



Bundesamt für Strahlenschutz

# Deckblatt

GZ: QM - 9A 56113000 / SE 4.2.2

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	B 2438412 00 U	Seite: I
NAAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Titel der Unterlage:

ALTERNATIVE BEI DER DURCHFÜHRUNG DER 3D-SEISMISCHEN HAUPTMESSUNG IM GEBIET DER ASSE  
(GGL GEOPHYSIK UND GEOTECHNIK LEIPZIG GMBH)

Ersteller:

GGL GEOPHYSIK U. GEOTECHNIK

Stempelfeld:

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BfS.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Revisionsblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B 2438412 00 U	Seite: II
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Titel der Unterlage:

ALTERNATIVE BEI DER DURCHFÜHRUNG DER 3D-SEISMISCHEN HAUPTMESSUNG IM GEBIET DER ASSE  
(GGL GEOPHYSIK UND GEOTECHNIK LEIPZIG GMBH)

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer	Rev. Seite	Kat.*	Erläuterung der Revision

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
Kategorie S = substantielle Änderung  
mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 1 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

**Auftragnehmer:**

**GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH**

**Bautzner Straße 67**

**04347 Leipzig**

Ort, Unterschrift



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 2 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## Impressum:

Auftraggeber: Bundesamt für Strahlenschutz  
Willy-Brandt-Str. 5  
38226 Salzgitter  
Telefon: 030 18333-0  
Telefax: 030 18333-1885  
E-Mail: [epost@bfs.de](mailto:epost@bfs.de)  
Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Ersteller:

GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH  
Bautzner Straße 67  
04347 Leipzig  
[www.ggl-gmbh.de](http://www.ggl-gmbh.de)

Der Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) erstellt. Das BfS behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des BfS zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 3 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## Revisionsblatt

Rev.	Rev.-Stand Datum	revidierte Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
Kategorie S = substantielle Revision  
Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 4 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## KURZFASSUNG

Autor(en): (GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH)  
(GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH)

Titel: Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung  
im Gebiet der Asse

Stand: 31.08.2016

Im Zuge der sicheren Stilllegung der Schachanlage Asse II sollen 3D-seismische Messungen nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik durchgeführt werden. Eine Vorstudie und Testmessungen lieferten den erforderlichen Erkundungsumfang und Parameter für ein erstes Messkonzept der seismischen Hauptmessung. Der vorliegende Bericht fasst die bisherigen Untersuchungen zur praktischen Umsetzung dieses Messprogramms zusammen. In einem allgemeinen Teil wird der prinzipielle Ablauf von 3D-seismischen Messungen und die dazu notwendigen Arbeiten beschrieben. Das in einer zusammenhängenden Messkampagne vorgesehene Messprogramm (Variante A) führt zu einer Messdauer, die aufgrund der über lange Zeit liegenden Messkabel ein landwirtschaftliches Arbeiten für bis zu 200 Tage stark einschränkt. Variante B wird als Durchführungsalternative vorgestellt, welche eine Teilung der Messfläche entlang des Assehöhenzuges und die Messung in zwei kürzeren Zeiträumen jeweils von November bis Februar in aufeinanderfolgenden Jahren vorsieht. In Verbindung mit einer Beschleunigung der Messung durch Anregung mit gleichzeitig zwei Vibratoren bei Halbierung der Sweepanzahl und Einsparung von Anregungspunkten im Randbereich der Messfläche, können die Messkampagnen jeweils innerhalb der vegetationsfreien Zeit vom 01.11. bis 28.02. des Folgejahres realisiert werden. Naturschutzrechtliche Belange werden dabei berücksichtigt. Vor- und Nachteile beider Messvarianten werden gegenübergestellt.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 5 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## ABSTRACT

Authors: (GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH)  
(GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH)

Title: Alternative concept for the main 3D seismic survey in the Asse area

Status: 31/08/2016

As part of the safe decommissioning of the Asse II a state-of-the-art 3D seismic survey has to be carried out. Preliminary studies and a small seismic test survey had provided the necessary exploration scope and parameters for a first concept of the planned main 3D seismic survey. This report summarizes shortly these past studies on the practical implementation of this concept. In an introductory part of this report the general procedure of a 3D seismic survey and the required field work is described. The intended seismic survey with one continuous measurement campaign (Version A) results into a data acquisition duration that lasts for almost a year. Due to the necessary periods of cable layout agricultural works are restricted up to 200 days for farmers. As an alternative to carry out the seismic survey (Version B) a measuring concept is presented which splits the survey area along the Asse ridge and divides the measurement campaign into two shorter periods from November to February in consecutive years. The acquisition time could be reduced by using two vibrators at half number of sweeps per station and by skipping source points at the edges of the survey area. With these measures both measurement campaigns can be realized during the vegetation-free period from 01 November to 28 February the following year. Legal issues of nature conservation are considered. Advantages and disadvantages of both versions are discussed.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 6 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>6</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>8</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>9</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>9</b>
<b>1 ALLGEMEINE METHODISCHE DARSTELLUNG DER 3D-SEISMISCHEN MESSUNG ....</b>	<b>10</b>
1.1    EINLEITUNG.....	10
1.2    ABLAUF DER SEISMISCHEN MESSKAMPAGNE .....	11
1.3    PERMITTING .....	11
1.4    VERMESSUNG.....	12
1.5    RÜSTUNGSALTLASTEN .....	13
1.6    NAHLINIENMESSUNG .....	13
1.7    GEOPHON- UND KABELAUSLAGE .....	14
1.8    ANREGUNG SEISMISCHER WELLEN .....	17
1.8.1    Vibroseismik.....	18
1.8.2    Sprengseismik .....	20
1.8.3    Begleitende Erschütterungsmessungen.....	22
1.9    REKULTIVIERUNG UND ENTSCHÄDIGUNG .....	23
<b>2 VARIANTE A: DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG IN EINER MESSKAMPAGNE (URSPRÜNGLICHE PLANUNG).....</b>	<b>24</b>
2.1    ZEITLICHER ABLAUF DER SEISMISCHEN MESSUNG UND BETROFFENE FLÄCHEN ..	24
<b>3 VARIANTE B: TEILUNG DER MESSFLÄCHE UND DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG IN ZWEI MESSKAMPAGNEN.....</b>	<b>28</b>
3.1    EINLEITUNG.....	28
3.2    BESCHLEUNIGUNG DER MESSUNG DURCH ERHÖHUNG DER ANZAHL DER VIBRATIONSFAHRZEUGE BEI GLEICHZEITIGER VERRINGERUNG DER SWEEPANZAHL .....	29
3.3    TEILUNG DER MESSFLÄCHE .....	30
3.4    REDUZIERUNG DER MESSPUNKTANZAHL .....	33
3.5    ZEITLICHER ABLAUF DER MESSUNG .....	35



Bundesaamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 7 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

<b>4</b>	<b>VERGLEICH DER AKQUISITIONSPARAMETER.....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>BETRACHTUNGEN ZUM WEGFALL VON ANREGUNGS- UND EMPFANGSPUNKTEN AUF DIE ZU ERWARTENDE DATENQUALITÄT .....</b>	<b>45</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>50</b>

Gesamtseitenzahl: 50

Stichworte: 3D-seismische Hauptmessung, Asse, Seismik, Alternative, Teilung, Messfläche



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 8 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Vermessung mit GPS (links) oder Tachymeter (rechts). Markierung von Empfangs- und Anregungspunkten mit Pflöcken. ....	12
Abbildung 2: Kampfmittelsondierung mit einem Fluxgate-Magnetometer.....	13
Abbildung 3: Nahlinienmessung mit einem beschleunigten Fallgewicht als Quelle.....	14
Abbildung 4: An die Messauslage angeschlossene Geophone empfangen die seismischen Signale (links). An einem Empfangspunkt ausgelegte Geophongruppe aus 12 Geophonen (rechts). ....	15
Abbildung 5: Messfahrzeug von dem aus die seismische Messung kontrolliert und in dem die Messdaten aufgezeichnet werden. Die Geophonauslage ist per Kabel an das Messfahrzeug angeschlossen. ....	15
Abbildung 6: Theoretisches Messraster der 3D-Seismik mit Geophonlinien (blau) in Südwest-Nordost-Richtung und dazu senkrechten Anregungspunktlinien (rot). Der Abstand der Geophonlinien beträgt in den Zonen B, C und D jeweils 100 m, in der Zone A 50 m. Der Abstand der Anregungspunktlinien beträgt in der Zone D 200 m, in der Zone C 100 m und in den Zonen A und B jeweils 50 m. ....	17
Abbildung 7: Ausschnitt aus der Abb. 6 des theoretischen Messrasters der seismischen Messfläche.....	18
Abbildung 8: Vibrationsfahrzeug Mark IV mit Vibrator Hemi 50. ....	19
Abbildung 9: Vibrationsfahrzeug AHV-IV mit Vibrator PLS-362.....	20
Abbildung 10: Bohrgeräte auf MB-Tracs (links) und Handbohrgerät im Einsatz (rechts) . ....	21
Abbildung 11: Erschütterungsmessung.....	22
Abbildung 12: Messfortschritt der Anregungspunkte entlang von Streifen mit 200 m Breite parallel zu den Geophonlinien (Variante A). Rote Pfeile: Abarbeiten der Anregungspunkte, schwarze Pfeile: Umfahrt zur nächsten Anregungspunktlinie. ....	24
Abbildung 13a: Beispiel für einen Messbeginn in der Südecke: Anregung im 1. Streifen (violett) mit notwendiger Geophonauslage (blau und violett) sowie Aufbau für den nächsten Streifen (grau). Messzeitraum Tag 0 – Tag 8 nach Messbeginn. ....	25
Abbildung 14a: Südteil der geteilten Messfläche ohne die an den äußeren Ecken der Messfläche weggelassenen Anregungs- und Empfangspunkten (rot: Anregungspunktlinien, blau: Empfangspunktlinien). Die Teilung erfolgt in der Mitte der gesamten Messfläche auf Höhe der Schachanlage Asse II. Die dort rot markierte Anregungspunktlinie wird mit der Messung jeder Teilfläche wiederholt. Die grün umrahmte Fläche kennzeichnet den Bereich, in dem die Geophonlinien bei der Messung für beide Teilflächen aufgebaut werden müssen (Überlappungsbereich).....	31
Abbildung 15: Simulation der Verlegung und des Ausfalls von Anregungspunkten bei dichter Bebauung am Beispiel Groß Vahlberg. Ausfallende Anregungspunkte sind weiß markiert. ....	34
Abbildung 16: Messfortschritt der Anregungspunkte entlang von Streifen mit 400 m Breite parallel zu den Geophonlinien. Rote Pfeile: Abarbeiten der Anregungspunkte, schwarze Pfeile: Umfahrt zur nächsten Anregungspunktlinie. ....	36
Abbildung 17a: Südteil. Anregung im 1. Streifen (violett) mit notwendiger Geophonauslage (blau und violett), Messzeitraum Tag 0 – Tag 7 nach Messbeginn. ....	37
Abbildung 18: Nomineller Überdeckungsgrad, unter Einbeziehung aller Offsets, für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche.....	46
Abbildung 19: Überdeckungsgrad für eine radiale Offsetbegrenzung auf maximal 200 m für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche.....	46



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 9 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Abbildung 20: Es wird beispielhaft angenommen, dass in den rot markierten Gebieten der Messfläche die Anregungs- und Empfangspunkte wegfallen und nicht in angrenzende Bereiche verlegt werden können. Sie werden für die Berechnung des Überdeckungsgrads dann nicht verwendet. ....47

Abbildung 21: Nomineller Überdeckungsgrad, unter Einbeziehung aller Offsets, für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche beim Wegfall von Anregungs- und Empfangspunkten auf den in Abbildung 20 markierten Flächen. ....48

Abbildung 22: Überdeckungsgrad für eine radiale Offsetbegrenzung auf maximal 200 m für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche beim Wegfall von Anregungs- und Empfangspunkten auf den in Abbildung 20 markierten Flächen. ....48

Abbildung 23: Überdeckungsgrad für eine radiale Offsetbegrenzung auf maximal 600 m für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche beim Wegfall von Anregungs- und Empfangspunkten auf den in Abbildung 20 markierten Flächen. ....49

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Anregungs- und Empfangspunktlinienabstände innerhalb einzelner Zonen der gesamten Messfläche. ....28

Tabelle 2: Vergleich der Akquisitionsparameter bei den Varianten A und B.....41

Tabelle 3: Vor- und Nachteile einer Aufteilung der bisherigen Messfläche in zwei Teilflächen, die in zwei aufeinanderfolgenden Jahren jeweils im Zeitraum von 01.11. bis 28.02. gemessen werden sollen, gegenüber der bisherigen Planung mit einer Messkampagne von der Dauer eines Jahres:.....43

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

- Abb.** Abbildung
- AP** Anregungspunkt
- BBergG** Bundesberggesetz
- BfS** Bundesamt für Strahlenschutz
- GP** Geophonpunkt
- Kap.** Kapitel
- LBEG** Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
- s.** siehe
- Tab.** Tabelle



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 10 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 1 ALLGEMEINE METHODISCHE DARSTELLUNG DER 3D-SEISMISCHEN MESSUNG

### 1.1 EINLEITUNG

Das BfS plant 3D-seismische Messungen im Gebiet der Schachanlage Asse II durchzuführen. Die 3D-Seismik ist ein Verfahren, mit dem sich die Struktur des Untergrundes von der Erdoberfläche aus untersuchen und räumlich detailliert abbilden lässt. Die 3D-seismischen Messungen in geeigneter Form liefern hochauflösende Daten

- zum Aufbau des Deckgebirges
- zur geologischen Struktur
- und zum komplexen Auflockerungs- bzw. Störungssystem.

Möglichst genaue Kenntnisse des Untergrundes sind notwendig, um für den langen Zeitraum bis zum Abschluss der Rückholung Sicherheit für Mensch und Umwelt gewährleisten zu können. Aus den seismischen Daten lassen sich weitere Maßnahmen zur sicheren Stilllegung der Schachanlage ableiten.

Für die 3D-Seismik hatte das BfS 2011 eine Vorstudie (Geophysik GGD, 2011) beauftragt und 2013 eine Testmessung durchführen lassen. Die Testmessung hat zum einen gezeigt, dass das 3D-seismische Verfahren erfolgreich angewendet werden kann. Zum anderen hat die Auswertung (DMT Petrologic, 2014) wichtige Eckdaten für die Hauptmessung geliefert und optimiert. Auch konnte aufgrund der gewonnenen Ergebnisse die Größe der Messfläche entsprechend der geologischen Aufgabenstellung angepasst werden. Für die Hauptmessung ist jetzt eine insgesamt 37,5 km<sup>2</sup> große Messfläche vorgesehen.

Die seismischen Messungen werden auf Grundlage eines vom LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) zugelassenen Betriebsplanes stattfinden und entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik sowie den Anforderungen aus naturschutzrechtlichen Belangen.

Im Folgenden soll der prinzipielle Ablauf der geplanten seismischen Messungen und die damit verbundenen Vorbereitungen ausführlich dargestellt werden, wobei einzelne angegebene Parameter und Spezifikationen im Wesentlichen der bisherigen Planung (Geophysik GGD, 2014) entnommen sind (siehe auch Kapitel 2, Variante A). Die Durchführung der Messung wird in zwei Varianten (Variante A: Messung in einer Messkampagne, Variante B: Messung in zwei Etappen) in den Kapiteln 2 und 3 vorgestellt. Alle Abbildungen des vorliegenden Berichts sind Beispiele aus vergleichbaren seismischen Messungen, die in Deutschland durchgeführt wurden.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 11 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 1.2 ABLAUF DER SEISMISCHEN MESSKAMPAGNE

- a) Einholen der Betretungsgenehmigungen (Permitting, s. Kap. 1.3)
- b) Einmessen und temporäres Kennzeichnen der Empfangs- und Anregungspunkte (Vermessung, s. Kap. 1.4).
- c) Sondierung auf Kampfmittelrückstände (UXO = Unexploded Ordnance) in ausgewiesenen Gebieten und bei einzelnen Anregungspunkten. Gegebenenfalls Räumung der Rüstungsaltslasten (Rüstungsaltslasten, s. Kap. 1.5).
- d) Durchführung von Nahlinienmessungen zur Aufnahme der oberflächennahen Schichten (Nahlinienmessung, s. Kap. 1.6).
- e) Auslegen der Messkabel und der Geophone (Kabel- und Geophonauslage, s. Kap. 1.7).
- f) Anfahren der markierten Anregungspunkte mit den Vibratorfahrzeugen bzw. Durchführung von Sprengseismik in Verbindung mit den dazu erforderlichen Bohrarbeiten in Bereichen, die für die Vibratorfahrzeuge nicht zugänglich sind
- g) Anregung seismischer Wellen (s. Kap. 1.8).
- h) Einsammeln der Kabel und Geophone sowie der Markierungen (s. Kap. 1.9).
- i) Rekultivierung des Geländes und gegebenenfalls Entschädigung (s. Kap. 1.9)

Die Arbeiten zu den Schritten a), b), c) und d) finden vor, die Schritte b), c) und d) teilweise auch während den eigentlichen seismischen Messungen statt. Die seismischen Messungen bestehen aus einer gleichzeitig stattfindenden, kontinuierlichen Abfolge der Schritte e), f), g) und h).

