen auf Auflockerungszonen, große Einheitlichkeit

2D-Widerstandstomografien WT-3

4-Schichten-Fall

Deckschicht:	Widerstände 120 Ωm bis 200 Ωm , nur im Nordosten Interpretation: vermutlich Hohebrückner Kalk
Zwischenschicht 1:	Widerstände 50 Ωm bis 150 Ωm , sehr homogen Interpretation: vermutlich Mergel mit Kalkbänken und Öttinger Kalkstein
Zwischenschicht 2:	Widerstände 20 Ωm bis 50 Ωm , homogen Interpretation: vermutlich Glimmermergel
Basis:	Widerstände 50 Ωm bis 100 Ωm , sehr homogen Interpretation: -

Verdacht auf Hohlräume, Auflockerungszonen, Spuren von Hochbrüchen

innerhalb der Kartierungsfläche:	gering wegen homogener Verhältnisse
außerhalb der Kartierungsfläche:	gering

4.3.4 WKA 4

Widerstandskarte EMK-4

Widerstandsverteilung:	heterogen
Wertebereich:	25 - 44 Ω m
laterale Variationen:	Trend von niedrigeren zu höheren Werten von Süd nach Nord Eine geringfügig gestörte Stelle (möglicherweise Metalleinfluß im Untergrund),
Bewertung:	Anzeichen auf Auflockerungszonen, Einheitlichkeit gering

2D-Widerstandstomografien WT-4

2-Schichten-Fall

Deckschicht:	Widerstände 16 Ω m bis 100 Ω m, heterogen, kleinräumige (~ 10 m) Wechsel zwischen höheren und niedrigen Widerständen Interpretation: vermutlich Other Kalkstein und Korallenkalk, möglicherweise Spuren von Hochbrüchen
Basis:	Widerstände 65 Ω m bis 500 Ω m, sehr heterogen, liegende Basis mit höherohmigen (bis 500 Ω m) Widerständen, großräumige Unterbrechungen: entlang der x-Achse: -50 m bis -10 m und 30 m bis 50 m. Entlang der y-Achse: -8 m bis 25 m und -10 m bis -40 m. Interpretation: vermutlich Hohebrückner Kalk, möglicherweise Hinweise auf durch Landwirtschaft wieder zugedeckte Hochbrüche, d.h. große Inhomogenitäten im Untergrund.

Verdacht auf Hohlräume, Auflockerungszonen, Spuren von Hochbrüchen

innerhalb der Kartierungsfläche:	hoch wegen heterogener Verhältnisse sowohl in der Deckschicht, als auch in der inhomogenen Basis.
außerhalb der Kartierungsfläche:	hoch wegen heterogener Verhältnisse in den von der Geoelektrik erfassten Bereichen.

4.3.5 WKA 5

Widerstandskarte EMK-5

Widerstandsverteilung:	mittel
Wertebereich:	28 - 36 Ω m
laterale Variationen:	leichter Trend von niedrigeren zu höheren Widerständen von West nach Ost.
Bewertung:	keine wesentlichen Anzeichen auf Auflockerungszonen, noch überwiegende Einheitlichkeit

2D-Widerstandstomografien WT-5

2-Schichten-Fall

Deckschicht:	Widerstände 20 bis 100 Ω m, leichte Inhomogenitäten Interpretation: vermutlich Other Kalkstein und Korallenkalk
Basis:	Widerstände 100 Ω m bis 600 Ω m, homogen Interpretation: vermutlich Hohebrückner Kalk

Verdacht auf Hohlräume, Auflockerungszonen, Spuren von Hochbrüchen

innerhalb der Kartierungsfläche:	mittel bis gering wegen leicht inhomogener Verhältnisse in der Deckschicht
außerhalb der Kartierungsfläche:	wie vor

4.3.6 WKA 6

Widerstandskarte EMK-6

Widerstandsverteilung:	sehr homogen
Wertebereich:	27 - 29 Ω m
laterale Variationen:	minimal
Bewertung:	keine Auffälligkeiten, keine Anzeichen auf Auflockerungszonen, große Einheitlichkeit

2D-Widerstandstomografien WT-6

2-Schichten-Fall

Deckschicht:	Widerstände 25 Ω m bis 100 Ω m, sehr homogen, am östlichen Ende treten leichte Inhomogenitäten nahe der Oberfläche auf. Interpretation: vermutlich Other Kalkstein und Korallenkalk
Basis:	Widerstände 100 Ω m bis 500 Ω m, homogen, im westlichen Teil entlang der x-Achse fällt eine muldenförmige, niederohmige Anomalie auf: -40 m bis -20 m. Interpretation: vermutlich Hohebrückner Kalk

Verdacht auf Hohlräume, Auflockerungszonen, Spuren von Hochbrüchen

innerhalb der Kartierungsfläche:	sehr gering wegen homogener Verhältnisse
außerhalb der Kartierungsfläche:	gering bis auf Bereich im Westen bei x: -40 m bis -20 m für Tiefen von 10 bis 20 m.

4.4 Zusammenfassung

An 6 Standorten von Windkraftanlagen wurden flächige und linienhafte geoelektrische Baugrundvorerkundungen durchgeführt.

Standorte mit sehr geringem und geringem Verdacht auf Hohlräume, Auflockerungszonen und Spuren von Hochbrüchen sind WKA 1, WKA 2, WKA 3 und WKA 6.

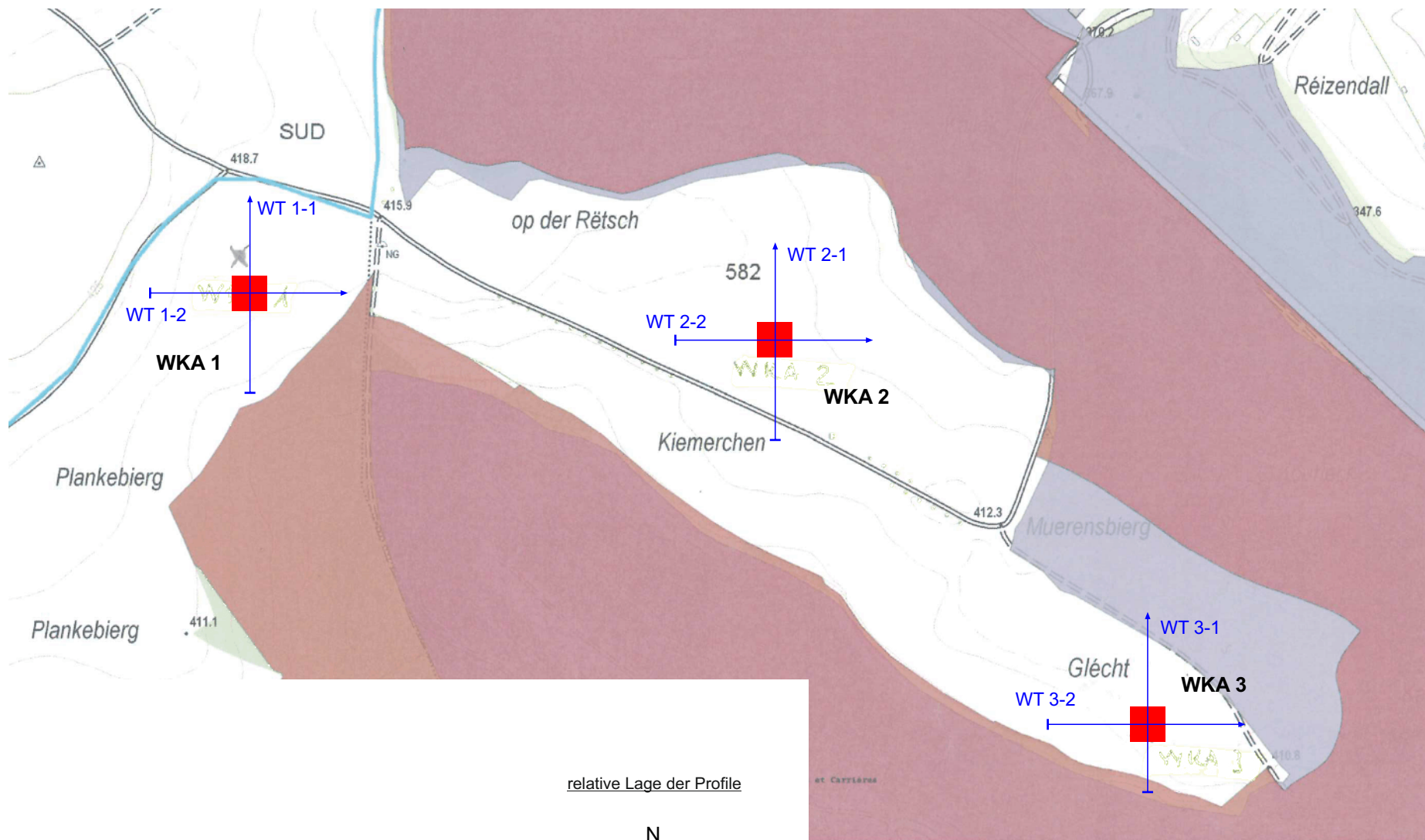
Ein mittlerer Verdacht liegt bei WKA 5 vor.