## 1.3 PERMITTING

Die seismischen Messungen finden nach Bundesberggesetz (BBergG) auf Grundlage eines vom LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie) zugelassenen Betriebsplanes statt. Für die Zulassung des Betriebsplanes erfolgt eine Beteiligung der betroffenen Träger öffentlicher Belange (z.B. Gemeinden, Naturschutzbehörden, Wasserämter, etc.). Mögliche Auflagen, die sich aus dem Zulassungsverfahren ergeben, werden bei der Durchführung der seismischen Messungen berücksichtigt.

Vor Beginn der eigentlichen seismischen Arbeiten werden alle von den Messungen betroffenen Behörden, Landkreise und Gemeinden informiert und die erforderlichen Genehmigungen durch eine dazu beauftragte Firma eingeholt. Dazu gehören auch das Einholen von aktuellen Leitungsplänen der Versorgungsunternehmen, das Ermitteln von Belangen des Umweltschutzes und das Beantragen von Genehmigungen zur Wege- und Straßennutzung. Gemäß §39 des BBergG werden alle von der Messung betroffenen Grundstückseigentümer und deren Pächter informiert und Betretungsgenehmigungen eingeholt. Sind Betretungsverträge zu schließen, die die temporäre Nutzung des Grundstücks für die seismischen Messungen und mögliche Entschädigungsleistungen regeln, so geschieht dies im Allgemeinen zwischen dem rechtlichen



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 12 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Vertreter einer Liegenschaft und dem Auftraggeber der Messungen. In Ortslagen ist geplant, dass die seismischen Messungen nur auf öffentlichen Straßen und Wegen durchgeführt werden.

Alle erforderlichen Betretungsgenehmigungen werden von den Mitarbeitern (Permit-Bearbeiter) der dazu beauftragten Firma eingeholt und können von der Genehmigungsbehörde, dem LBEG, eingesehen werden. Während der seismischen Messungen begleiten die Permit-Bearbeiter weiterhin die Ausführung der Arbeiten vor Ort (Permit on Line) und sind erste Ansprechpartner zu Fragen des Messablaufes, der Entschädigung oder Rekultivierung.

## 1.4 VERMESSUNG

Die Lage und Höhe aller Empfangs- und Anregungspunkte wird mithilfe satellitengestützter Vermessungseinrichtungen (Differential-GPS) eingemessen und temporär durch Markierungsfarben und/oder Holzpflocke gekennzeichnet (Abbildung 1 links). In Bereichen mit nicht ausreichendem Empfang des GPS-Signals werden die topographischen Messungen mittels Totalstationen (elektronische Tachymeter) durchgeführt (Abbildung 1 rechts). Das Einmessen der Empfangs- und Anregungspunkte erfolgt zu Fuß. Es werden für die Vermessung keine Sichtschneisen angelegt oder Unterholz entfernt.



Abbildung 1: Vermessung mit GPS (links) oder Tachymeter (rechts). Markierung von Empfangs- und Anregungspunkten mit Pflöcken.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 13 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 1.5 RÜSTUNGSALTLASTEN

Sollte es innerhalb des Messgebietes Verdachtsflächen für Rüstungsaltslasten geben, so wird innerhalb dieser Verdachtsflächen für alle Anregungs- und Empfangspunkte sowie für alle vom Messtrupp genutzten Wege im Vorfeld der seismischen Messungen eine Kampfmittelsondierung durchgeführt. Diese Kampfmittelsondierung wird auch für alle Anregungspunkte vorgenommen, bei denen die Anregung der seismischen Wellen durch die Zündung von kleinen Sprengladungen in Bohrungen erfolgt (Sprengseismik, s. Kap. 1.8.2). Bei Indikationen auf explosive Kampfmittelrückstände (UXO = Unexploded Ordnance) erfolgt eine Räumung der Rüstungsaltslasten. Metallene Rückstände von Kampfmitteln verursachen lokale Anomalien des Erdmagnetfeldes, welche mit entsprechend empfindlichen Sonden (Fluxgate-Magnetometer oder Protonen-Präzessions-Magnetometer) gemessen werden (Abbildung 2). Die Kampfmittelsondierung erfolgt zu Fuß.



© Foto:

Abbildung 2: Kampfmittelsondierung mit einem Fluxgate-Magnetometer.

## 1.6 NAHLINIENMESSUNG

Vor den eigentlichen seismischen Messungen werden an einzelnen über das Messgebiet verteilten Lokationen refraktionsseismische Messungen (Nahlinienmessungen) durchgeführt, um detaillierte Informationen über den Aufbau der oberflächennahen Schichten (bis in ca. 20 m Tiefe) zu sammeln. Bei dieser Messung werden an der Erdoberfläche mit einem beschleunigten Fallgewicht seismische Wellen angeregt und durch Geophone, die auf einem Profil von ca. 100 m Länge im Abstand von ca. 2 m ausgelegt sind, registriert (Abbildung 3). Die Messungen dienen der Ermittlung optimaler Ladungstiefen bei sprengseismischen Anregungen (s. Kap. 1.8.2) sowie zur Berechnung sogenannter statischer Korrekturen innerhalb der seismischen Datenbearbeitung. Diese statischen Korrekturen werden dazu benötigt, um topographische Einflüsse (d.h. die



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 14 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

unterschiedlichen Höhen der Anregungs- und Empfangspunkte im Messgebiet) in der Auswertung der Messdaten zu berücksichtigen. Es ist geplant, für die den Nahlinienmessungen folgende 3D-Seismik 1 – 2 Nahlinien pro Quadratkilometer zu messen, die bei Bedarf in Abhängigkeit der Messergebnisse auf 4 – 8 Nahlinien pro Quadratkilometer verdichtet werden können.



© Foto:

Abbildung 3: Nahlinienmessung mit einem beschleunigten Fallgewicht als Quelle.

## 1.7 GEOPHON- UND KABELAUSLAGE

Für die Registrierung der seismischen Wellen werden vor der Anregung seismischer Wellen (Kap. 1.8) Geophone, Geophonanschlussboxen, Geophonkabel und Datenübertragungskabel im Gelände ausgelegt (Abbildung 4). Abseits von Straßen und Wegen erfolgen diese Arbeiten zu Fuß, die entsprechenden Personen halten sich dabei nur kurzzeitig an den jeweiligen Punkten im Gelände auf. Es werden für das Auslegen der Messausrüstung keine Schneisen angelegt oder Unterholz entfernt. Die ausgelegten Messgeräte werden dann an eine in einem Messfahrzeug eingebaute Aufnahmeapparatur per Kabel angeschlossen (Abbildung 5). Das Messfahrzeug ist an einer zentralen, für Fahrzeuge gut erreichbaren Stelle im Messgebiet positioniert.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 15 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		



© Fotos:

Abbildung 4: An die Messauslage angeschlossene Geophone empfangen die seismischen Signale (links). An einem Empfangspunkt ausgelegte Geophongruppe aus 12 Geophonen (rechts).



© Foto:

Abbildung 5: Messfahrzeug von dem aus die seismische Messung kontrolliert und in dem die Messdaten aufgezeichnet werden. Die Geophonauslage ist per Kabel an das Messfahrzeug angeschlossen.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 16 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Die Registrierung der seismischen Wellen erfolgt auf Südwest-Nordost ausgerichteten, möglichst parallel ausgelegten Geophonlinien mit einem Abstand von 100 m, der im Zentrum der Messfläche (Zone A) auf 50 m verdichtet wird (Abbildung 6). Der Abstand der Empfangspunkte auf den Geophonlinien beträgt 10 m. An jedem Empfangspunkt ist eine Geophongruppe bestehend aus jeweils 6 oder 12 Einzelgeophonen platziert (Abbildung 4 rechts). Alle Geophongruppen sind entlang der Geophonlinien mit Kabeln verbunden. Außer zu Beginn und zum Ende der Messung erfolgt die Registrierung der seismischen Wellen entsprechend der bisherigen Konzeptplanung (Geophysik GGD, 2014), (DMT Petrologic, 2014); siehe auch Kapitel 2, Variante A) gleichzeitig auf mindestens 30 Geophonlinien mit jeweils 500 Geophongruppen. Diese bei einer Anregung registrierende Geophonauslage deckt damit eine Fläche von ca. 5000 m x 2900 m ab („aktive Messfläche“). Durch kontinuierliches Verschieben dieser „aktiven Messfläche“ und der Anregungspunkte wird die gesamte Messfläche sukzessive überdeckt. Damit die seismische Messung ohne zeitliche Verzögerung kontinuierlich voranschreiten kann, müssen allerdings deutlich mehr Geophongruppen aufgebaut werden und messbereit sein als die beschriebene „aktive Messfläche“. In Kapitel 2.1 wird der zeitliche Ablauf der seismischen Messung mit dem jeweils dafür notwendigen Aufbau der Geophongruppen detailliert dargestellt.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 17 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

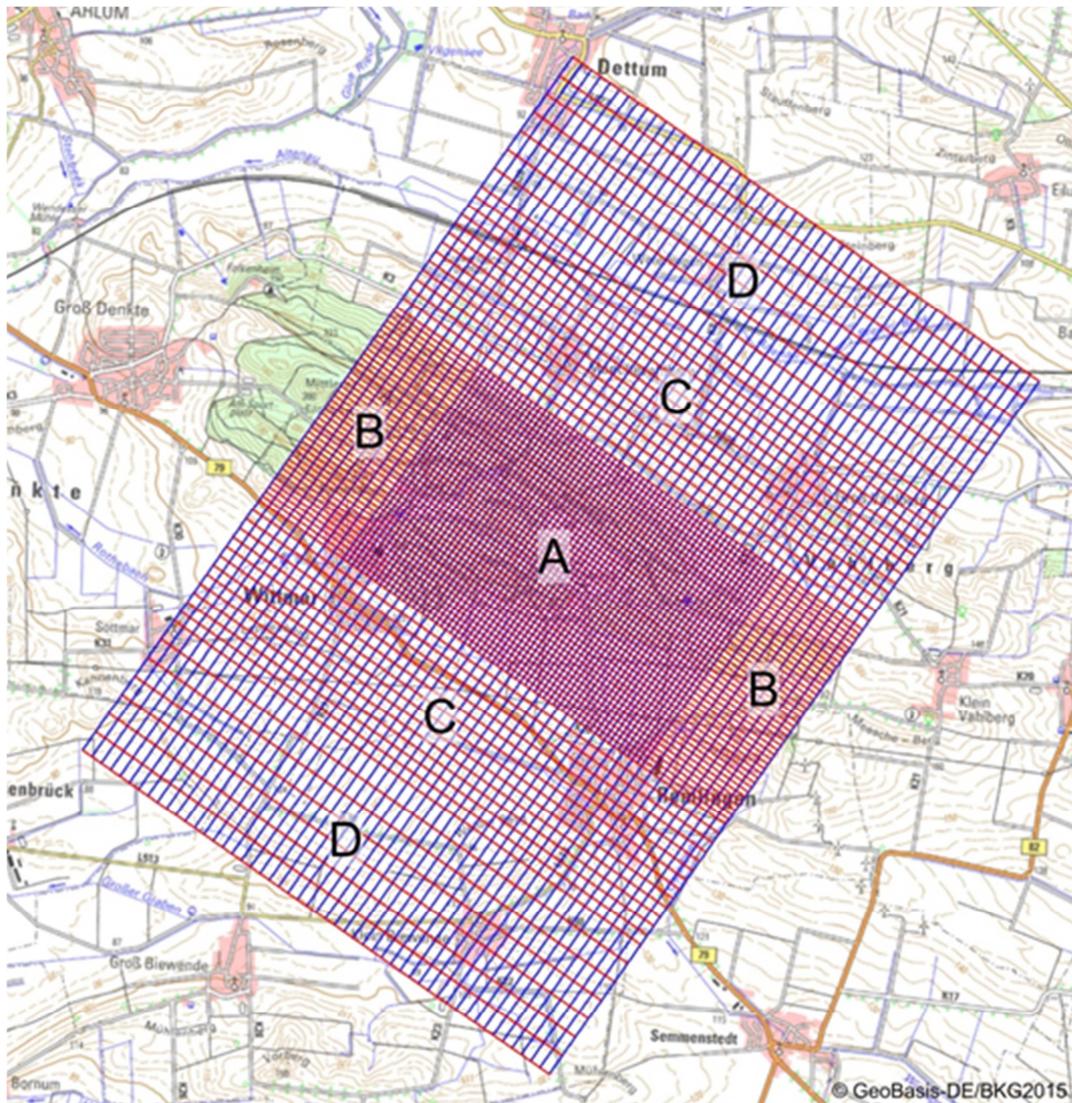


Abbildung 6: Theoretisches Messraster der 3D-Seismik mit Geophonlinien (blau) in Südwest-Nordost-Richtung und dazu senkrechten Anregungspunktlinien (rot). Der Abstand der Geophonlinien beträgt in den Zonen B, C und D jeweils 100 m, in der Zone A 50 m. Der Abstand der Anregungspunktlinien beträgt in der Zone D 200 m, in der Zone C 100 m und in den Zonen A und B jeweils 50 m.

## 1.8 ANREGUNG SEISMISCHER WELLEN

Die Anregung der seismischen Wellen folgt nach Möglichkeit einem theoretischen Messraster mit Nordwest-Südost verlaufende Linien, die senkrecht zu den Geophonlinien ausgerichtet sind (Kap. 1.7). Der Abstand der Anregungspunktlinien beträgt im Zentrum der Messfläche 50 m (Zone A und Zone B), um dieses Zentrum herum 100 m (Zone C) und am südwestlichen und nordöstlichen Rand (in Zone D) der Messfläche 200 m (Abbildung 7). Der Anregungspunktabstand auf diesen Linien beträgt jeweils 10 m.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 18 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Die Anregungspunkte liegen überwiegend auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen oder Wiesen. Diese Flächen werden nur genutzt, wenn die Zustimmungen des Eigentümers und des Flächennutzers vorliegen (s. Kap. 1.3). In Ortschaften wird für die Anregungspunkte das bestehenden Straßen- und Wegenetz genutzt.

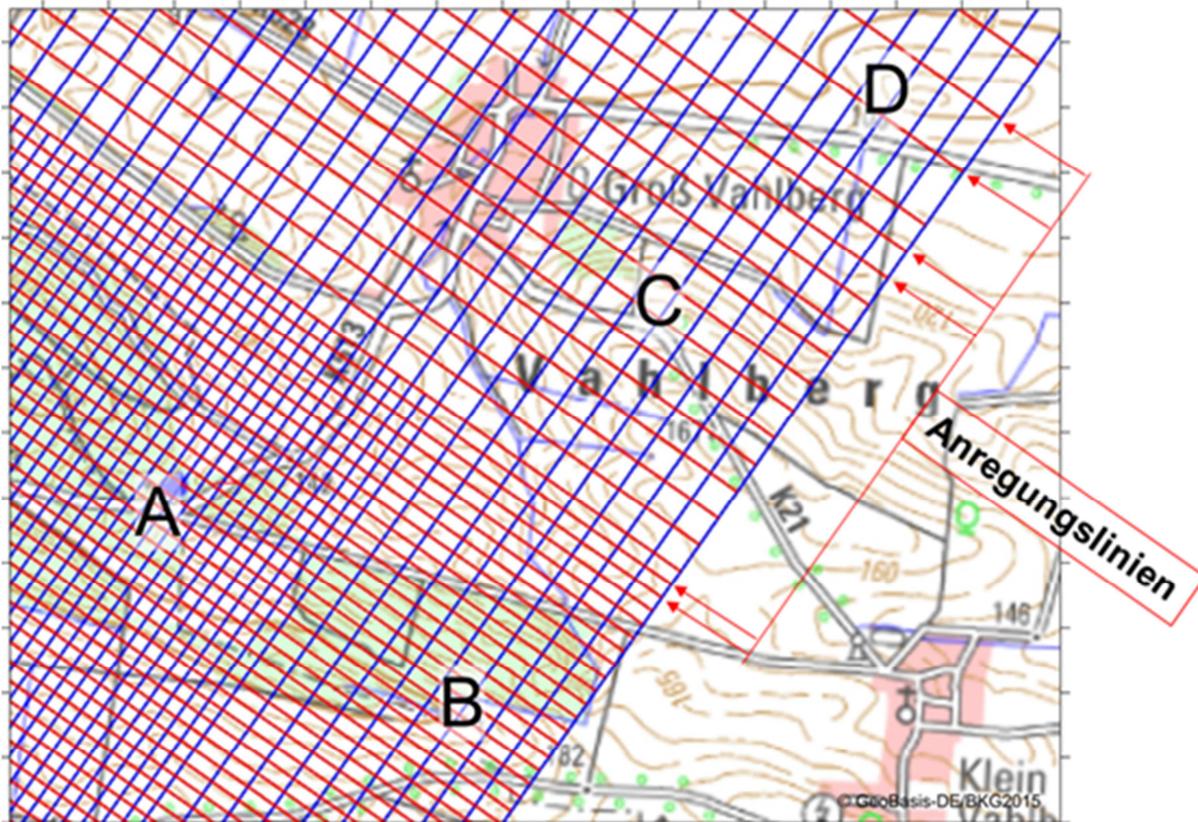


Abbildung 7: Ausschnitt aus der Abb. 6 des theoretischen Messrasters der seismischen Messfläche.

Die Anregung der seismischen Wellen erfolgt vorzugsweise mit einem oder zwei Vibratorfahrzeugen (s. Kap. 1.8.1). An einzelnen Lokationen mit eingeschränkter Zugänglichkeit (z.B. in Waldgebieten), wo eine Anregung der seismischen Wellen mit Vibrationsfahrzeugen nicht möglich ist, werden die seismischen Wellen durch das Zünden kleiner Sprengladungen in flachen Bohrlöchern angeregt (Kap. 1.8.2).

## 1.8.1 Vibroseismik

Für die Anregung seismischer Wellen kommen ein oder zwei Vibratoren zum Einsatz, die auf einem geländegängigen Trägerfahrzeug montiert sind. Ein oder zwei weitere Vibratorfahrzeuge stehen in Reserve, um regelmäßige Wartungen an dem anderen Fahrzeug zu ermöglichen. Die Vibratorfahrzeuge sind mit lärmgedämmten Dieselmotoren und Hydraulikantrieben ausgestattet und per Einzelgenehmigung nach §4 der Fahrzeugzulassungsverordnung für den Straßenverkehr zugelassen. Soweit technisch möglich, werden biologisch schnell abbaubare Öle verwendet. Die Vibratorfahrzeuge fahren auf Breitreifen (Abbildung 8 und Abbildung 9), so dass der ausgeübte Bodendruck etwa dem von schweren Traktoren entspricht. Alle Fahrzeuge sind mit gelben Rundumleuchten ausgestattet. Auf öffentlichen Straßen wird das arbeitende Vibratorfahrzeug



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 19 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

entsprechend verkehrsrechtlichen Anordnungen durch je ein Sicherungsfahrzeug vorn und hinten begleitet und abgesichert.

Während der seismischen Messungen fährt das Vibratorfahrzeug die markierten Anregungspunkte an und senkt dort eine ca. 2,5 m<sup>2</sup> große Bodenplatte ab, über die dann ein mindestens 10 s dauerndes Vibrationssignal im Frequenzbereich von 8 Hz bis 150 Hz in den Boden abgestrahlt wird. Diese Anregung wird an einem Anregungspunkt unmittelbar aufeinanderfolgend mehrmals wiederholt, so dass die gesamte Dauer der Messung pro Anregungspunkt etwa 3 Minuten beträgt. Die auf die Bodenplatte ausgeübte Kraft des Vibrators kann abhängig von den lokalen Gegebenheiten (Bebauung, Untergrund) variiert werden. Sie beträgt bei beispielsweise bei dem Vibrator Mark IV (Hemi 50) maximal 223 kN (Abbildung 8) und bei dem Vibrator AHV-IV (PLS-362) maximal 275 kN (Abbildung 9). Üblicherweise wird mit Kräften zwischen 30 % und 80 % der Maximalkraft gearbeitet. Die Kraft wird insbesondere in Ortslagen reduziert, so dass die in der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ vorgegebenen Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten in Gebäuden, die in der Nähe (ca. 10 – 20 m) der Anregungspunkte liegen, nicht überschritten werden (s. Kap. 1.8.3).

Die Anregungspunkte werden in einer bestimmten Reihenfolge angefahren bzw. abgearbeitet, die ausführlich in Kapitel 2.1 bzw. Kap. 3.5 beschrieben ist.



© Foto:

Abbildung 8: Vibrationsfahrzeug Mark IV mit Vibrator Hemi 50.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 20 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		



© Foto: DMT

Abbildung 9: Vibrationsfahrzeug AHV-IV mit Vibrator PLS-362.

## 1.8.2 Sprengseismik

An einzelnen Lokationen mit eingeschränkter Zugänglichkeit (z.B. in Waldgebieten), wo eine Anregung der seismischen Wellen mit dem Vibrationsfahrzeug nicht möglich ist, erfolgt die Anregung seismischer Wellen durch das Zünden kleiner Sprengladungen in flachen Bohrlöchern. Voraussichtlich werden ca. 7000 Punkte durch Sprengladungen in flachen Bohrungen angeregt. Zur Ermittlung der optimalen Ladungs- bzw. Bohrtiefen werden die Ergebnisse der Nahlinienmessungen verwendet (Kap. 1.6). Basierend auf den vorliegenden Kenntnissen zur oberflächennahen Geologie wird für die Einzelbohrungen mit Tiefen von 6 m bis maximal 15 m gerechnet. Sollten Tiefen größer als 6 m aus technischen oder geologischen Gründen nicht erreichbar sein, so werden Gruppen bestehend aus zwei flacheren Bohrungen mit einer Teufe von mindestens 2 m abgeteuft. In Gebieten, in denen artesisch gespanntes Wasser zu erwarten ist, werden keine Bohrungen niedergebracht.

Als Bohrverfahren werden bevorzugt Verdrängungsbohrungen, ggf. auch Trockenbohrungen im Lufthebeverfahren oder im Sonic-Drill-Verfahren eingesetzt. In Abhängigkeit der Verhältnisse vor Ort kann für die Bohrungen ein MB Trac zum Einsatz kommen (Abbildung 10 links). Bei stark beschränkter Zugänglichkeit und/oder sehr flachen Bohrungen (Tiefe < 6 m) können die Bohrungen auch manuell mit tragbaren Bohrgeräten abgeteuft werden (Abbildung 10 rechts). Der Bohrlochdurchmesser liegt voraussichtlich zwischen 5 cm und 10 cm.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 21 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		



© Fotos:

Abbildung 10: Bohrgeräte auf MB-Tracs (links) und Handbohrgerät im Einsatz (rechts) .

Die notwendige Ladungsmenge für die Sprengseismik wird durch Testmessungen vor Beginn der seismischen Messungen bestimmt. Sie wird in Abhängigkeit von der Anregungskonfiguration (einzelne Bohrung oder Gruppe bestehend aus zwei Bohrungen) und der Bohrlochteufe zwischen 500 g und 1 kg pro Bohrloch liegen und 1 kg an einer Anregungslokation nicht überschreiten. Bei den verwendeten Sprengstoffen handelt es sich um speziell für seismische Anwendungen geeignete gelatinöse Sprengstoffe.

Unmittelbar nach dem Abteufen der Bohrung wird eine mit einem Sicherheitsanker versehene Sprengpatrone in das Bohrloch eingebracht und der Rest des Bohrloches mit Bentonit-Stangen sowie ggf. mit dem wieder verwendbaren Bohrklein verfüllt. Die Verfüllung stellt sicher, dass eventuell auftretende Flüssigkeiten nicht austreten oder durch das Bohrloch in andere Gesteinsschichten übertreten können. Nach der Verfüllung werden die aus dem Bohrloch herausgeführten Zünderdrähte kurzgeschlossen, zusammengerollt und seitlich von dem Bohrloch eingegraben. Die Bohrung wird spatentief mit einem Holzdeckel geschlossen und mit Bodenmaterial abgedeckt, so dass sie nicht weiter sichtbar ist. Die vorgeladenen Sprengbohrlöcher werden regelmäßig, sowohl während der normalen Arbeitszeiten als auch in der arbeitsfreien Zeit sowie an Sonn- und Feiertagen, in bestimmten Abständen gezielt kontrolliert. Die Abstände der Kontrollen sind so gewählt, dass es nicht möglich ist, in der Zwischenzeit die Sprengladung unbefugt und unbemerkt zu entfernen. Bei den hier angesetzten Teufen müssten die Sprengbohrlöcher aufgegraben werden, was jedoch nicht ohne Zuhilfenahme von schwerem Gerät möglich ist.

Die Festlegung des Gefahrenbereiches während der Sprengungen unterliegt dem Sprengberechtigten (mit Befähigungsschein gem. §20 Sprenggesetz). Vor dem Zünden der Sprengladungen wird der Gefahrenbereich abgesperrt. Unbefugte dürfen den Spreng- und Gefahrenbereich nicht betreten. Bei jeder Sprengung werden vom Sprengberechtigten folgende Signale gut hörbar gegeben:

1. Signal = ein langer Ton                      Sofort in Deckung gehen
2. Signal = zwei kurze Töne                Es wird gezündet
3. Signal = drei kurze Töne                Sprengen beendet oder die Sprengarbeit ist unterbrochen



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 22 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Die Sprengmomentzündler werden elektrisch gezündet. Es werden pro Bohrloch zwei Zündler installiert, die der gleichen Zeitstufe angehören und gleichzeitig mit derselben Zündmaschine gezündet werden. Aufgrund der Verfüllung des Bohrloches mit Bentonit-Stangen tritt bei der Sprengung kein Auswurf auf und es entstehen auch keine Einbrüche an der Erdoberfläche. Nach dem Zünden der Sprengladungen wird vom Sprengberechtigten die Sprengstelle auf Versager und andere Unregelmäßigkeiten kontrolliert.

## 1.8.3 Begleitende Erschütterungsmessungen



© Foto:

Abbildung 11: Erschütterungsmessung.

Durch die Anregung elastischer Wellen an der Erdoberfläche oder in flachen Bohrungen sind in unmittelbarer Umgebung der seismischen Quellen leichte Erschütterungen wahrnehmbar. Durch die geeignete Wahl der Anregungsquellen und durch die Anwendung von Sicherheitsabständen wird der Einfluss dieser Erschütterungen auf bauliche Anlagen minimiert. Im Rahmen des Permitting (s. Kap. 1.3) werden anhand von Leitungsplänen der Ver- und Entsorgungsunternehmen alle Leitungen aufgenommen und bei der Durchführung der Anregung berücksichtigt.

Die einzelnen bei der Anregung elastischer Wellen verursachten Erschütterungen sind mit 10 s nur von kurzer Dauer. In dieser Zeitspanne wird ein sinusförmiges Signal im Frequenzbereich von 8 Hz bis 150 Hz gleichmäßig durchlaufen, so dass keine impulsförmigen Signalspitzen oder Resonanzen auftreten. An einem Anregungspunkt erfolgen mehrere dieser Anregungen unmittelbar hintereinander: 6 Anregungen bei Variante A (s. Kap. 2), 3 Anregungen

bei Variante B (s. Kap. 3). Zur Beurteilung der durch die Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen werden am Immissionsort separate Erschütterungsmessungen entsprechend DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ ausgeführt, um die Einhaltung der in der DIN vorgegebenen Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeiten zu gewährleisten (Abbildung 11) bzw. nachzuweisen. Bei Annäherung der Messwerte an die Anhaltswerte wird die Kraft der Vibratoren reduziert. Ist absehbar, dass die Anhaltswerte nicht unterschritten werden, wird der Anregungspunkt ausgelassen.

Die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen werden in einem Protokoll dokumentiert und archiviert. Bewohner werden vor Beginn der Messungen informiert. Falls doch unerwartet Schäden auftreten, werden diese dokumentiert und entschädigt.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 23 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 1.9 REKULTIVIERUNG UND ENTSCHÄDIGUNG

Nach Abschluss der Arbeiten erfolgt eine ordnungsgemäße Wiederherrichtung des Geländes. Alle nicht mehr benötigten Geophone, Geophonanschlussboxen, Geophonkabel und Datenübertragungskabel sowie die Markierungen der Vermessung (Holzpflocke, Bänder zur Kennzeichnung des Profilverlaufs) werden zeitnah eingesammelt. Eventuelle Schäden, die durch die seismischen Messungen entstanden sind, wie z.B. Fahrspuren auf Ackerflächen, reguliert der Auftraggeber entsprechend den mit dem rechtlichen Vertreter einer Liegenschaft getroffenen Vereinbarungen. Die Schadensaufnahme erfolgt durch die Mitarbeiter des Permitting (s. Kap. 1.3).



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 24 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 2 VARIANTE A: DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG IN EINER MESSKAMPAGNE (URSPRÜNGLICHE PLANUNG)

### 2.1 ZEITLICHER ABLAUF DER SEISMISCHEN MESSUNG UND BETROFFENE FLÄCHEN

Zur Abarbeitung der Messfläche erfolgt der Fortschritt der Anregungspunkte entlang von Streifen parallel zu den Geophonlinien mit einer Streifenbreite von 200 m (Abbildung 12).

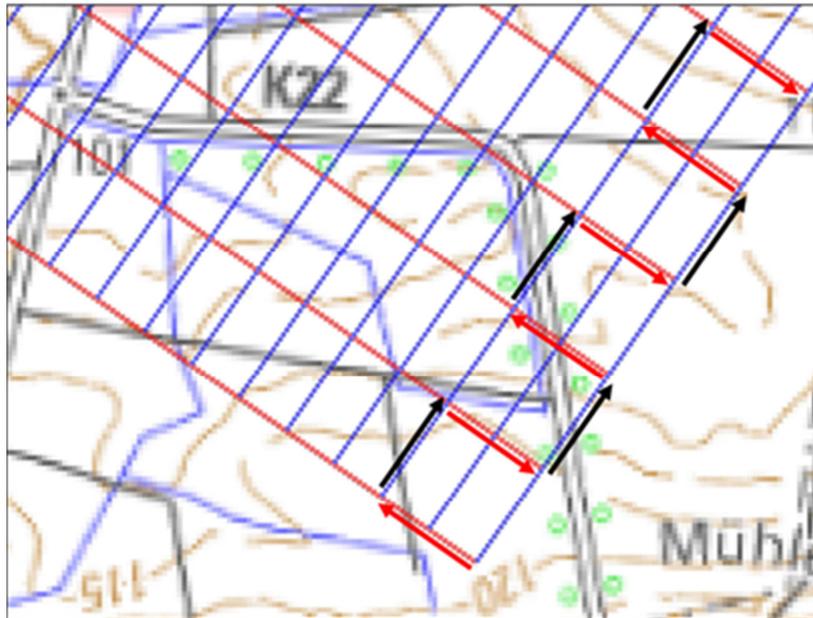


Abbildung 12: Messfortschritt der Anregungspunkte entlang von Streifen mit 200 m Breite parallel zu den Geophonlinien (Variante A). Rote Pfeile: Abarbeiten der Anregungspunkte, schwarze Pfeile: Umfahrt zur nächsten Anregungspunktlinie.

Die Ablaufplanung der Seismik berücksichtigt auch die zeitlich und räumlich im Messgebiet vorhandenen Naturschutzbelange. Generell gilt, dass potentielle Störungen insbesondere in den Brut- und Setzzeiten von gefährdeten und streng geschützten Vogelarten durch die Anregung seismischer Wellen auf möglichst kurze Zeiträume zu begrenzen sind.

Im Folgenden wird ein Beispiel für den Ablauf der 3D-seismischen Messungen mit einem Beginn der seismischen Messungen in der Südecke des Messgebiets dargestellt. Vor Messbeginn sind alle dafür notwendigen vorbereitenden Maßnahmen (z. B. Nahlinienmessungen, Einmessen der ersten Anregungs- und Empfangspunkte, Kampfmittelfreiheit, evtl. Bohren und Laden erster Sprengpunkte, Aufbau der ersten Geophonauslage) in dem für den Start erforderlichen Umfang abgeschlossen. Die Abbildungen 13a bis 13c zeigen exemplarisch den Fortschritt der Anregungspunkte entsprechend dem in Abbildung 12 dargestellten Schema für einzelne Streifen von 200 m Breite. Dem Messfortschritt liegt die Annahme einer Leistung von ca. 1200 Anregungspunkten pro Woche zu Grunde. Der 200 m breite Streifen, in dem die Anregungspunkte in einem bestimmten Zeitraum fortschreiten, ist violett markiert. Die blau und violett markierten Flächen kennzeichnen die für den jeweiligen Streifen notwendige messbereite Geophonauslage. Grau markierte Flächen symbolisieren Bereiche, in dem die Geophonauslage während der Messung auf- bzw. abgebaut wird. Die Größe der „aktiven Messfläche“ beträgt 5 km x 2,9 km



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 25 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

(s. Kap. 1.7), wobei die Messung am Rand des Messgebietes mit mindestens der halben „aktiven Messfläche“ erfolgt.