Bei WKA 4 ist ein hoher Verdacht vorhanden, weswegen dieser Standort aus Sicht des vorliegenden Erkundungsstandes als fraglich erscheint.

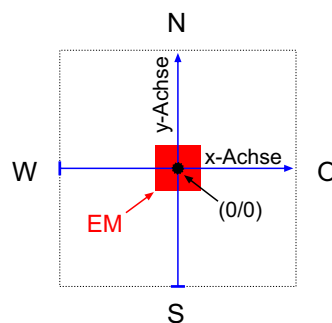
Karlsruhe, den 6.12.2012

Dipl.-Geophys. Bernhard Illich
(Projektleiter)

Dipl.-Geophys. Lukas Dilger
(Projektbearbeiter)

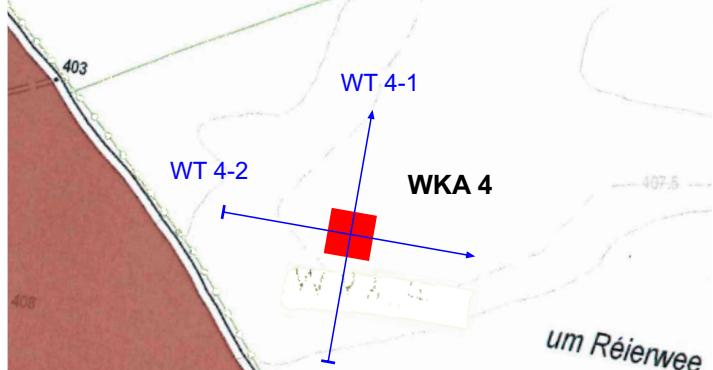


relative Lage der Profile

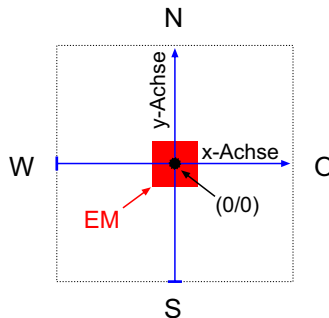


Maßstab 1:5000

GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb.: L-1 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg Geoelektrische 2D-Widerstandstomografie u. Elektromagnetik Lageplan der Standorte: WKA 1, WKA 2 und WKA 3	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher



relative Lage der Profile



Maßstab 1:5000

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: L-2
 Proj.: 12-189-DI

Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg
 Geoelektrische 2D-Widerstandstomografie u. Elektromagnetik
 Lageplan der Standorte: WKA 4, WKA 5 und WKA 6

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

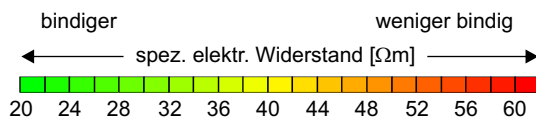
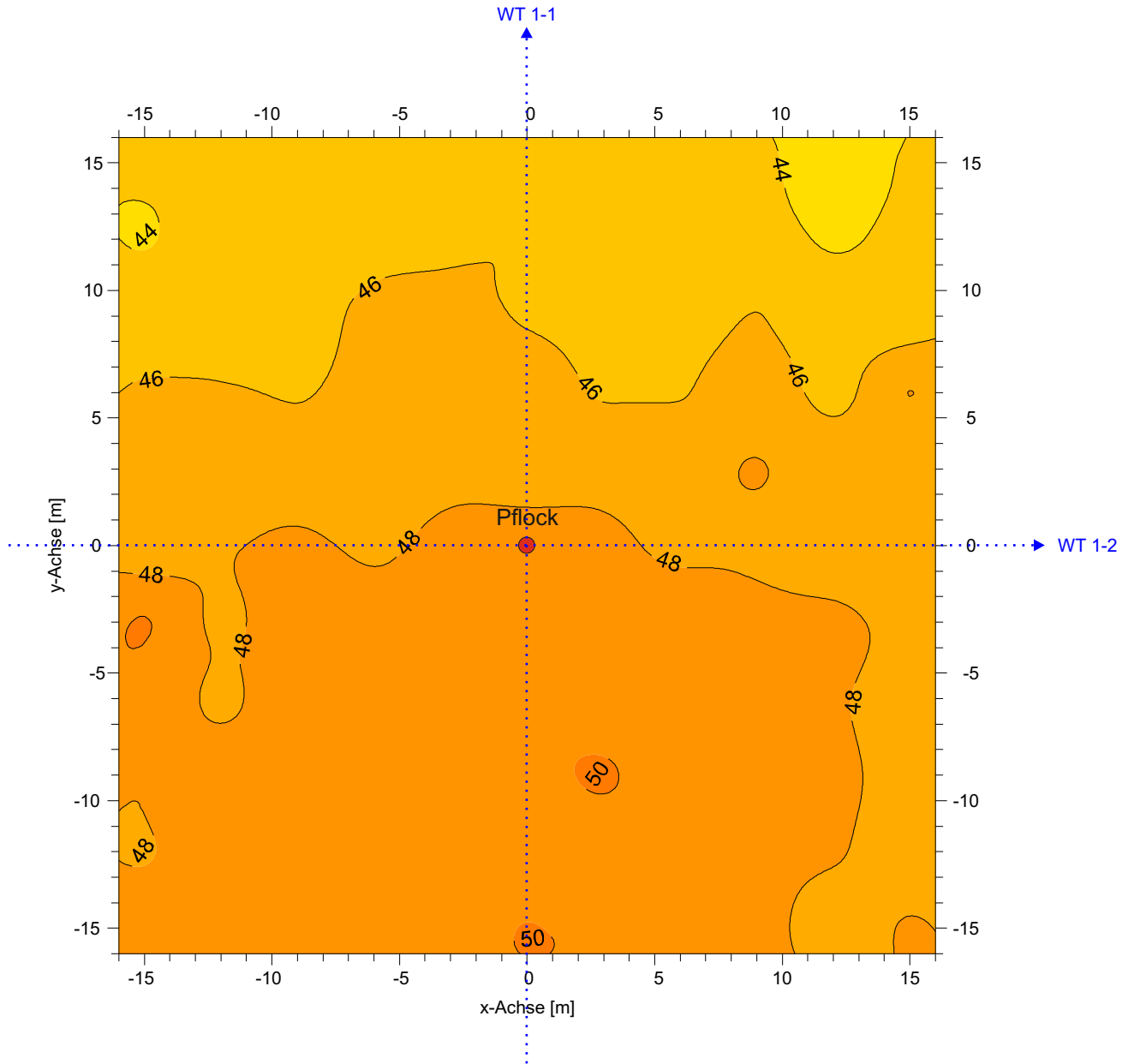
Standort WKA 1