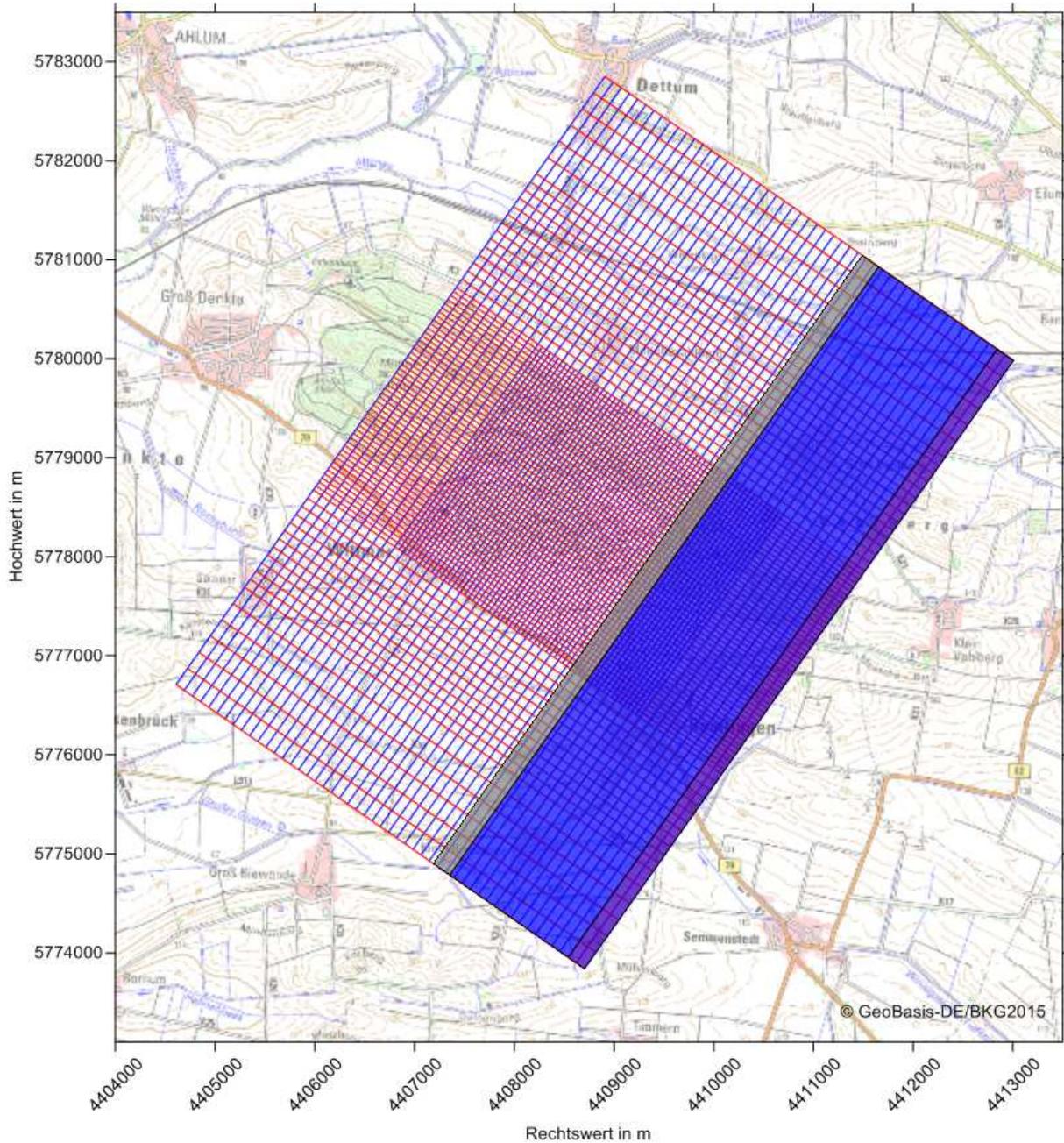


Abbildung 13a: Beispiel für einen Messbeginn in der Südecke: Anregung im 1. Streifen (violett) mit notwendiger Geophonauslage (blau und violett) sowie Aufbau für den nächsten Streifen (grau). Messzeitraum Tag 0 – Tag 8 nach Messbeginn.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 26 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

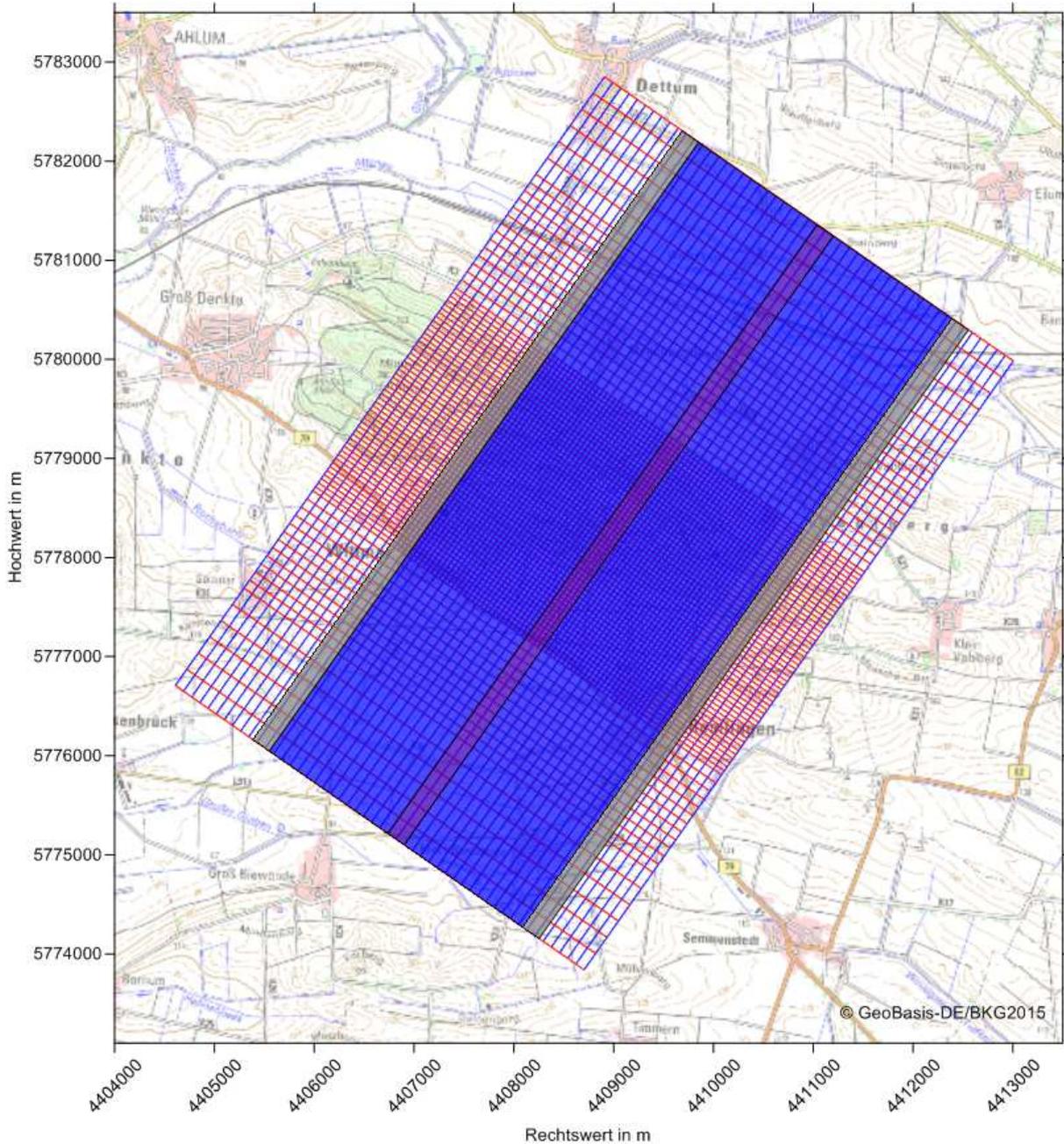


Abbildung. 13b: Beispiel für einen Messbeginn in der Südecke: Anregung im 12. Streifen (violett) mit notwendiger Geophonauslage (blau und violett) sowie Geophonaufbau für den nächsten Streifen bzw. Abbau der nicht mehr benötigten Geophonauslage (grau). Messzeitraum Tag 97 – Tag 106 nach Messbeginn.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 27 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

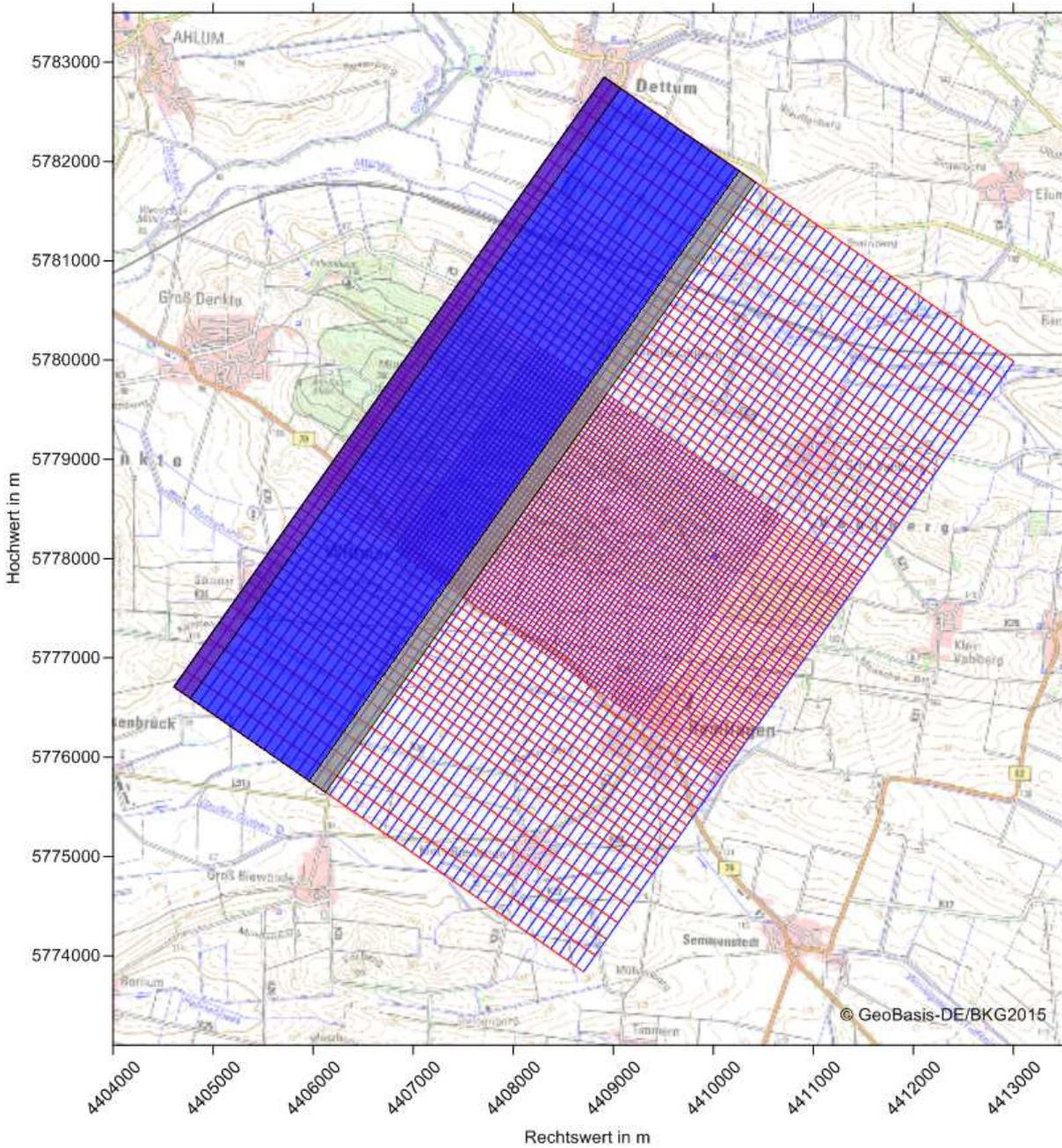


Abbildung 13c: Beispiel für einen Messbeginn in der Südecke: Anregung im 25. Streifen (violett) mit notwendiger Geophonauslage (blau und violett) sowie Abbau der nicht mehr benötigten Geophonauslage (grau). Messzeitraum Tag 213 – Tag 222 nach Messbeginn.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 28 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 3 VARIANTE B: TEILUNG DER MESSFLÄCHE UND DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG IN ZWEI MESSKAMPAGNEN

### 3.1 EINLEITUNG

Basierend auf den Messparametern der bisherigen Konzeptplanung (DMT Petrologic, 2014) (Geophysik GGD, 2014) umfasst die Dauer der 3D-Seismik Asse nahezu ein Jahr. Dabei beträgt die reine Messzeit ca. 260 Tage. Hinzukommen etwa 1 - 2 Monate für vorbereitende Arbeiten (Einmessung und Aufbau der ersten Messauslage, Bohren für Sprengpunkte innerhalb der ersten 2 bis 3 Messtreifen, Nahlinien, Sondierungen auf Kampfmittelaltlasten, Technisches Audit, Parametertests) sowie ca. 1 Monat für nachbereitende Arbeiten (Abbau der letzten Messauslage, Rekultivierung). Aufgrund der Größe der aktiven Messfläche (5 km x 2,9 km) und des sehr engen Messrasters (Tabelle 1 und Abbildung 6) wird auf zahlreichen landwirtschaftlich genutzten Flächen für einen Zeitraum von bis zu 200 Tagen keine Bodenbearbeitung möglich sein. Zur Berücksichtigung von Belangen des Vogelschutzes kann die seismische Messung außerdem nur in bestimmten Zeiträumen (Mitte August bis Mitte September oder Anfang Februar bis Mitte Juni) starten, so dass möglicherweise mehrere Fruchtfolgen bzw. Aussaaten betroffen sind. Diese starke zeitliche Einschränkung der landwirtschaftlichen Aktivitäten wurde als sehr problematisch angesehen.

	Anregungspunkt- linienabstand	Empfangspunkt- linienabstand
Zone A	50 m	50 m
Zone B	50 m	100 m
Zone C	100 m	100 m
Zone D	200 m	100 m

Tabelle 1: Anregungs- und Empfangspunktlinienabstände innerhalb einzelner Zonen der gesamten Messfläche.

Zur Minimierung der oben genannten Einschränkungen kann die 3D-Seismik in zwei Messetappen unterteilt werden. Die einzelnen Messetappen können dann jeweils während der „vegetationsfreien“ Zeit vom 01.11. bis 28.02. in zwei aufeinanderfolgenden Jahren durchgeführt werden. Eine Messung innerhalb dieses Zeitraums von November bis Februar, der weitestgehend frei von Bodenarbeiten auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen ist, würde die Einschränkungen für Landwirte deutlich verringern bzw. gar nicht erst auftreten lassen. Die Teilung der 3D-Seismik in zwei Messetappen von jeweils 4 Monaten ist möglich, wenn gegenüber der bisherigen Planung (s. Kap. 2) die seismischen Wellen anstelle von einem Vibratorfahrzeug mit 6 Sweeps pro Anregungspunkt durch zwei Vibratorfahrzeuge mit 3 Sweeps pro Anregungspunkt erzeugt werden und so die Messung insgesamt beschleunigt wird. Eine weitere Verkürzung der Messzeit kann durch eine Reduzierung der Messpunktanzahl in den Randbereichen der Messfläche erfolgen.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 29 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Die genannten Maßnahmen,

- Beschleunigung der Messung durch Erhöhung der Anzahl der Vibratorfahrzeuge bei gleichzeitiger Verringerung der Sweepanzahl,
- Teilung der Messfläche mit einem Überlappungsbereich beider Teilflächen,
- und Reduzierung der Messpunktanzahl,

führen gegenüber der bisherigen Planung zu keiner signifikanten Verschlechterung der zu erwartenden Datenqualität. Im Gegenteil, die Teilung der Messfläche, verbunden mit einer leichten Modifikation der Messgeometrie, lässt sogar eine bessere Datenqualität bei der Abbildung tieferer Horizonte (z. B. der Zechsteinbasis) erwarten. Mögliche Effekte dieser Maßnahmen wurden im Institut für Geophysik und Geoinformatik der TU Bergakademie Freiberg geprüft (Hellwig & Buske, 2016). Die folgenden Abschnitte greifen die wesentlichen Punkte dieser Prüfung auf und fassen deren Ergebnisse zusammen.

## 3.2 BESCHLEUNIGUNG DER MESSUNG DURCH ERHÖHUNG DER ANZAHL DER VIBRATIONSFAHRZEUGE BEI GLEICHZEITIGER VERRINGERUNG DER SWEEPANZAHL

Bei der seismischen Anregung sind bisher ein Vibratorfahrzeug und 6 Sweeps mit jeweils 10 s Sweeplänge pro Anregungspunkt vorgesehen. Damit sind ca. 200 Anregungspunkte pro Tag realisierbar. Mit zwei Vibratorfahrzeugen und 3 Sweeps lässt sich bei unveränderter Sweeplänge die Produktivität auf etwa 350 Anregungspunkte pro Tag erhöhen. Dabei wurde bereits berücksichtigt, dass das Handling einer Gruppe von zwei Vibratorfahrzeugen etwas langsamer sein kann.

Bei unveränderter Sweeplänge ändert sich die in den Untergrund abgestrahlte seismische Energie beim Einsatz von zwei Vibratorfahrzeugen mit 3 Sweeps gegenüber dem Einsatz von einem Vibratorfahrzeug mit 6 Sweeps nicht. Das Signal-zu-Noise-Verhältnis kann sich nach Cordsen et al. (Cordsen, Galbraith, & Peirce, 2000) sogar verbessern:

$$S/N \text{ improvement in dB} = 20 \log (\text{number of vibrators} \times \text{fundamental ground force} \times (\text{sweep length} \times \text{number of sweeps} \times \text{bandwidth of sweep})^{1/2})$$

Bei einem Messpunktabstand von 10 m ist außerdem zu berücksichtigen, dass die aus zwei Vibratorfahrzeugen bestehende Gruppe eine Gesamtlänge von ca. 22 m aufweist (Abstand der Bodenplatten ca. 12 m). Der Messpunkt muss sich also genau in der Mitte zwischen den beiden Vibratorfahrzeugen befinden. Der Einsatz zweier Fahrzeuge verändert die Abstrahlcharakteristik des „Quell-Arrays“ gegenüber einer Einzelquelle. Wenn beide Vibratorfahrzeuge entlang der Anregungslinien parallel zum Streichen der Flanken der Asse-Salzstruktur ausgerichtet sind, hat die Abstrahlcharakteristik des „Quell-Arrays“ keinen Einfluss auf die seismische Abbildung der Salzflanken. In alle anderen Richtungen bewirkt die Abstrahlcharakteristik eine Veränderung des Quellsignals. Die Änderungen im Amplitudenspektrum des Quellsignals, die in ihrer Wirkung einem Kerbfilter (Notch-Filter) entsprechen, hängen von der lokalen Ausbreitungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen, der Frequenz und der Einfallrichtung der Wellen ab. Die stärkste Änderung des Spektrums ist in Richtung der Anregungslinien bei niedriger Ausbreitungsgeschwindigkeit und flachem Einfallen der Wellen zu beobachten. Flach einfallende Reflexionen sind in der vorliegenden Erkundungssituation jedoch nur von steil einfallenden Störungen, z.B. Querstörungen



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 30 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

im Deckgebirge, zu erwarten. Bei einer angenommenen Ausbreitungsgeschwindigkeit von 2000 m/s und einem Einfallswinkel von 70° ist beispielsweise eine Notch-Frequenz bei ca. 90 Hz zu beobachten. Eine Begrenzung der Bandbreite geht mit einer geringen Verringerung der erzielbaren vertikalen Auflösung einher. Eine Verringerung der Auflösung bedeutet dabei ausdrücklich nicht, dass eine Struktur (z.B. Querstörung im Deckgebirge) nicht abbildbar wäre. Die Abbildbarkeit hängt vor allem vom Kontrast der elastischen Parameter an der Grenzfläche und deren Beleuchtung (Überdeckungsgrad, Winkelverteilung) ab. Eine Verringerung der vertikalen Auflösung bedeutet lediglich, dass sich der Abstand zweier nahe beieinander liegenden Reflektoren vergrößert, ab dem beide Reflektoren als getrennte Reflexionen wahrnehmbar sind. Ein positiver Effekt der Abstrahlcharakteristik besteht darin, dass Oberflächenwellen, die sich in Richtung der Anregungslinien ausbreiten, gedämpft werden. Durch ihre langsamere Ausbreitungsgeschwindigkeit und ihre Ausbreitungsrichtung entlang der Erdoberfläche (Inklination 90°) sind sie am stärksten von der Filterwirkung des „Quell-Arrays“ betroffen.