Widerstandsverteilung: homogen

Wertebereich: 44 - 50 Ωm

Interpretation: keine Anzeichen auf Auflockerungszonen, große Einheitlichkeit

Hindernisse: keine

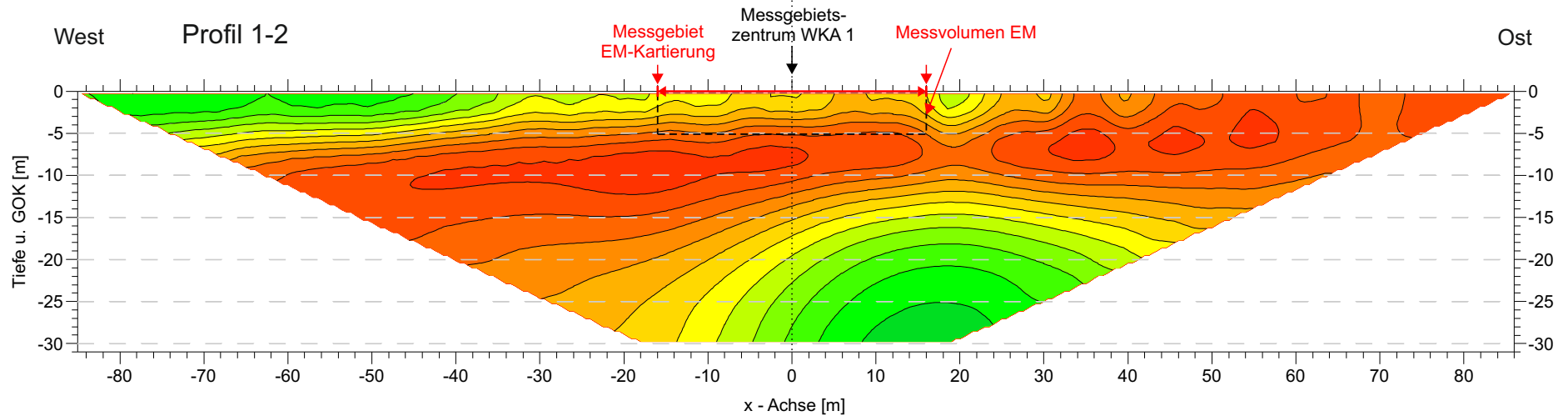
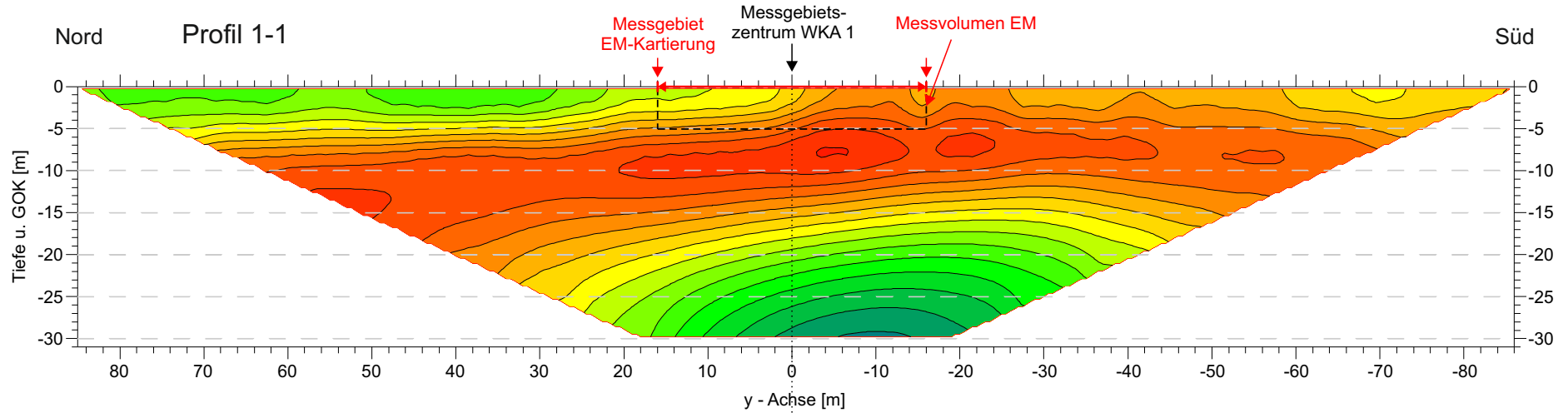


Maßstab 1:250

GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb: EMK-1 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg Elektromagnetik-Kartierung Farbkarte d. spez. el. Widerstandes - Standort: WKA 1 „Koufeld“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU



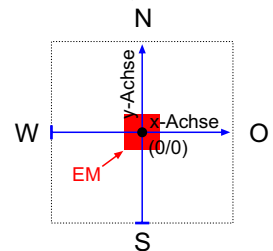
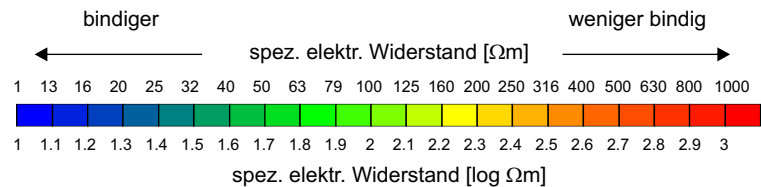
Standort WKA 1



Der Nullpunkt des Schnittes liegt auf dem Zentrumspunkt

relative Lage der Profile

Maßstab 1:750



GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb.: WT-E-1 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg geoelektrische 2D-Widerstandstomografie Tiefenschnitte des spez. el. Widerstands - Standort: WKA 1 „Koufeld“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