Da eine signifikante Einschränkung der Datenqualität durch den Einsatz einer aus zwei Vibratorfahrzeugen bestehenden Gruppe nicht zu erwarten ist, wird zur Beschleunigung der seismischen Messungen (auf etwa 350 Anregungspunkte pro Tag) empfohlen, zwei Vibratorfahrzeuge mit 3 Sweeps anstelle von einem Vibratorfahrzeug mit 6 Sweeps bei unveränderter Sweeplänge in allen Zonen des Messgebiets einzusetzen. Anregungspunkte, die für die Vibratorfahrzeuge nicht erreichbar sind (z.B. aufgrund nicht ausreichender Platzverhältnisse in Waldgebieten oder eines nicht tragfähigen Untergrunds), werden, wie bisher geplant, per Sprengseismik (bei einer Produktivität von ca. 200 Anregungspunkten pro Tag) angeregt.

### 3.3 TEILUNG DER MESSFLÄCHE

Morphologisch wird die Messfläche durch den Asse-Höhenzug in zwei nahezu gleich große Teilflächen unterteilt. Die zu erkundende Salzstruktur folgt als Schmalsattel weitestgehend dem Höhenzug. Der Top des Salzsattels ist in einer Tiefe von ca. 300 m unter der Geländeoberfläche zu erwarten. Die mit Einfallswinkeln um 70° sehr steil stehende Südflanke besteht aus Gesteinen des Oberen Buntsandsteins und des Muschelkalks sowie darauf folgenden Deckgebirgsschichten, während an der etwas flacher einfallenden Nordflanke der Untere Buntsandstein und Muschelkalk im Bereich des Höhenzugs bis zur Tagesoberfläche hochgedrückt worden sind. Die weitestgehend horizontal liegende Zechsteinbasis befindet sich in einer Tiefe von ca. 2200 m unter der Geländeoberfläche.

Zur seismischen Abbildung der Flanken lässt sich daher die Messfläche in zwei Teilflächen entlang des Asse-Höhenzugs teilen (Abbildung 14a und Abbildung 14b). Für die Abbildung des Salzsattels und flach liegender Strukturen sollten sich die Empfangspunkte der beiden Teilflächen im Bereich des Asse-Höhenzugs überlappen. Ein Überlappen der Anregungspunkte ist nicht unbedingt erforderlich, wäre aber sinnvoll, damit die separat gemessenen Teilflächen auf der Basis von Wiederholungspunkten gemeinsam bearbeitet und aneinander gefügt werden können.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 31 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

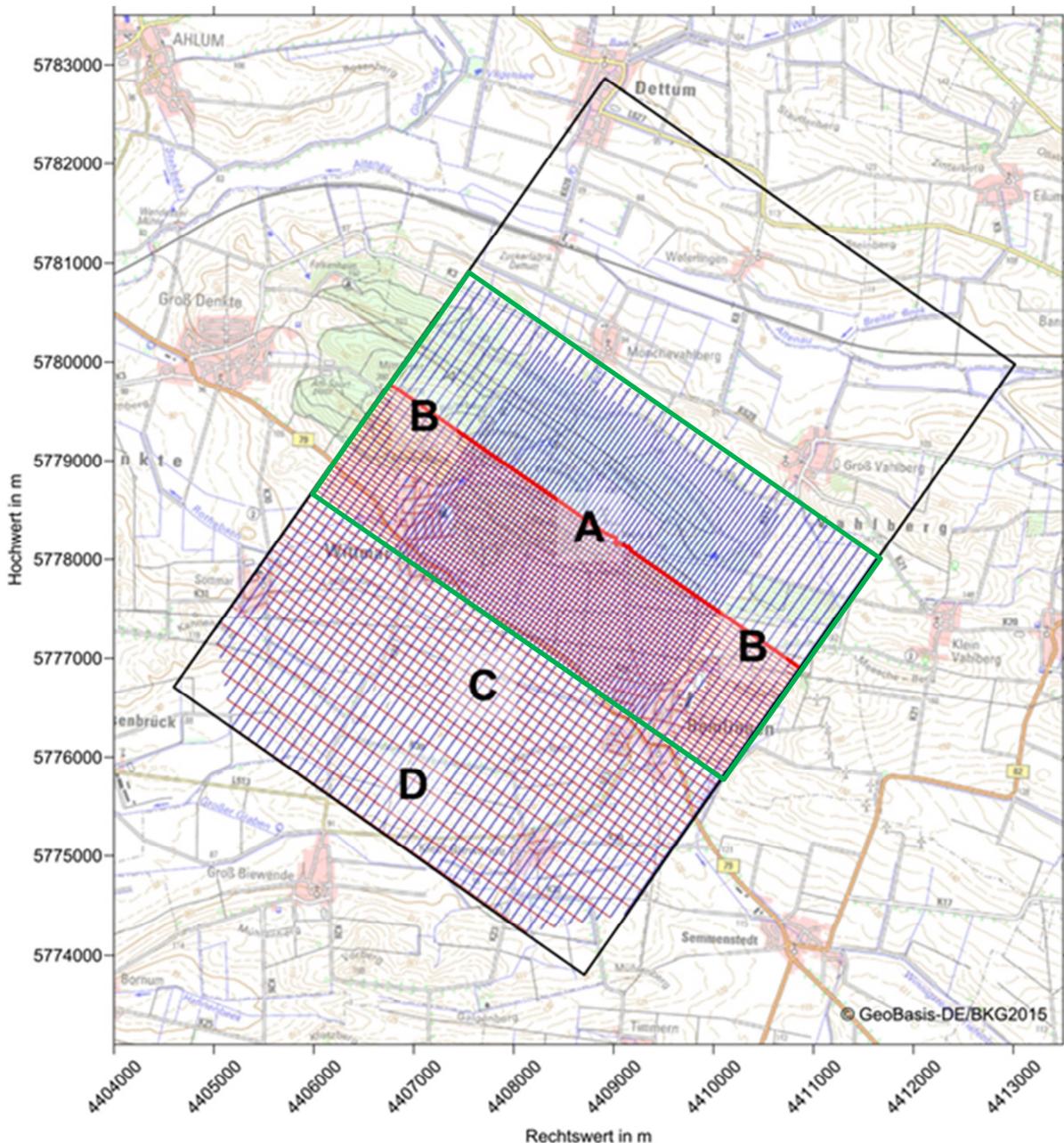


Abbildung 14a: Südteil der geteilten Messfläche ohne die an den äußeren Ecken der Messfläche weggelassenen Anregungs- und Empfangspunkten (rot: Anregungspunktlinien, blau: Empfangspunktlinien). Die Teilung erfolgt in der Mitte der gesamten Messfläche auf Höhe der Schachanlage Asse II. Die dort rot markierte Anregungspunktlinie wird mit der Messung jeder Teilfläche wiederholt. Die grün umrahmte Fläche kennzeichnet den Bereich, in dem die Geophonlinien bei der Messung für beide Teilflächen aufgebaut werden müssen (Überlappungsbereich).



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 32 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

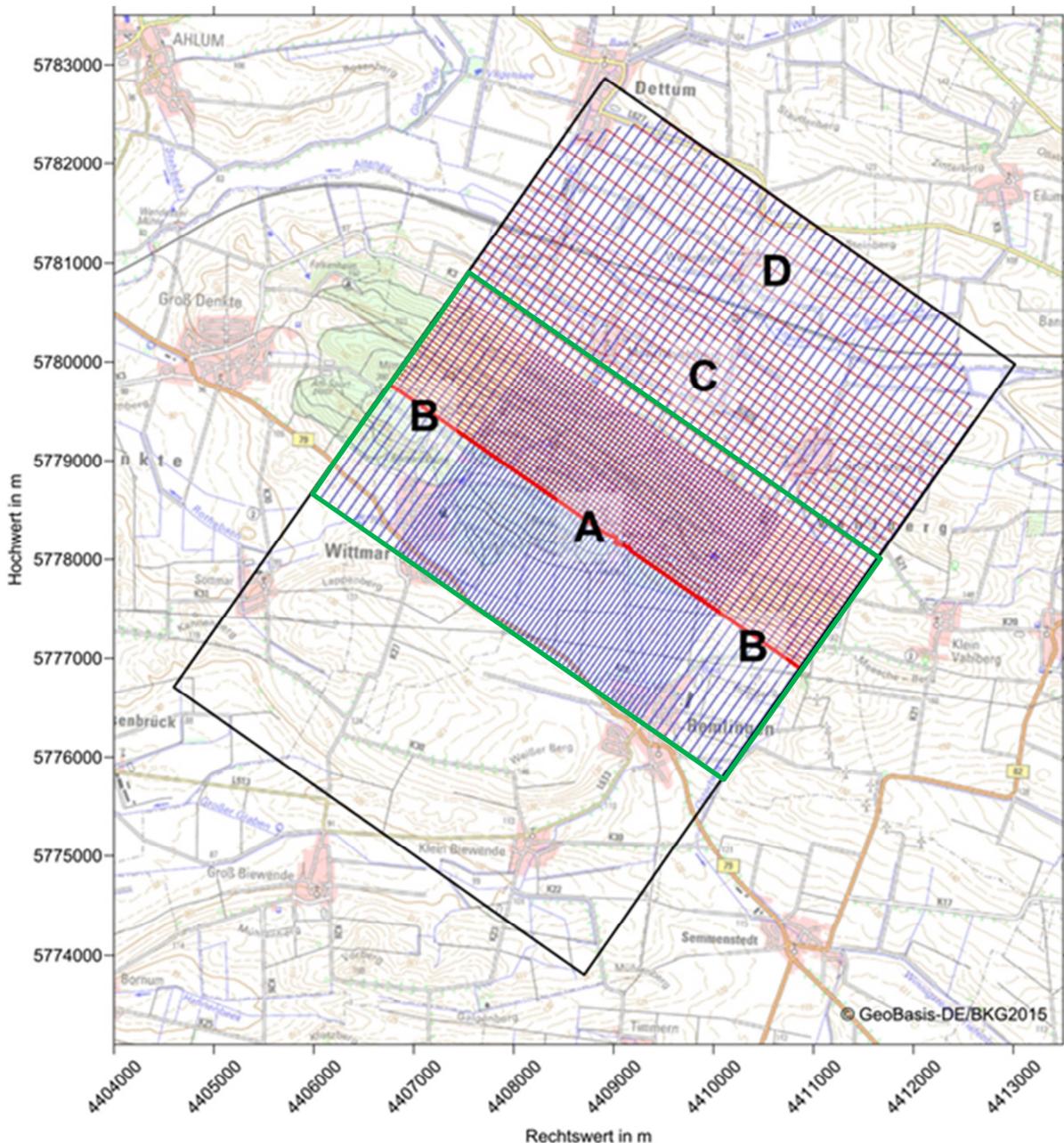


Abbildung 14b: Nordteil der geteilten Messfläche ohne die an den äußeren Ecken der Messfläche weggelassenen Anregungs- und Empfangspunkte (rot: Anregungspunktlinien, blau: Empfangspunktlinien). Die Teilung erfolgt in der Mitte der gesamten Messfläche auf Höhe der Schachanlage Asse II. Die dort rot markierte Anregungspunktlinie wird mit der Messung jeder Teilfläche wiederholt. Die grün umrahmte Fläche kennzeichnet den Bereich, in dem die Geophonlinien bei der Messung für beide Teilflächen aufgebaut werden müssen (Überlappungsbereich).

Wie in der Vorplanung der 3D-seismischen Messungen durch ein Ray-Tracing (Geophysik GGD, 2011) und in der Ergänzung zur Konzeptplanung durch eine FD-Modellierung (Hellwig & Buske, 2016) gezeigt, tragen Anregungspunkte und Empfangspunkte im Bereich südlich des Asse-Höhenzugs nicht zur seismischen Abbildung der Nordflanke bei. Gleiches gilt für die Abbildung der Südflanke: Anregungspunkte und Empfangspunkte nördlich des Asse-Höhenzugs tragen nicht zur



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 33 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Abbildung der Südflanke bei. Die Aufteilung der Messfläche hat daher keinen Einfluss auf die Abbildung der beiden Salzflanken und der Deckgebirgsstrukturen

Im Vergleich zur Messung der gesamten Fläche wäre bei einer Teilung auch kein „Rollen“ der aktiven Messfläche in Inline-Richtung (Empfangspunktlinienrichtung) notwendig. Vorteil dieser (halb-)festen Auslage ist, dass sich die maximalen Offsets in Einfallrichtung der jeweiligen Flanken sowie der Überdeckungsgrad auf den Flanken des Salzsattels gegenüber der bisherigen Planung noch weiter erhöhen.

Die Aufteilung der Messfläche in einen Nord- und einen Südteil mit einer überlappenden Anregungslinie und überlappenden Empfängerlinien in den Zonen A und B des Messgebietes führt sogar zu einer Verbesserung der Abbildbarkeit des Buntsandsteinkeils und der Zechsteinbasis unter dem Asse-Salzsattel. Grund dafür ist, dass für die Gesamtfläche ein Patch (Basisblock) mit aktiven Empfängern von 5000 m x 2900 m um den jeweiligen Anregungspunkt vorgesehen ist, während bei einer Teilung des Messgebietes alle Empfängerlinien innerhalb eines 2900 m breiten Streifens in ihrer kompletten Länge aktiv sind. Die Länge der Empfängerlinien beträgt bei einer Teilung auf Höhe des Schacht Asse II und bei einer Überlappung der Empfänger von 1350 m im südlichen und nördlichen Teilgebiet jeweils 5100 m. Damit ergeben sich für die Gesamtauslage ohne Teilung maximale Offsets bis 1450 m (in NW-SO-Richtung), 2500 m (in NO-SW-Richtung) und 2900 m (in diagonaler Richtung). Die maximalen Offsets bei Teilung der 3D-Messauslage betragen 1450 m (in NW-SO-Richtung), 5100 m (in NO-SW-Richtung) und ca. 5200 m (in diagonaler Richtung). Diese ermöglichen im Gegensatz zur bisherigen Planung ein teilweises vorteilhaftes „Unterschießen“ der Salzstruktur und damit eine bessere Abbildung von Reflektoren unter dem Salz (Hellwig & Buske, 2016).

Zur Minimierung der Entschädigungskosten ist daher eine Teilung der Messfläche entlang des Asse-Höhenzugs in einen Nord- und einen Südteil mit einer überlappenden Anregungslinie und mehreren überlappenden Empfängerlinien zu empfehlen.

## 3.4 REDUZIERUNG DER MESSPUNKTANZAHL

Für die Abbildung der Flanken des Salzsattels, insbesondere im Zielgebiet der Zone A tragen Anregungspunkte im Bereich der Zone B und Anregungspunkte sowie Empfangspunkte in den äußeren Ecken der Zone D kaum bei. Betrachtet man den Überdeckungsgrad, so hat das Weglassen von Anregungs- und Empfangspunkten an den äußeren Ecken der Messfläche nahezu keinen Einfluss auf den Überdeckungsgrad in der Zone A. Auch das Weglassen von jeder zweiten Anregungspunktlinie in der Zone B der Messfläche zeigt, dass die ohnehin sehr dichte Überdeckung des Salzreflektors mit einem nominellen Überdeckungsgrad zum Teil größer als 7000 dadurch nur geringfügig an den Rändern des Zielgebietes (Zone A) beeinflusst wird. Für nahezu senkrecht auf den Salzreflektor einfallende Wellen (Einfallswinkel kleiner als 10°) ist im Zielgebiet kein Unterschied gegenüber der Verwendung aller Anregungspunkte zu beobachten (Hellwig & Buske, 2016). Allerdings kann es für Reflektoren, die eine andere azimutale Ausrichtung als die Flanken der Salzstruktur haben, z.B. potentiell vorhandene NO-SW-streichende Querstörungen im Deckgebirge, zu Einschränkungen bei der Abbildbarkeit kommen. Vor allem eine Reduktion des Offset-Bereichs in NW-SO-Richtung, der durch das Empfänger-Patch auf maximale Offsets von 1450 m beschränkt ist, kann geringe Einschränkungen bei der Beleuchtung der tieferen Bereiche von steil stehenden Querstörungen verursachen.

Zur Verkürzung der Messzeit ist die Reduzierung der Messpunktanzahl durch das Weglassen von Anregungs- und Empfangspunkten an den äußeren Ecken der Messfläche zu empfehlen. Auch



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 34 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

das Weglassen von Anregungspunkten in der Zone B stellt ein großes Potential zur Verkürzung der Messzeit dar.

Außerdem ist bei der 3D-Seismik damit zu rechnen, dass in Ortschaften und aufgrund vereinzelter nicht erlangter Betretungsgenehmigungen und fehlender Verlegungsmöglichkeiten bei dichter Bebauung (s. Abbildung 15), weitere Anregungs- und Empfangspunkte wegfallen. Da auf den land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen noch nicht mit der Einholung von Betretungsgenehmigungen begonnen wurde, lässt sich hier keine zuverlässige Abschätzung angeben. Der Wegfall von Anregungspunkten und Empfangspunkten aufgrund fehlender Betretungsgenehmigungen kann im Zielgebiet (Zone A) allerdings zu Einschränkungen in der zu erwartenden Datenqualität führen.



Abbildung 15: Simulation der Verlegung und des Ausfalls von Anregungspunkten bei dichter Bebauung am Beispiel Groß Vahlberg. Ausfallende Anregungspunkte sind weiß markiert.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 35 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 3.5 ZEITLICHER ABLAUF DER MESSUNG

Bei der empfohlenen Zweiteilung der Messfläche ergeben sich im Südteil der Messfläche nominell 23000 und im Nordteil 22000 Anregungspunkte. Zieht man davon jeweils 320 Anregungspunkte an den äußeren vier Ecken der Messfläche ab und nimmt außerdem an, dass in den Ortschaften im Süden der Messfläche (Klein Biewende, Remlingen, Sottmar, Wittmar, Asse) weitere 827 und in den Ortschaften im Norden (Mönchsvahlberg, Groß-Vahlberg, Dettum, Weferlingen) 164 Anregungspunkte wegfallen, so ergeben sich in der südlichen Teilfläche insgesamt 21853 und in der nördlichen Teilfläche 21516 Anregungspunkte. Nach jetziger Schätzung wird es sich bei etwa 3750 dieser Anregungspunkte auf jeder Teilfläche um sprengseismische Anregungen handeln. Wird, wie empfohlen, mit 2 Vibrofahrzeugen und 3 Sweeps pro Anregungspunkt angeregt, so ist bei einer angenommenen Bearbeitung in Streifen von 400 m Breite mit einer Produktivität von ca. 354 Anregungspunkten pro Tag zu rechnen. Mit dieser Annahme sowie der Annahme einer Produktivität von ca. 200 Anregungspunkten pro Tag bei sprengseismischer Anregung ergeben sich sowohl für den Südteil als auch den Nordteil der Messfläche jeweils ca. 70 Messtage. Das Weglassen von Anregungspunkten in der Zone B würde das Potential der Verkürzung der Messzeit um mindestens weitere 7 Tage in jeder Teilfläche bieten.

Zu der Messzeit hinzu kommen bei beiden Teilflächen vorbereitende Arbeiten (Einmessung und Aufbau der ersten Messauslage, Bohren für Sprengpunkte innerhalb der ersten 2 bis 3 Messtreifen,...) sowie nachbereitende Arbeiten (Abbau der letzten Messauslage, Rekultivierung). Im Vergleich zur einmaligen Messung der gesamten Messfläche sind diese aufgrund der kleineren Teilflächen jedoch kürzer und benötigen etwa 3 - 4 Wochen für die vorbereitenden Arbeiten und 1 - 2 Wochen für die nachbereitenden Arbeiten. Damit ließen sich die seismischen Messungen im Süd- und im Nordteil, unter Berücksichtigung von Sonn- und Feiertagen, an denen nicht gearbeitet wird, jeweils im Zeitraum vom 01.11. bis zum 28.02. durchführen. Da dieser Zeitraum für die gesamte Durchführung der Messungen durchaus knapp bemessen ist, wäre es anzustreben, einzelne vorbereitende Arbeiten, die auch nur maximal ein Drittel der jeweiligen Teilfläche im Randbereich betreffen, in Abstimmung mit den Arbeiten der Landwirte bereits im Oktober durchzuführen, und auch einzelne nachbereitende Arbeiten, die ebenfalls maximal ein Drittel der jeweiligen Teilfläche im Randbereich betreffen, bis Mitte März zu erlauben.

Die Abbildungen 17a bis 17c zeigen exemplarisch den Fortschritt der Anregungspunkte für das in Abbildung 16 dargestellte Schema der Abarbeitung in einzelnen Streifen von 400 m Breite. Verglichen mit dem Arbeiten in 200 m breiten Streifen (Abbildung 12, Abbildungen 13a bis 13c) kann durch die größere Streifenbreite die tägliche Leistung von 350 Anregungspunkten auf 354 Anregungspunkte theoretisch erhöht werden, da sich die Anzahl der Umfahrten zwischen den einzelnen Linien verringert, was auch eine kleine Reduzierung der Flurschäden (Fahrspuren) bedeutet. Der 400 m breite Streifen, in dem die Anregungspunkte in einem bestimmten Zeitraum fortschreiten, ist violett markiert. Die blau und violett markierten Flächen kennzeichnen die für den jeweiligen Streifen notwendige messbereite Geophonauslage. Grau markierte Flächen symbolisieren Bereiche, in dem die Geophonauslage während der Messung auf- bzw. abgebaut wird. Die Größe der „aktiven Messfläche“ beträgt 5,1 km x 2,9 km, wobei auf jeder registrierenden Geophonlinie immer alle Empfänger aktiv sind. Am Rand des Messgebietes erfolgt die Messung mit mindestens der halben „aktiven Messfläche“. Dem Messfortschritt liegt die Annahme einer Leistung von 354 Anregungspunkten pro Tag bei Vibrationsanregung und 200 Punkten pro Tag bei Sprenganregung zu Grunde. Bei der Angabe der Messtage (Messbeginn am 1. November) sind Sonn- und Feiertage sowie Heiligabend und Silvester als arbeitsfreie Tage berücksichtigt.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 36 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

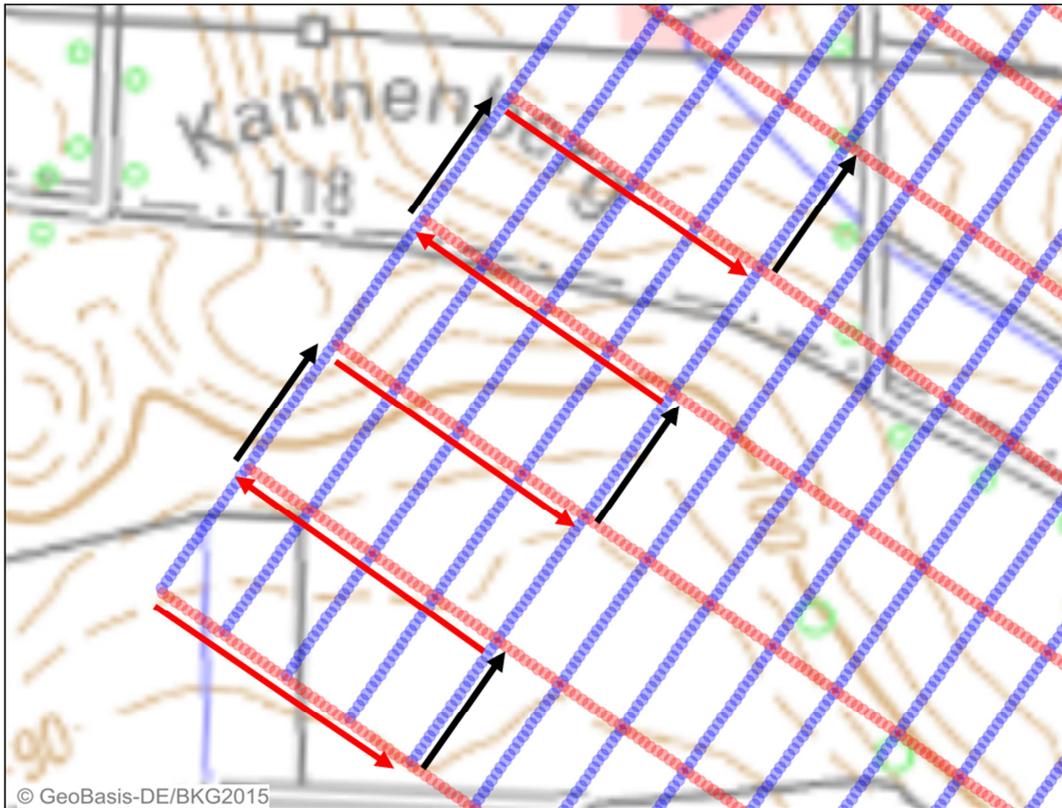


Abbildung 16: Messfortschritt der Anregungspunkte entlang von Streifen mit 400 m Breite parallel zu den Geophonlinien. Rote Pfeile: Abarbeiten der Anregungspunkte, schwarze Pfeile: Umfahrt zur nächsten Anregungspunktlinie.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 37 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

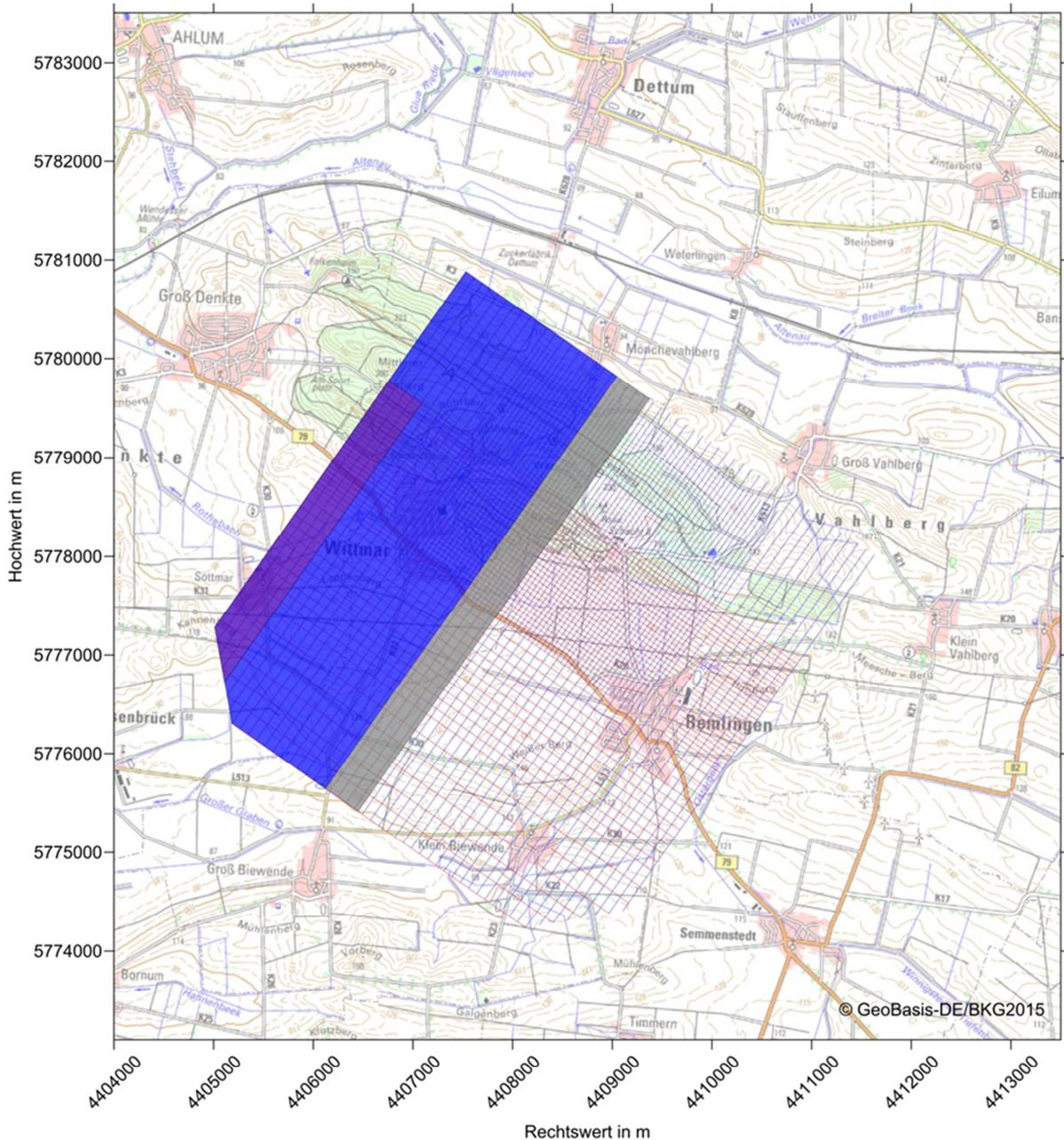


Abbildung 17a: Südteil. Anregung im 1. Streifen (violett) mit notwendiger Geophonauslage (blau und violett), Messzeitraum Tag 0 – Tag 7 nach Messbeginn.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 38 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

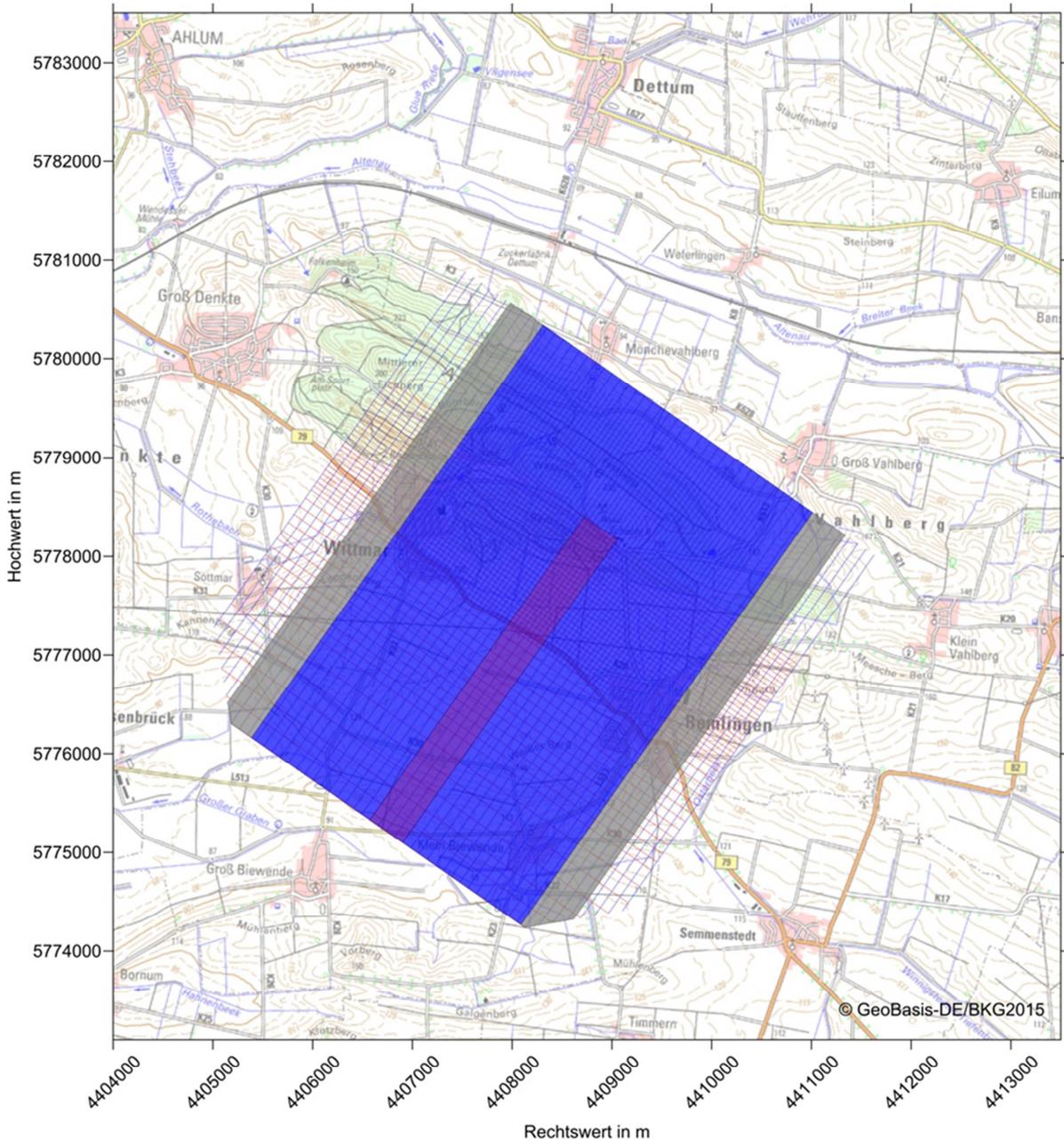


Abbildung 17b: Südteil. Anregung im 7. Streifen (violett) mit notwendiger Geophonauslage (blau und violett), Messzeitraum Tag 39 – Tag 46 nach Messbeginn.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 39 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