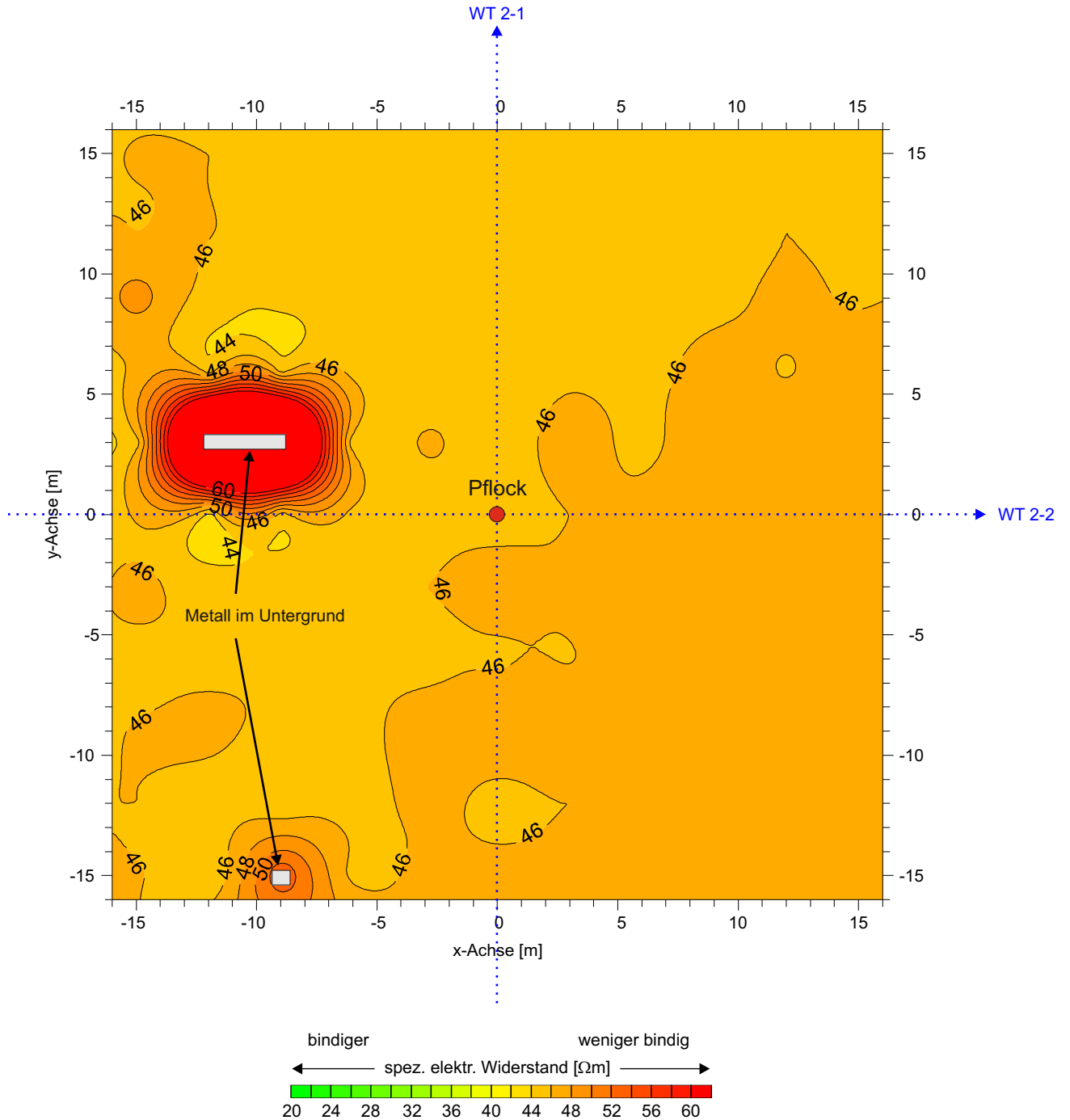
Standort WKA 2

Widerstandsverteilung: sehr homogen

Wertebereich: 46 - 48 Ωm im ungestörten Bereich

Interpretation: keine Anzeichen auf Auflockerungszonen, große Einheitlichkeit

Hindernisse: keine



Maßstab 1:250

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb: EMK-2

Proj.: 12-189-DI

Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg

Elektromagnetik-Kartierung

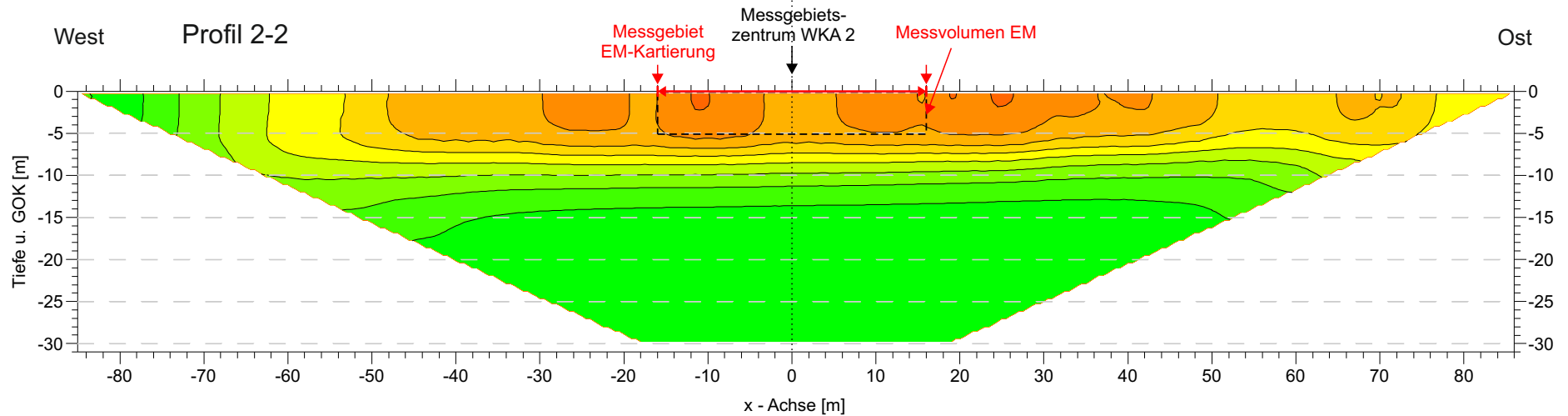
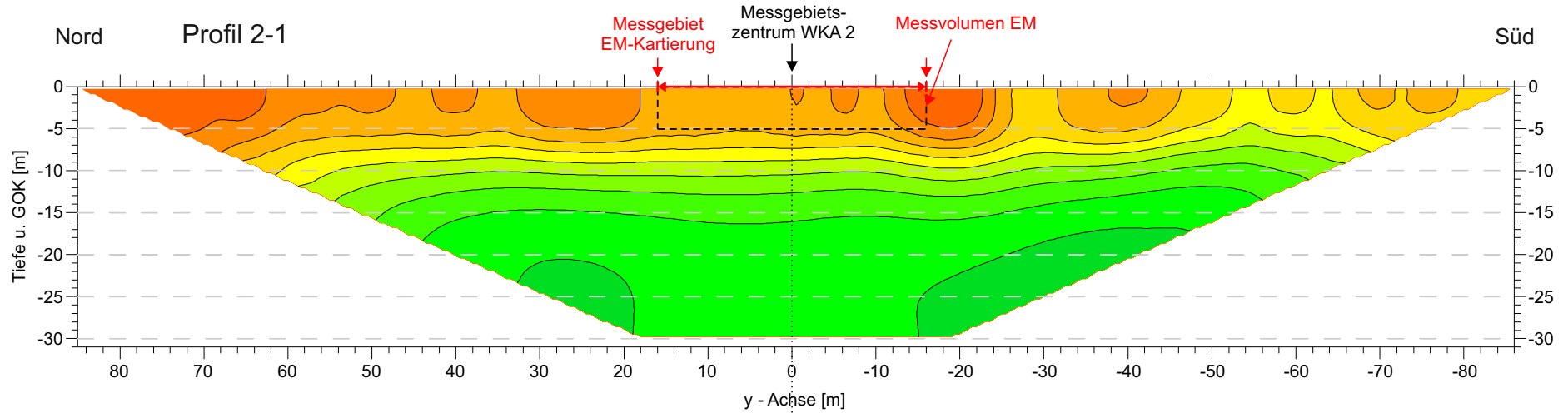
Farbkarte des spezifischen elektr. Widerstandes - Standort: WKA 2 „op der Retsch“

Dat.: 11.2012 | Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU



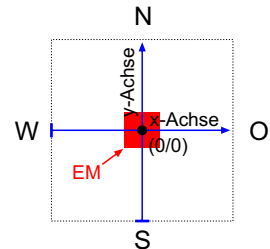
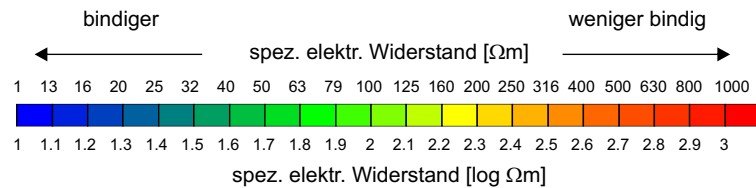
Standort WKA 2



Der Nullpunkt des Schnittes liegt auf dem Zentrumspunkt

relative Lage der Profile

Maßstab 1:750



GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb.: WT-E-2 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg geoelektrische 2D-Widerstandstomografie Tiefenschnitte d. spez. el. Widerstands - Standort: WKA 2 „op der Retsch“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

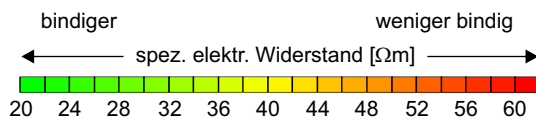
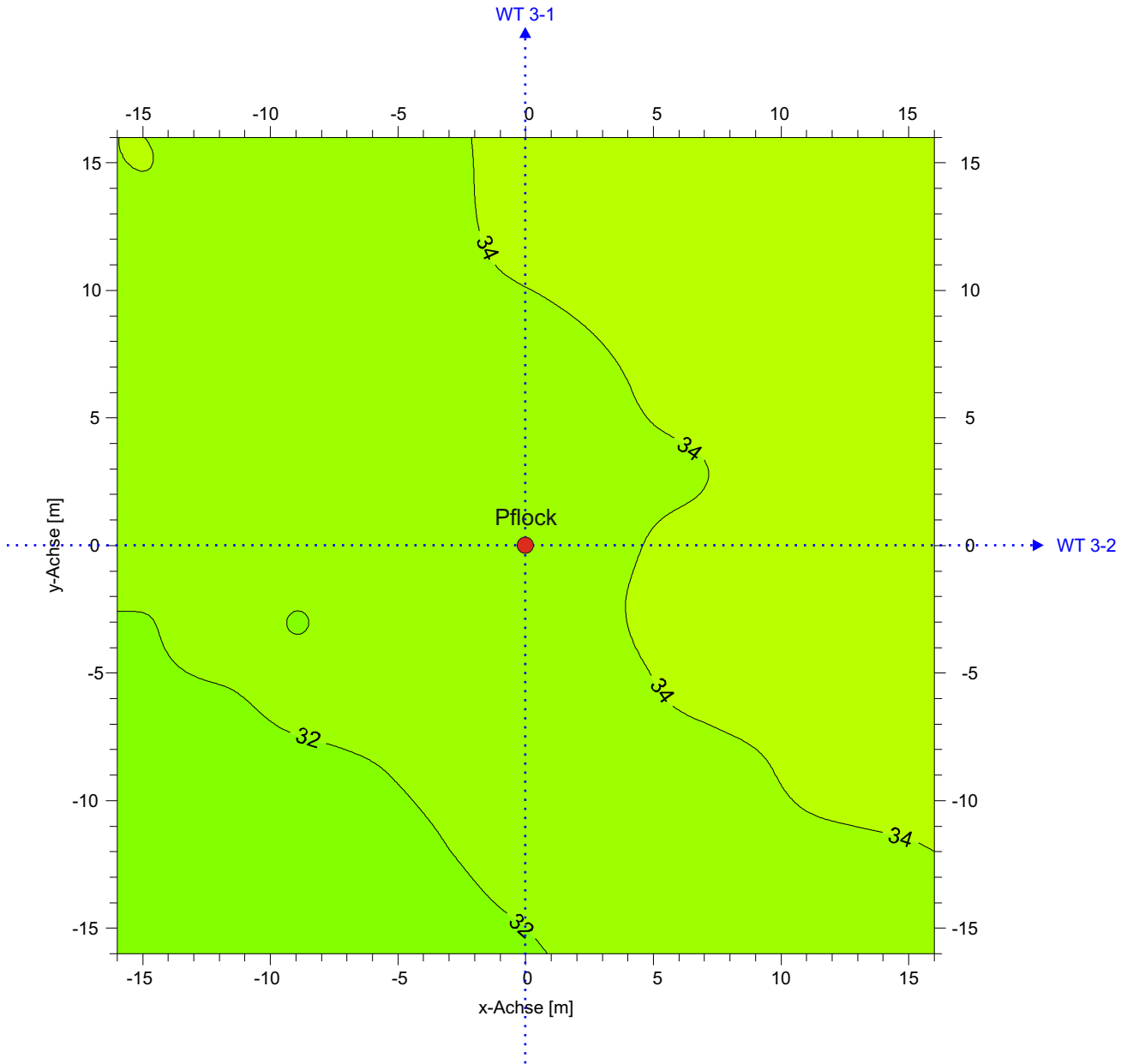
Standort WKA 3

Widerstandsverteilung: homogen

Wertebereich: 32 - 34 Ωm

Interpretation: keine Anzeichen auf Auflockerungszonen, große Einheitlichkeit

Hindernisse: keine

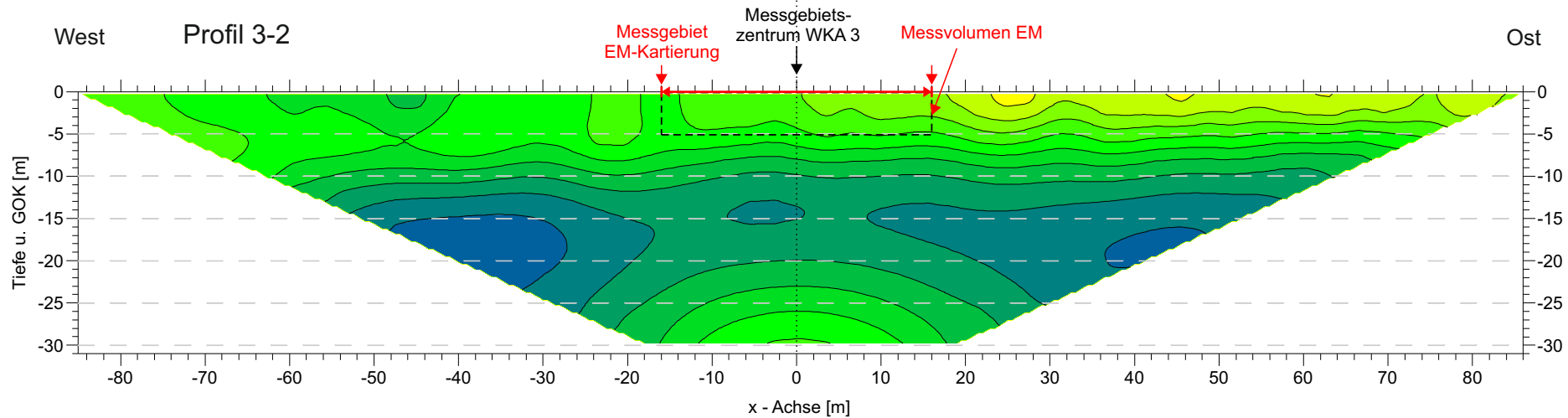
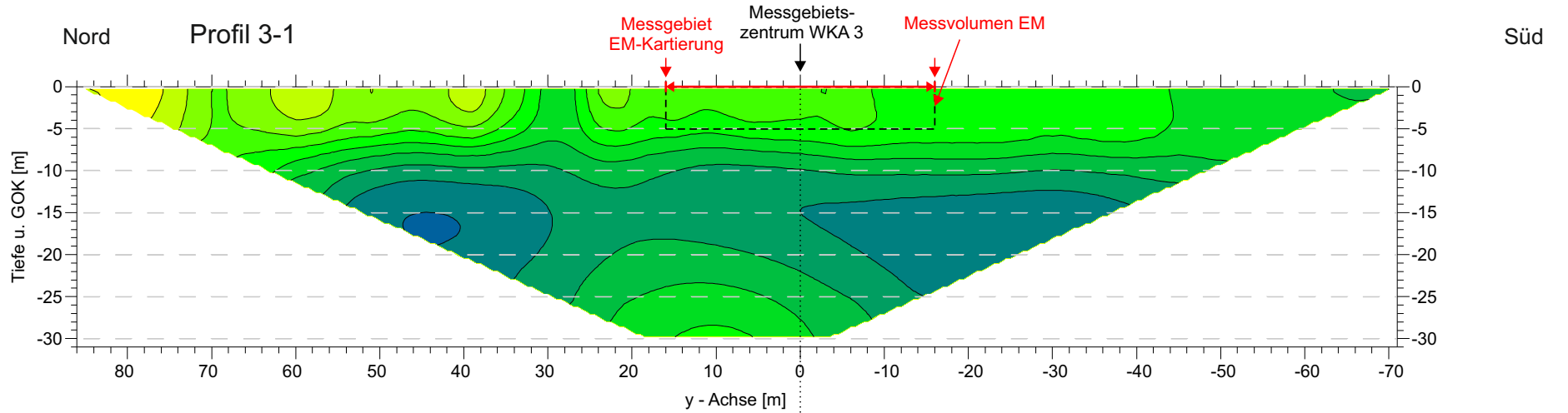


Maßstab 1:250



GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb: EMK-3 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg Elektromagnetik-Kartierung Farbkarte des spezifischen elektr. Widerstandes - Standort: WKA 3 „Glécht“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU

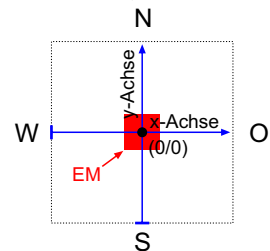
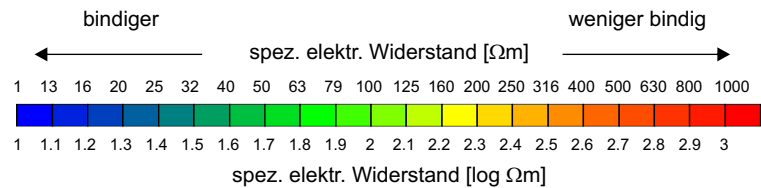
Standort WKA 3



Der Nullpunkt des Schnittes liegt auf dem Zentrumspunkt

relative Lage der Profile

Maßstab 1:750



GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb.: WT-E-3 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg geoelektrische 2D-Widerstandstomografie Tiefenschnitte des spez. el. Widerstands - Standort: WKA 3 „Glécht“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

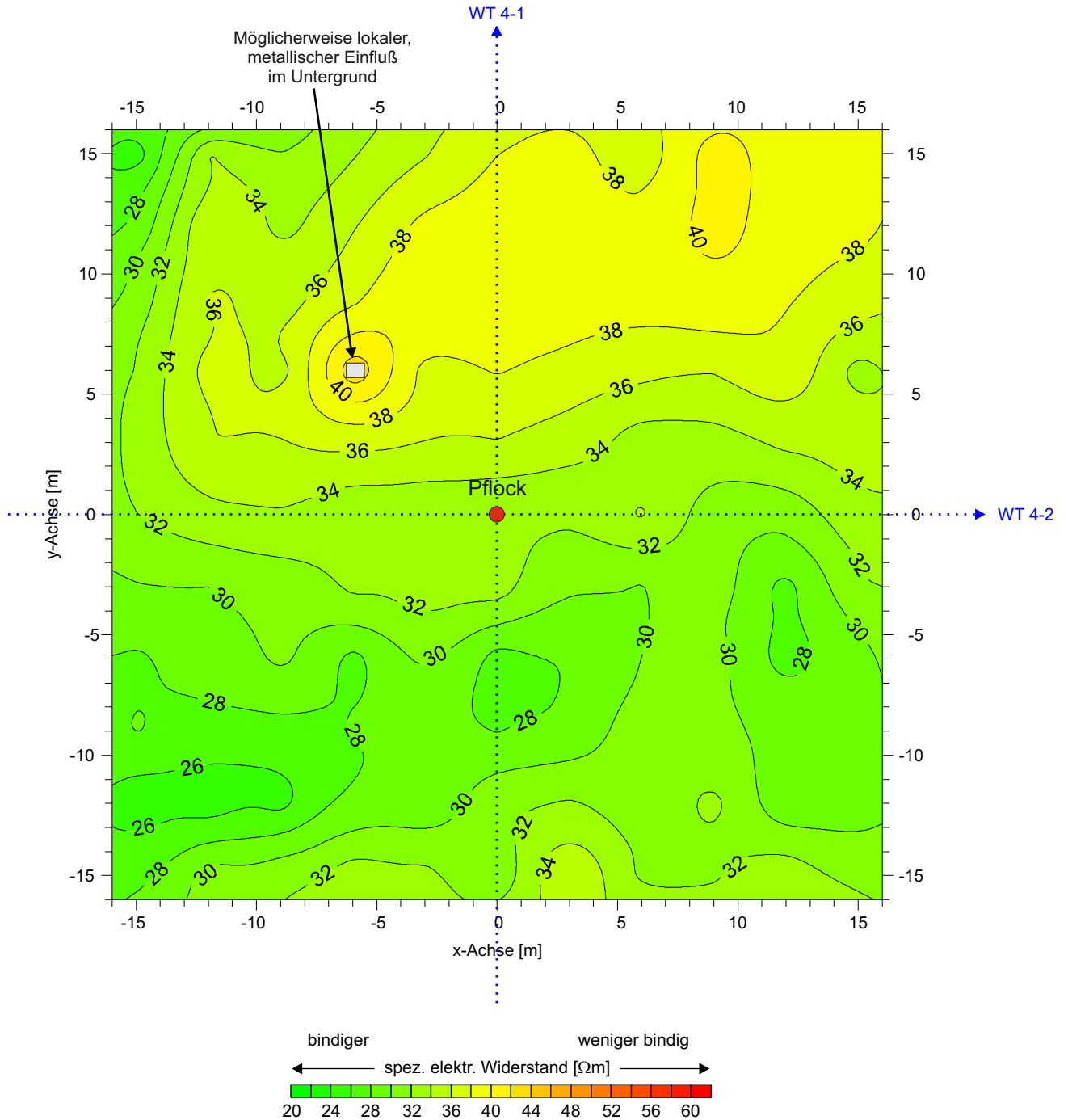
Standort WKA 4

Widerstandsverteilung: heterogen
höherohmiger Bereich ($> 35 \Omega\text{m}$) im Norden,
niederohmiger Bereich ($< 32 \Omega\text{m}$) im Süden,
beide Bereiche erstrecken sich in Ost-West-Richtung

Wertebereich: 25 - 44 Ωm

Interpretation: Anzeichen auf Auflockerungszonen im nördlichen Teil,
Einheitlichkeit gering

Hindernisse: keine



Maßstab 1:250

GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb: EMK-4

Proj.: 12-189-DI

Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg

Elektromagnetik-Kartierung

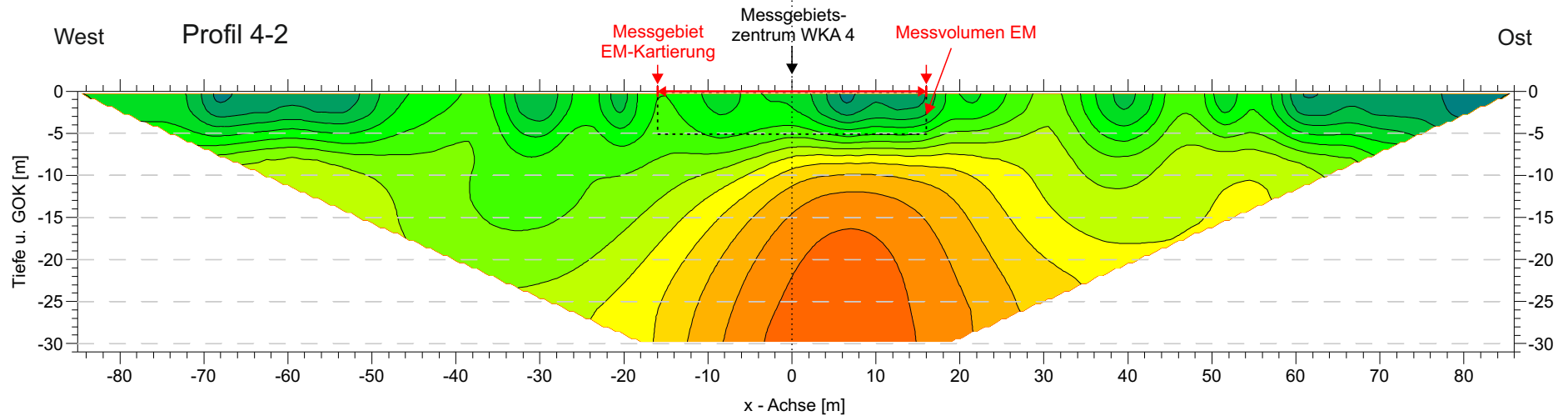
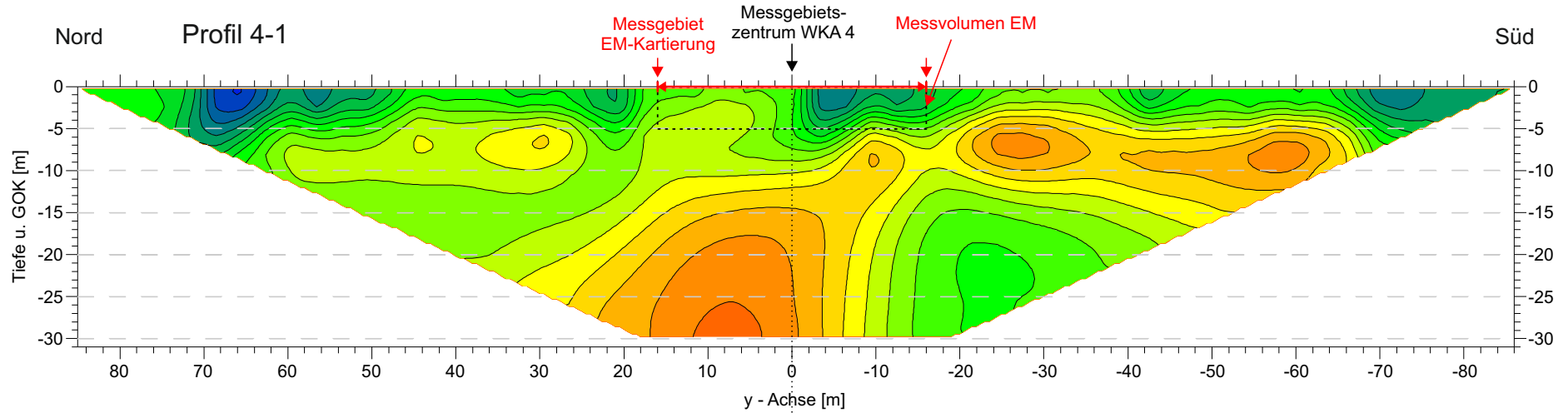
Farbkarte des spezifischen elektr. Widerstandes - Standort: WKA 4 „um Réimerwée“

Dat.: 11.2012 | Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU



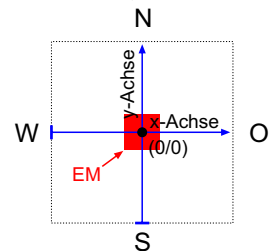
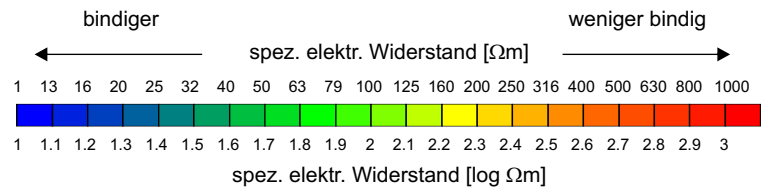
Standort WKA 4



Der Nullpunkt des Schnittes liegt auf dem Zentrumspunkt

relative Lage der Profile

Maßstab 1:750



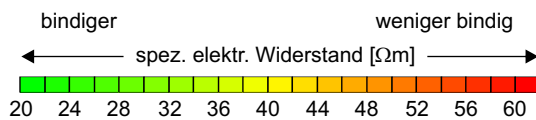
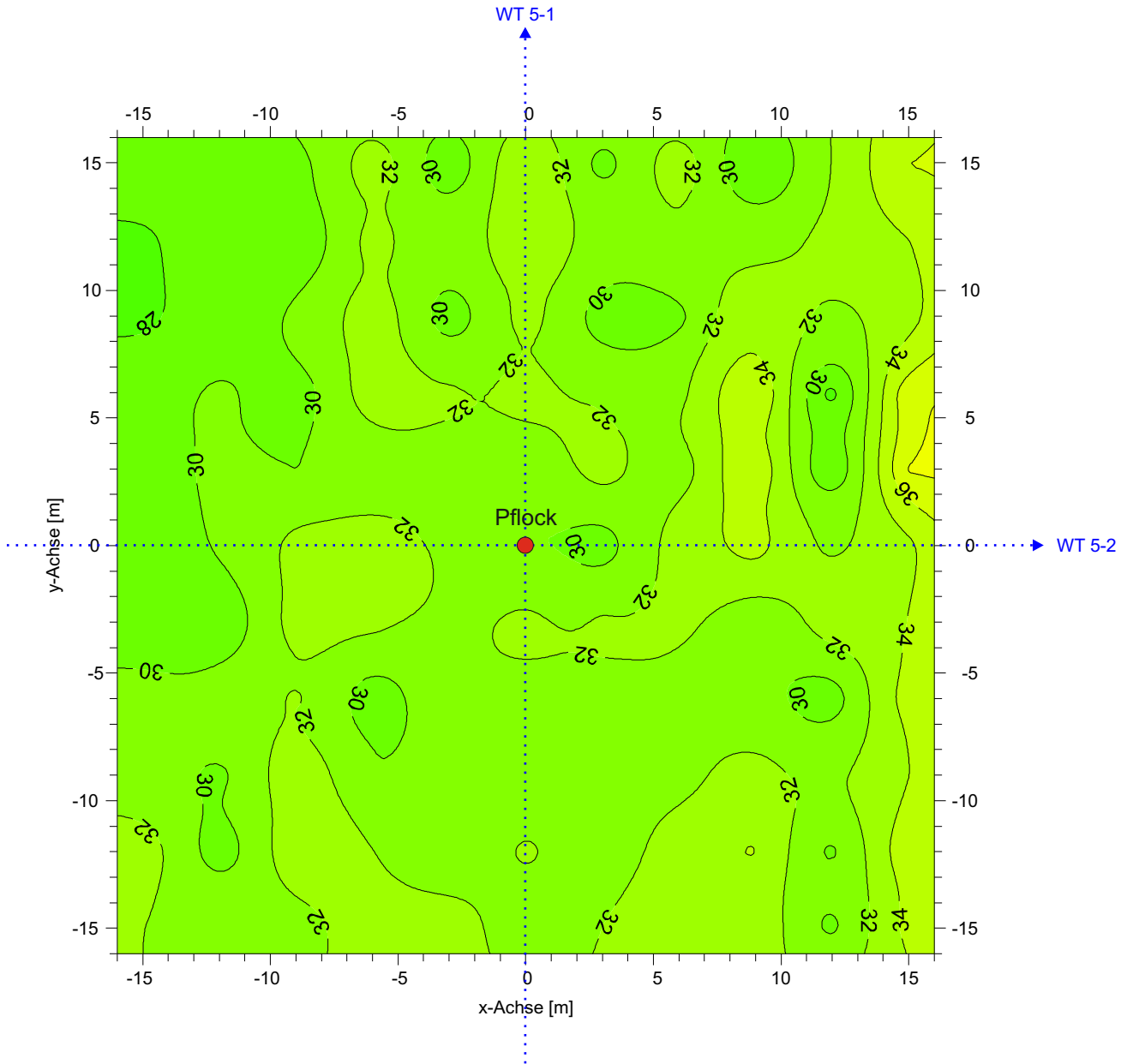
GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb.: WT-E-4 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg geoelektrische 2D-Widerstandstomografie - Tiefenschnitte des spezifischen elektrischen Widerstands - Standort: WKA 4 „um Réimerwée“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

Standort WKA 5

Widerstandsverteilung: mittel
 Wertebereich: 29 - 36 Ωm

Interpretation: keine Anzeichen auf Auflockerungszonen,
 überwiegende Einheitlichkeit

Hindernisse: keine



Maßstab 1:250

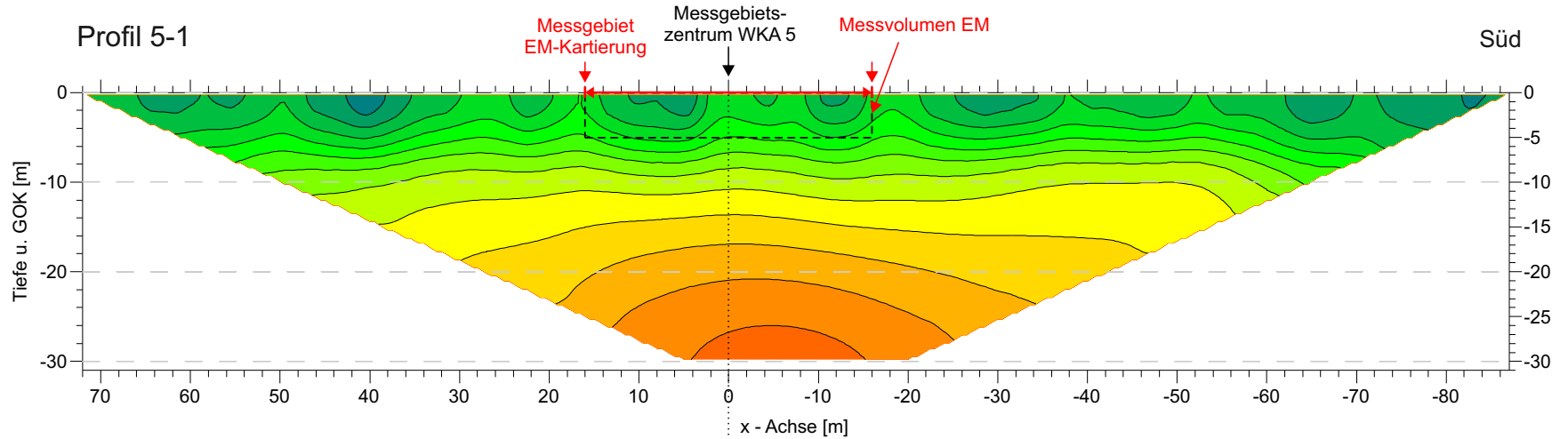
	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb: EMK-5 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg Elektromagnetik-Kartierung Farbkarte des spezifischen elektr. Widerstandes - Standort: WKA 5 „Heed“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU



Standort WKA 5

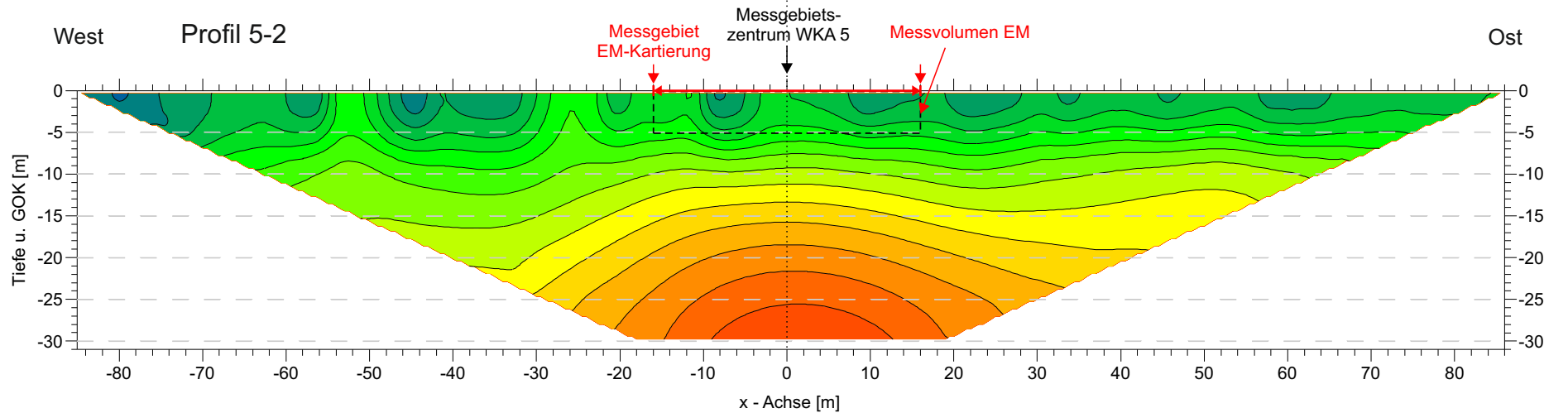
Nord

Profil 5-1



West

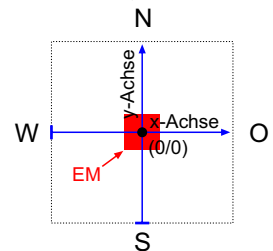
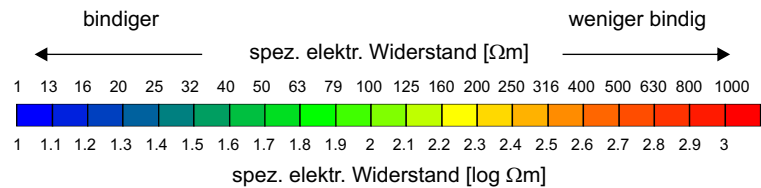
Profil 5-2



Der Nullpunkt des Schnittes liegt auf dem Zentrumspunkt

relative Lage der Profile

Maßstab 1:750



GGU

GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe
 tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408
 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de

Abb.: WT-E-5
 Proj.: 12-189-DI

Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg
 geoelektrische 2D-Widerstandstomografie
 Tiefenschnitte des spez. el. Widerstands - **Standort: WKA 5 „Heed“**

Dat.: 11.2012

Bearb.: DI

Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher

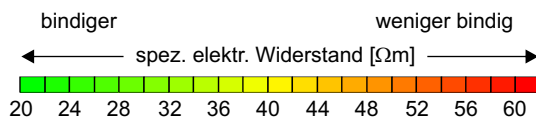
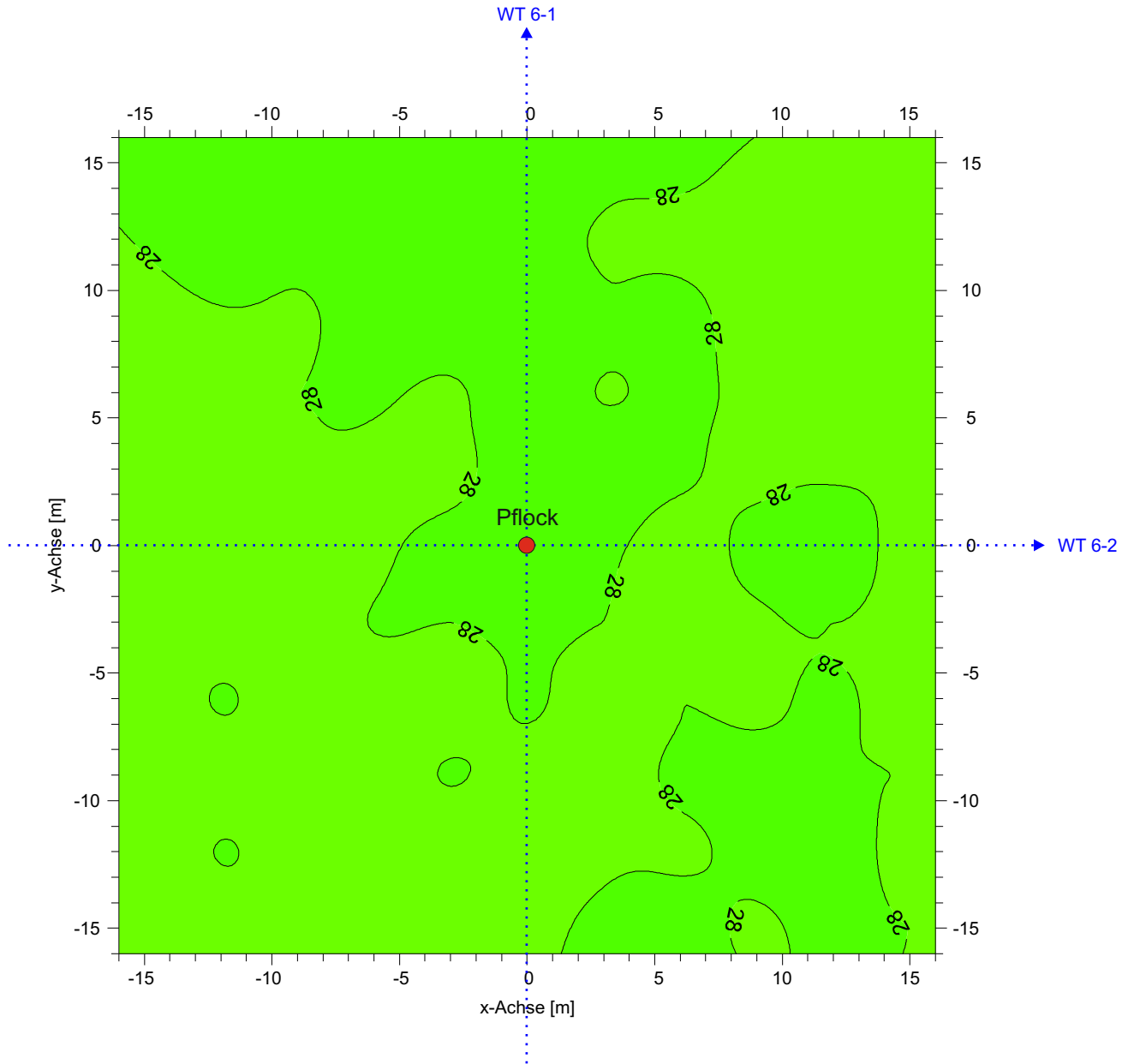
Standort WKA 6

Widerstandsverteilung: sehr homogen

Wertebereich: 27 - 29 Ωm

Interpretation: keine Anzeichen auf Auflockerungszonen, große Einheitlichkeit

Hindernisse: keine



Maßstab 1:250

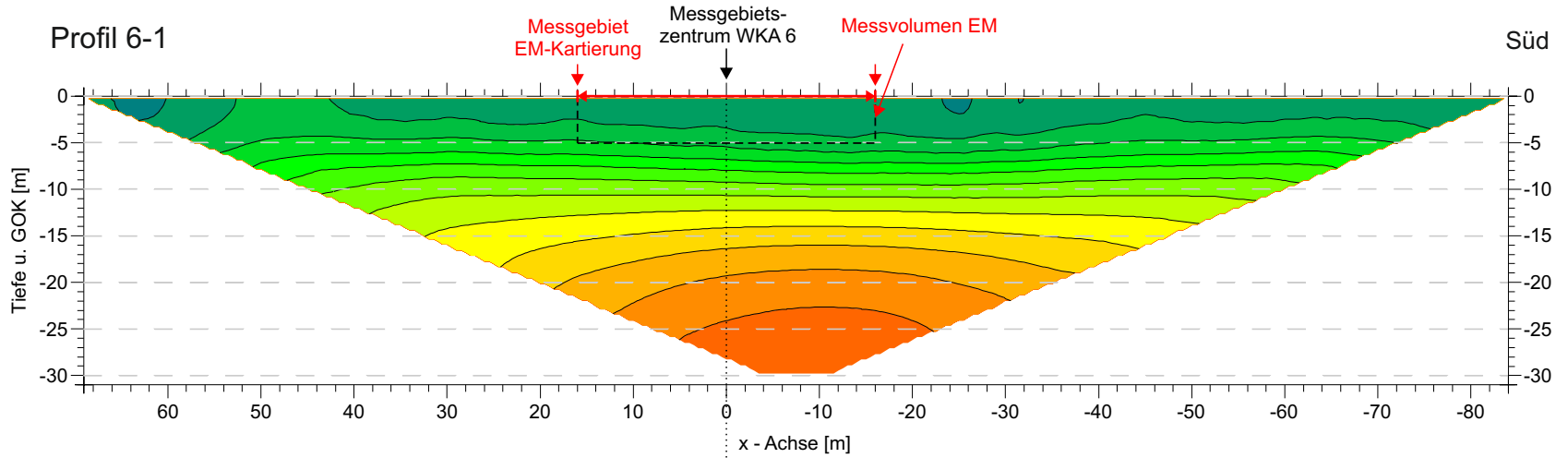
	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de		Abb: EMK-6 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg Elektromagnetik-Kartierung Farbkarte d. spezifischen elektr. Widerstandes - Standort: WKA 6 „Stronk-Laangfur“		
Dat.: 11.2012		Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher LU



Standort WKA 6

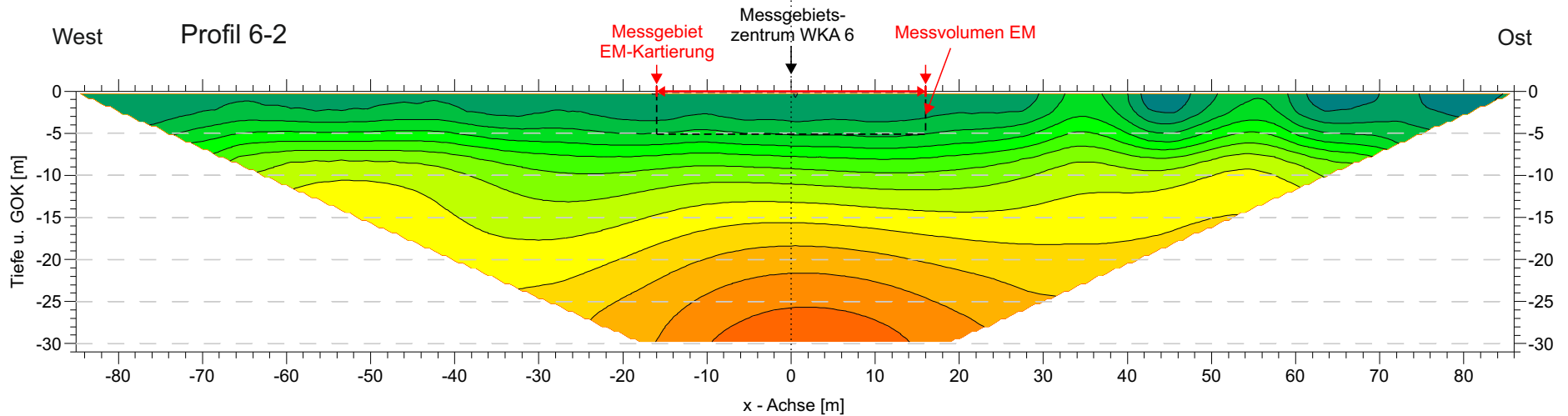
Nord

Profil 6-1



West

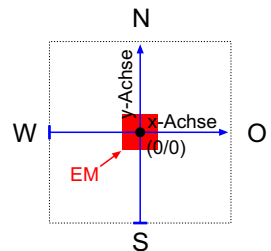
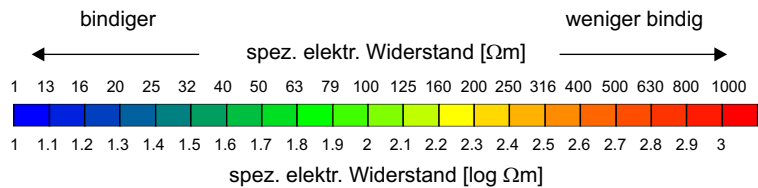
Profil 6-2



Der Nullpunkt des Schnittes liegt auf dem Zentrumspunkt

relative Lage der Profile

Maßstab 1:750



GGU	GGU mbH, Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe tel.: +49-721-28678, fax: +49-721-25408 email: mail@ggukarlsruhe.net, net: www.ggukarlsruhe.de	Abb.: WT-E-6 Proj.: 12-189-DI
	Windkraftanlagen in Differdingen, Luxembourg geoelektrische 2D-Widerstandstomografie - Tiefenschnitte des spezifischen elektrischen Widerstands - Standort: WKA 6 „Stronk-Laangfur“	
Dat.: 11.2012	Bearb.: DI	Kunde: Solarpower S.A., Grevenmacher