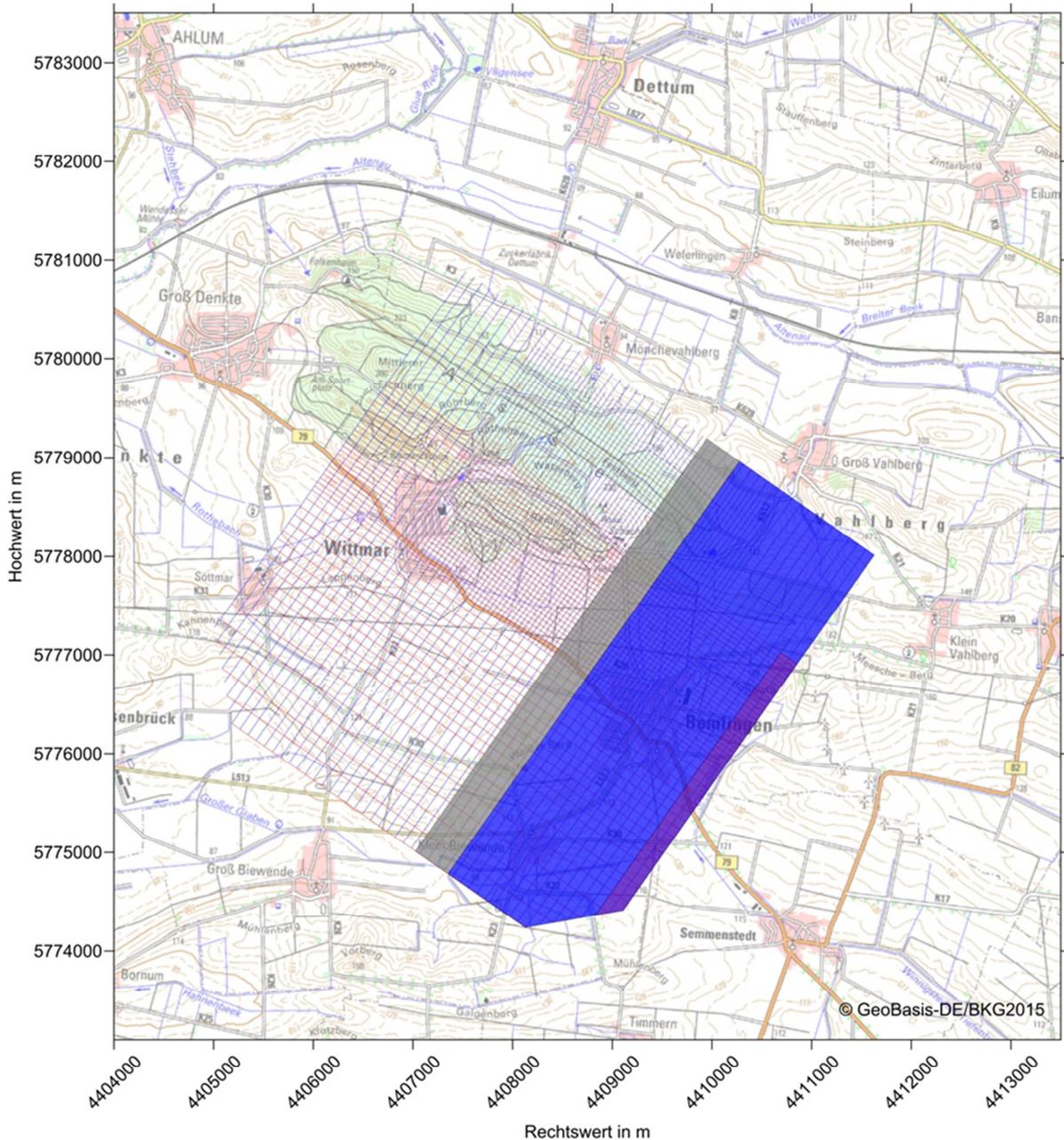


Abbildung 17c: Südteil. Anregung im 13. Streifen (violett) mit notwendiger Geophonauslage (blau und violett), Messzeitraum Tag 82 – Tag 85 nach Messbeginn.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 40 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 4 VERGLEICH DER AKQUISITIONSPARAMETER

Bei der Zerteilung der Fläche und aufgrund verschiedener Maßnahmen zur Beschleunigung der Messung (Variante B, s. Kap. 3) ergeben sich gegenüber der ursprünglichen Planung (Variante A, s. Kap. 2) Unterschiede für die Akquisitionsparameter, welche in Tabelle 2: vergleichend aufgeführt sind. Die Vor- und Nachteile einer Aufteilung der bisherigen Messfläche in zwei Teilflächen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die wesentlichen Unterschiede bestehen in der Veränderung

- der Messfläche:  
Die Gesamtmessfläche reduziert sich durch das Weglassen von Anregungs- und Empfangspunkten an den vier Ecken. Die Zerteilung der gesamten Messfläche erfordert eine Überlappung der Teilflächen im Bereich des Asse-Höhenzugs.
- der aktiven Auslage (Patch):  
Bei der „halbfesten“ Geophonauslage (Semi-fixed spread) in Variante B ist die Geophonauslage in Inline-Richtung fest angeschlossen und rollt nicht mit, während die Auslage in Crossline-Richtung sich ändert und mitrollt.
- der Anregungsparameter  
3 Sweeps mit 2 Vibratoren anstelle von 6 Sweeps mit 1 Vibrator, was zur einer Beschleunigung der Messung führt.

Nicht berücksichtigt sind in diesem Vergleich eventuell weitere wegfallende Anregungs- und Empfangspunkte, die z.B. aufgrund enger Bebauung oder fehlender Betretungsgenehmigungen in Verbindung mit mangelnden Alternativen zur Verlegung der Messpunkte nicht realisiert werden können.

 <b>Bundesamt für Strahlenschutz</b>				<b>Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse</b>			
Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 41 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Tabelle 2: Vergleich der Akquisitionsparameter bei den Varianten A und B

	<b>VARIANTE A: Parameter nach Konzeptplanung (Geophysik GGD, 2014)</b>	<b>VARIANTE B: Bei Teilung (in Südteil und Nordteil)</b>
Beobachtungssystem	3D, orthogonal, split spread	3D, orthogonal, semi-fixed spread
Gesamtfläche	37,5 km <sup>2</sup> , rechteckig, 7,5 km (inline) x 5,0 km (crossline)	Nord- und Südteil jeweils gleich groß: GP-Fläche: 25,5 km <sup>2</sup> , 5,1 km (inline) x 5,0 km (crossline) AP-Fläche 18,75 km <sup>2</sup> , 3,75 km (inline) x 5,0 km (crossline) Variante ohne Ecken (700 m): GP-Fläche: 24,52 km <sup>2</sup> AP-Fläche: 17,77 km <sup>2</sup>
Zielfläche (full fold / nearly full-fold)	5,1 km <sup>2</sup> , rechteckig, 2,0 km x 2,55 km	unverändert
Bingröße	5 m x 5 m	unverändert
Nominaler Überdeckungsgrad (Fold) in Zielfläche	>100	>100 (geringe Unterschiede im Überlappungsbereich, bzw. in den Randbereichen)
Polarität des Gesamtsystems	SEG Standard	unverändert
Anregungslinien	etwa NW-SO (Azimut ca. 125°)	unverändert
Anregungspunktabstand (auf Anregungslinien)	10 m	unverändert
Anregungslinienabstand	100 m, 50 m in den Zonen A und B (2,5 km x 5 km), 200 m in den Randzonen D (2 x 1,2 km x 5 km)	unverändert
Anzahl der Anregungspunkte (AP)	Nom. 44500 AP (500 bzw. 1000 bzw. .000 AP pro km <sup>2</sup> bei 200 bzw. 100 bzw. 50 m Linienabstand)	Nom. 22000 AP im Südteil und 23000 AP im Nordteil bei einer AP-Linie Überlappung (500 AP) Variante ohne Ecken (700 m): Nom. 21680 AP im Südteil und 22680 AP im Nordteil
Energieanregung	Vibrationsanregung mit 1 Vibrator, alternativ Sprenganregung in Bohrlöchern bei für Vibratoren ungeeigneten Lokationen (voraussichtlich weniger als 5 % der APs)	Vibrationsanregung mit 2 Vibratoren, alternativ Sprenganregung in Bohrlöchern bei für Vibratoren ungeeigneten Lokationen
Sweepparameter (nach Test)	6 Sweeps pro AP, Länge 10 s, Frequenzband ca. 8-150 Hz (>3 Oktaven, ggfs. nichtlinear)	3 Sweeps pro AP, sonst unverändert
Empfangslinien	81 (51+30 Infill) senkrecht zu Anregungslinien (ca. SW-NE, ca. 35° Azimut)	unverändert
Empfangspunktabstand (auf Empfangslinien)	10 m	unverändert



Bundesamt für Strahlenschutz

## Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 42 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Empfangslinienabstand	100 m, 50 m in der Zone A (2,5 km x 3 km)	unverändert
Anzahl der Empfangspunkte (EP)	gesamt nom. 45750 EP (1.000 bzw. 2.000 EP pro km <sup>2</sup> bei 100 m bzw. 50 m Linienabstand)	Nord- und Südteil ohne Ecken jeweils gleich: 51 x 510 GPs+ 30 x 250 GPs = 33510 GPs
Aktive Auslage (Patch)	5 km (Inline) x 2,9 km (Crossline)	Fixed spread in Geophonlinienrichtung
Anzahl aktiver Empfangslinien	30 bei 100 m Linienabstand, maximal 59 bei 50 m Linienabstand (Verdichtungsfläche)	unverändert
Anzahl aktiver Empfangspunkte pro Linie	500 (rollend), 250 bei Verdichtungsprofilen (Infill)	Teilfläche Süd : 510 (fix), Teilfläche Nord: 510 (fix) 250 (fix) bei Verdichtungsprofilen (Infill)
Anzahl aktiver Empfangspunkte (Kanäle)	15.000 bei 100 m Linienabstand, maximal 22.500 bei 50 m Linienabstand (Verdichtungsfläche)	
Max. Anzahl empfangsbereiter Kanäle (inkl. 2 Linien Vorbau und 2 Linien Abbau)	33750	Teilfläche Süd : 25350 Teilfläche Nord: 25350
Maximales Offset	2915 m, 2500 m Inline, 1500 m Crossline	bis 5050 m Inline, Crossline unverändert
Nominaler Überdeckungsgrad (Fold) in Zielfläche	>100	>100
Geophontyp	SM 24 oder äquivalent	unverändert
Geophone	12fach-Bündel (bunched)	6fach- oder 12fach-Bündel (bunched)
Apparaturtyp	Telemetrieapparatur SN428 oder äquivalent	Messapparatur mit einer Kapazität von bis zu 100000 Kanälen bei 2 ms Samplerate und Datenübertragungsraten von 1 Gb/s
Abtastrate	2 ms	1 ms
Aufzeichnungslänge	4 s	unverändert
Korrelation	nach der Stapelung	unverändert
Diversity stacking (nach Test)	aus	unverändert
Tiefpass- und Notchfilter	aus	unverändert
Hochpassfilter	0,8 Nyquistfrequenz, linear	unverändert

 <b>Bundesamt für Strahlenschutz</b>				<b>Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse</b>			
Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 43 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Tabelle 3: Vor- und Nachteile einer Aufteilung der bisherigen Messfläche in zwei Teilflächen, die in zwei aufeinanderfolgenden Jahren jeweils im Zeitraum von 01.11. bis 28.02. gemessen werden sollen, gegenüber der bisherigen Planung mit einer Messkampagne von der Dauer eines Jahres:

<b>Zweiteilung der Messfläche (Nord- und Südteil) Messungen im Zeitraum 01.11. – 28.02.</b>		
Vorteile	Nachteile	Anmerkungen
Kürzere Messzeit in den Teilflächen, Teilergebnisse liegen eher vor	Zwei Messkampagnen notwendig, zusätzliche Mobilisationskosten	
Geringere Standbyzeit für die geplanten begleitenden VSP-Messungen. Die VSP-Messungen können zügiger durchgeführt werden. Die Kosten für die VSP-Messungen werden deutlich geringer.		Die für die VSP-Messungen in Frage kommenden Bohrungen liegen wie auch die dafür vorgesehenen Anregungspunkte ausschließlich im Südteil der geteilten Messfläche.
Messungen nur in den Monaten November bis Februar. Daraus resultiert: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Belange der landwirtschaftlichen Nutzung und des Naturschutzes können besser berücksichtigt werden</li> <li>– Die Messungen finden in der vegetationsarmen Zeit und außerhalb der Brut- und Setzzeiten statt.</li> <li>– Die Kosten der Entschädigung für landwirtschaftlich genutzte Flächen werden deutlich geringer</li> <li>– Die Akzeptanz der Messung bei den Landwirten wird erhöht</li> </ul>	Im Überlappungsbereich der Messfläche (Zone A und B) müssen die Geophone zweimal ausgelegt werden. Daraus resultiert: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die forstwirtschaftliche Nutzung (Haupteinschlag- und Rückezeit in den Wintermonaten) ist beschränkt, aber in Abstimmung mit dem Messfortschritt möglich.</li> <li>– Die Jagdwirtschaft ist stärker betroffen (Hauptjagdzeit im Spätherbst/ Frühwinter)</li> <li>– Die Kosten der Entschädigung für forstwirtschaftlich genutzte Flächen erhöhen sich.</li> </ul> Enges Zeitfenster für die Messung (abzüglich Weihnachten nur ca. 3,5 Monate Arbeitszeit)	Risiko*: durch unvorhergesehene Einflüsse (Wetter, Defekte) kann die Messung nicht in dem Zeitfenster bzw. Umfang beendet werden.



Bundesamt für Strahlenschutz

## Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 44 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

<p>Durch die Messung mit fester Auslage in Inline-Richtung (Empfangslinienrichtung)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wird der Überdeckungsgrad auf den Flanken des Salzsattels erhöht, und die seismische Abbildung der Flanken kann verbessert werden.</li> <li>– werden die maximalen Offsets in Richtung der Flanken des Salzsattels vergrößert und die seismische Abbildung der Flanken kann verbessert werden</li> <li>– werden die maximalen Offsets insgesamt vergrößert und die seismische Abbildung tiefer horizontaler Schichten (z.B. Buntsandsteinkeil und Zechsteinbasis) verbessert sich</li> </ul>		
<p>Die Anregung mit 2 Vibrofahrzeugen beschleunigt die Messung und kann das Signal/Noise-Verhältnis verbessern.</p>	<p>Der Einsatz zweier Fahrzeuge verändert die Abstrahlcharakteristik des „Quell-Arrays“ gegenüber einer Einzelquelle. Die Untersuchungen bezüglich der Veränderungen wurden durchgeführt. Eine signifikante Einschränkung der Datenqualität ist dadurch aber nicht zu erwarten.</p>	<p>Wenn beide Vibratorfahrzeuge entlang der Anregungslinien parallel zum Streichen der Flanken der Asse-Salzstruktur ausgerichtet sind, wie es bei der jetzigen Messanordnung vorgesehen ist, hat die Abstrahlcharakteristik des „Quell-Arrays“ keinen Einfluss auf die seismische Abbildung der Salzflanken. In alle anderen Richtungen bewirkt die Abstrahlcharakteristik, abhängig von der lokalen Ausbreitungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen, der Frequenz und der Einfallrichtung der Wellen eine Veränderung des Quellsignals, die in ihrer Wirkung einem Kerbfilter (Notch-Filter) entspricht.</p>
<p>Die vorzuhaltende Messausrüstung (gesamte Geophonanzahl) wird etwas verringert</p>		<p>Risiko*: Nach wie vor sehr hohe Anzahl der aktiven Kanäle, was in Deutschland noch beispiellos ist. Das bedeutet große Herausforderungen, um alle Kanäle empfangsbereit zu halten und zu kontrollieren (mehr Personal, hohe Arbeitsintensität)</p>

\*) Dieses Risiko gilt gleichermaßen bei der bisherigen Planung



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 45 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## 5 BETRACHTUNGEN ZUM WEGFALL VON ANREGUNGS- UND EMPFANGSPUNKTEN AUF DIE ZU ERWARTENDE DATENQUALITÄT

Bei der 3D-seismischen Hauptmessung ist zu erwarten, dass einzelne Anregungs- und Empfangspunkte nicht realisiert werden können. Ursachen dafür können sein:

- Keine Zugänglichkeit aufgrund von Bebauung (z.B. bei dichter Bebauung in Ortschaften)
- Keine Zugänglichkeit aufgrund von sehr dichtem Bewuchs oder steiler Hanglage
- Keine oder nur temporäre Betretungsgenehmigung aufgrund von Schutzgebieten
- Keine Betretungsgenehmigung von den Eigentümern und/oder Pächtern

In allen Fällen ist zu unterscheiden, ob nur Anregungs- oder nur Empfangspunkte betroffen sind oder sowohl Anregungs- als auch Empfangspunkte. Bei einer Verweigerung der Betretungsgenehmigung durch den Eigentümer betrifft dies meistens sowohl Anregungs- als auch Empfangspunkte, während bei einer Einschränkung der Betretungsgenehmigung in Schutzgebieten aufgrund von Behördenauflagen häufig nur die Anregungspunkte betroffen sind.

Generell verursacht der Wegfall von einzelnen Anregungs- und Empfangspunkten eine Reduzierung des sogenannten Überdeckungsgrades. Da der Überdeckungsgrad ein Maß für die zu erwartende Datenqualität ist (je höher der Überdeckungsgrad desto besser die Datenqualität), kann es durch den Wegfall von Anregungs- und Empfangspunkten zu einer Einschränkung der Datenqualität kommen. Wie stark diese Einschränkung der Datenqualität und auf welchen Bereich diese beschränkt ist, hängt von der Anzahl der wegfallenden Anregungs- und Empfangspunkte sowie von ihrer Lage im Messgebiet ab. Hinzu kommt, dass sich eine mögliche Einschränkung der Datenqualität für die Abbildung einzelner Horizonte unterschiedlich auswirkt. Die Qualität der Abbildung flacher Horizonte ist meist stärker betroffen als die Qualität der Abbildung tiefer Horizonte. Die Auswirkung auf einen geneigten Horizont ist anders als auf einen horizontalen Horizont in gleicher Tiefe. Bei geneigten Horizonten spielt neben dem Überdeckungsgrad außerdem die Offsetverteilung eine Rolle bei der zu erwartenden Datenqualität.

Als eine konservative Faustformel für die Betrachtung des Überdeckungsgrads gilt, dass nur Offsets zur Abbildung beitragen, die kleiner oder gleich der Erkundungstiefe sind. D.h. der Überdeckungsgrad nimmt mit der Tiefe zu bis er unter Einbeziehung aller Offsets maximal den nominellen Wert erreicht. Die Abbildungen 18 und 19 zeigen den nominellen Überdeckungsgrad und den Überdeckungsgrad mit 200 m Offsetbegrenzung auf einem mit 73° geneigten Reflektor, der die Südflanke des schmalen Salzsattels repräsentieren soll. Fallen jetzt einzelne Anregungs- und Empfangspunkte weg (Abbildung 20), so wird sich dadurch der Überdeckungsgrad lokal reduzieren. Die Abbildungen 21 und 22 zeigen beispielhaft den nominellen Überdeckungsgrad und den Überdeckungsgrad mit 200 m Offsetbegrenzung auf der Südflanke des Salzsattels bei Wegfall von 706 Anregungspunkten und 679 Empfangspunkten in den gekennzeichneten Gebieten (Abbildung 20). Während beim nominellen Überdeckungsgrad, der alle Offsets mit einbezieht, kaum eine Verringerung des Überdeckungsgrads zu erkennen ist, so geht bei einer Offsetbegrenzung auf 200 m der Überdeckungsgrad teilweise auf null zurück. Das heißt, dass in diesen begrenzten Gebieten flache Horizonte bis in Tiefen von ca. 200 m gar nicht (= Datenlücke) und tiefere Horizonte nur mit verringertem Überdeckungsgrad abgebildet werden. Der verringerte Überdeckungsgrad kann für die Abbildung der tieferen Horizonte kompensiert werden, wenn die



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 46 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

Anregungs- und Empfangspunkte nicht ganz wegfallen, sondern aus dem Gebiet ohne Betretungsgenehmigung in angrenzende Bereiche verlegt werden können.

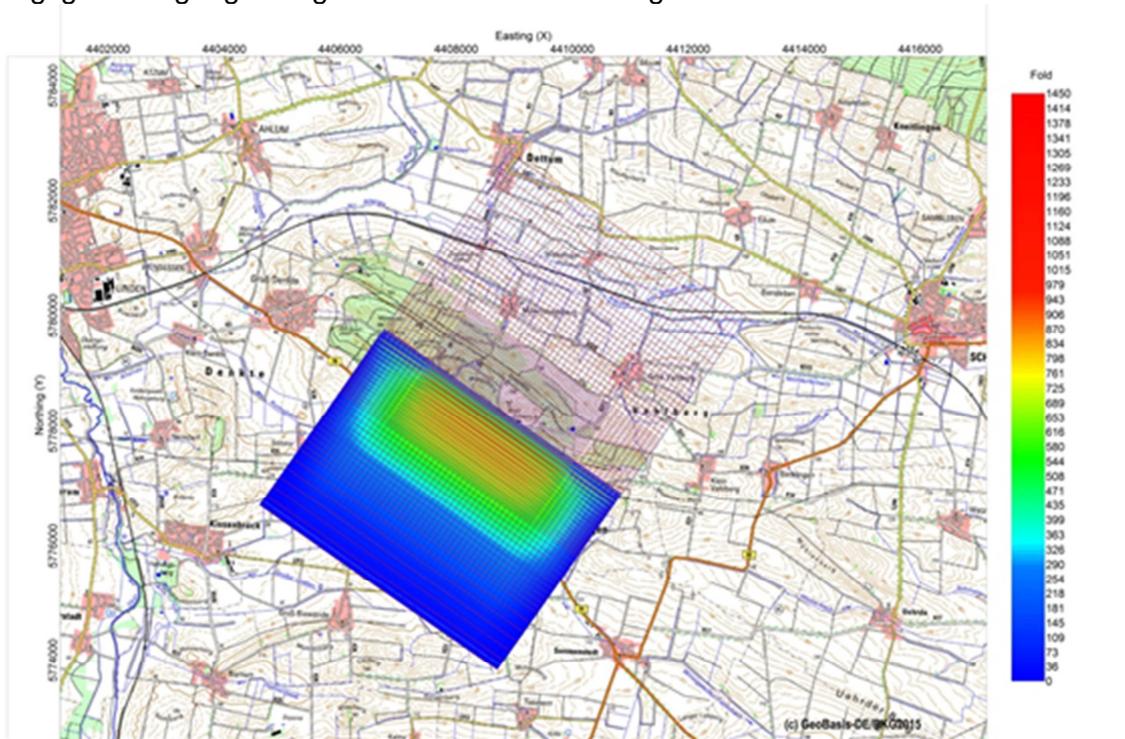


Abbildung 18: Nomineller Überdeckungsgrad, unter Einbeziehung aller Offsets, für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche.



Abbildung 19: Überdeckungsgrad für eine radiale Offsetbegrenzung auf maximal 200 m für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 47 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

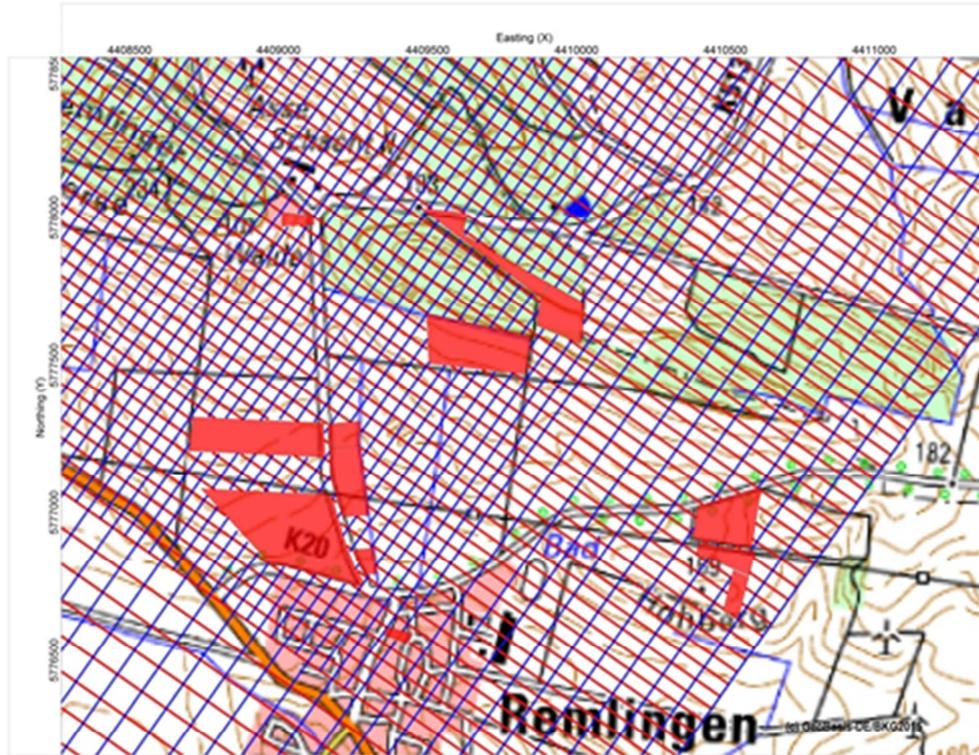


Abbildung 20: Es wird beispielhaft angenommen, dass in den rot markierten Gebieten der Messfläche die Anregungs- und Empfangspunkte wegfallen und nicht in angrenzende Bereiche verlegt werden können. Sie werden für die Berechnung des Überdeckungsgrads dann nicht verwendet.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 48 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

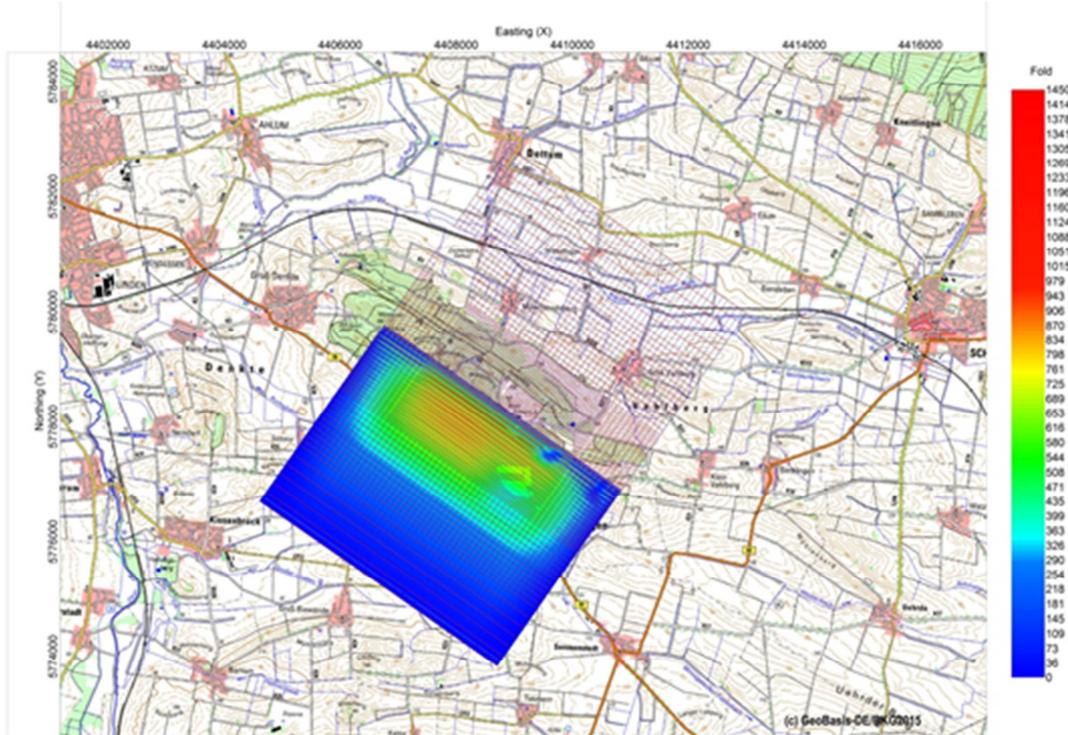


Abbildung 21: Nomineller Überdeckungsgrad, unter Einbeziehung aller Offsets, für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche beim Wegfall von Anregungs- und Empfangspunkten auf den in Abbildung 20 markierten Flächen.



Abbildung 22: Überdeckungsgrad für eine radiale Offsetbegrenzung auf maximal 200 m für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche beim Wegfall von Anregungs- und Empfangspunkten auf den in Abbildung 20 markierten Flächen.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 49 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

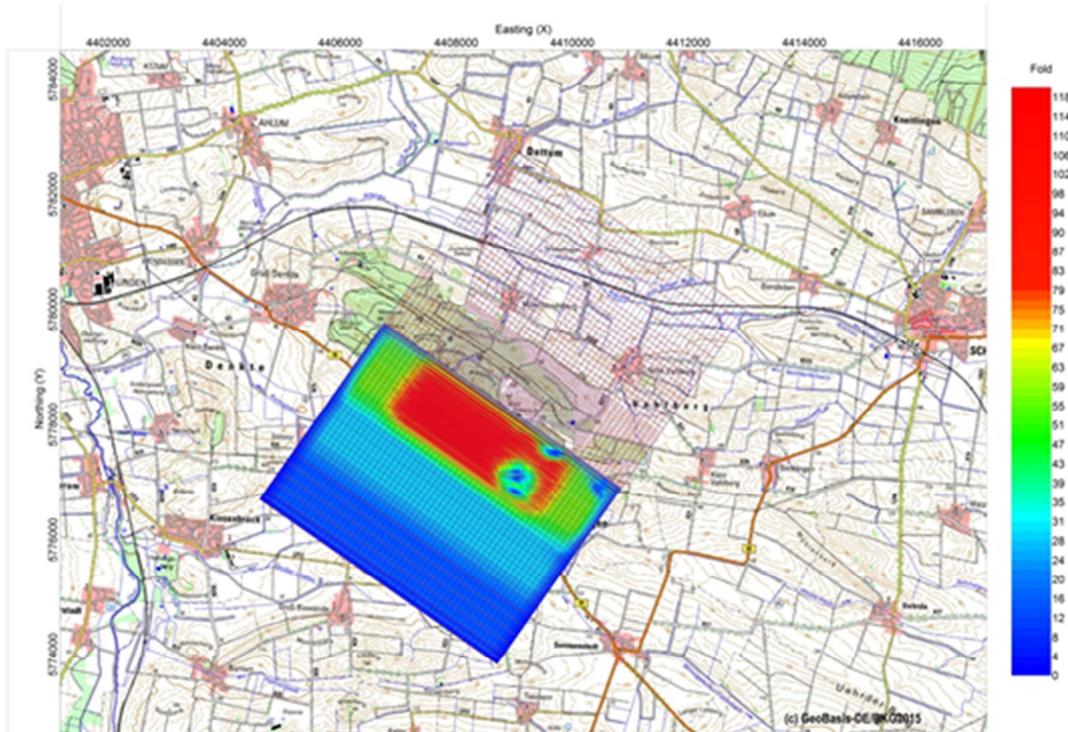


Abbildung 23: Überdeckungsgrad für eine radiale Offsetbegrenzung auf maximal 600 m für einen mit 73° geneigten Reflektor im Südteil der Messfläche beim Wegfall von Anregungs- und Empfangspunkten auf den in Abbildung 20 markierten Flächen.

Aufgrund der Abhängigkeit des Überdeckungsgrads von der Tiefe sowie der Anzahl und Lage der (wegfallenden) Anregungs- und Empfangspunkte ist keine pauschale Aussage zum Einfluss auf die Datenqualität möglich<sup>1</sup>. Ein möglicher Einfluss auf die Datenqualität muss immer im Einzelfall mit Bezug auf den abzubildenden Zielbereich betrachtet werden. Dazu sind im Zielgebiet (Zone A) Bereiche zu priorisieren und sowohl in ihrer Ausdehnung als auch in ihrer Tiefe festzulegen, die in jedem Fall gut abgebildet werden müssen (z.B. mögliche Wasserzutrittsstellen, Bereich der Schachanlage usw.). Fallen einzelne Anregungs- und Empfangspunkte weg oder werden verlegt, so ist dafür der Überdeckungsgrad mit einer Offsetbegrenzung zu berechnen, die der (geringsten) Tiefe des Zielbereiches entspricht. Ergibt sich mit dieser Offsetbegrenzung im Zielgebiet ein sehr kleiner Überdeckungsgrad (etwa 0 – 4), so ist mit einer erheblichen Einschränkung der Datenqualität bis hin zu Lücken im Datensatz zu rechnen. Für eine akzeptable (= ausreichende) Datenqualität ist mindestens ein 10facher Überdeckungsgrad anzustreben. Bei Überdeckungsgraden von über 24 wird in diesem ländlichen Messgebiet mit vergleichsweise geringem Noise-Eintrag durch anthropogene Quellen (z.B. Straßenverkehr, Industriebetriebe) vermutlich eine gute bis sehr gute Datenqualität erzielt. Die Abbildung 23 zeigt, dass bei einer Offsetbegrenzung von 600 m im Bereich der wegfallenden Anregungs- und Empfangspunkte ein Überdeckungsgrad von 8 bis 20 erreicht wird, wobei punktuell (in einzelnen Bins) kleinere und höhere Werte auftreten, so dass für die Abbildung dieses Tiefenbereichs um 600 m insgesamt sicher eine ausreichende bis befriedigende Datenqualität auftreten wird, während in einem Tiefenbereich kleiner als 200 m mit Datenlücken zu rechnen ist (Abbildung 22).

<sup>1</sup> Auf Basis der bisher durchgeführten Berechnungen zum Überdeckungsgrad lässt sich grob abschätzen, dass bei einem vollständigen Ausfall aller Anregungs- und Empfangspunkten auf einer Fläche von 1200 m x 1200 m im Zielgebiet, bis in eine Tiefe von 600 m auf einer Fläche von mindestens 200 m x 200 m mit einer erheblichen Einschränkung der Datenqualität bis hin zu Lücken im Datensatz zu rechnen ist.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Alternative bei der Durchführung der 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Asse

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2438412	Seite: 50 von 50
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 31.08.2016
9A	56113000	HF	RA	0005	00		

## LITERATURVERZEICHNIS

- Cordsen, A., Galbraith, & Peirce, J. (2000). *Planning Land 3-D Seismic Surveys* (Bd. Geophysical Developments No. 9). Society of Exploration Geophysicists.
- DMT Petrologic. (2014). *Datenbearbeitung, Interpretation und Modellierungen einer 3D-seismischen Testmessung im Bereich der Schachanlage Asse II - Abschlussbericht. Stand 04.06.2014.* Im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz.
- Geophysik GGD. (2011). *Vorplanung der 3D-seismischen Messungen zur Erkundung der Deckgebirgsstruktur, insbesondere der Querstörung der Schachanlage Asse II - Abschlussbericht. Stand 28.01.2011.* Im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz.
- Geophysik GGD. (2014). *Konzeptplanung für die Durchführung einer 3D-seismischen Messung (Hauptmessung) im Gebiet der Schachanlage Asse II - Stand 08.05.2014.* Im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz.
- Hellwig, O., & Buske, S. (2016). *Ergänzung zur Konzeptplanung für die Durchführung einer 3D-seismischen Hauptmessung im Gebiet der Schachanlage Asse II.* TU Bergakademie Freiberg. Im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz.