



## Template zur Abschätzung der Kosten einer Seismik-Kampagne

*Die teuerste Seismik ist diejenige, die man falsch macht. (Andreas Cordsen)*

### Table des matières

A. Grundlagen.....	2
B. Planung .....	3
a. Analyse bestehender Seismik-Daten .....	3
b. Synthese der vorhandenen geologischen und geophysikalischen Unterlagen .....	3
c. Festlegung Zielhorizont, bzw. Struktur.....	3
d. Zielsetzung und Umfang des Surveys: .....	4
C. Vorbereitung .....	5
a. Beschaffung .....	5
b. Kommentar.....	5
D. Durchführung.....	6
a. Messkampagne.....	6
b. Permitting / Grundeigentümer-Information .....	6
c. Supervision .....	7
d. Schadenregulierung / Claim settlement.....	7
E. Begleitende Arbeiten .....	8
F. Auswertung.....	9
a. Processing.....	9
b. Interpretation .....	9
G. Messparameter und Kosten.....	10



## A. Grundlagen

Die Durchführung einer Seismik-Kampagne ist ein umfangreiches Projekt und umfasst die wesentlichen Schritte Planung, Vorbereitung, Feldmessung inkl. Begleitung und Auswertung.

Der mit Abstand grösste Anteil der Kosten einer Seismik-Kampagne sind die Feldmessungen, die kostenrelevanten Aspekte dazu sind in Kapitel B erläutert.

Für eine erfolgreiche Durchführung und Auswertung zum Erreichen der gesteckten Ziele sind aber eine Vielzahl von weiteren Gewerken erforderlich, die einen erheblichen Zeitaufwand und Vorlaufzeit erfordern und in der Summe auch durchaus zu relevanten Projektkosten führen. Es ist darauf zu achten, dass für die Durchführung der Feldkampagne genügend Zeit verbleibt, um nicht in Konflikt mit behördlichen Auflagen (z.B. Naturschutz) zu geraten.

Das vorliegende Template beschreibt die wichtigsten Aspekte einer Seismik-Kampagne. Je nach ausführender Organisation können Teile der Arbeitspakete durch internes Personal durchgeführt oder an Auftragnehmer und Fachleute extern vergeben werden. Daher ist bei der Kostenschätzung die Aufteilung einer solchen Seismik-Kampagne vorab zu organisieren. Unabhängig ob die Arbeiten intern oder extern durchgeführt werden, werden Zeitaufwand und Kosten oftmals unterschätzt. Der konzeptionelle Projektplan im Folgenden ist in die folgenden Abschnitte unterteilt.

- **Planungsphase**  
Hier werden die Zielsetzung und der Umfang der Messkampagne festgelegt sowie die optimale Messgeometrie bestimmt.  
Diese Phase wird vom Projektanden in Eigenleistung erbracht. Auf Basis der Ergebnisse können die Kosten für die Feldmessungen und Begleitung abgeschätzt werden und dienen als Grundlage für die Beantragung von Fördermitteln.
- **Vorbereitung**  
Mit der bestätigten Finanzierung und der grundsätzlichen Unterstützung der Behörden wird in dieser Phase die Feldkampagne konkret vorbereitet: Leistungsbeschreibung und Ausschreibung, Bewilligungen und Behördenbegleitung, Öffentlichkeitsarbeit, Pre-Permitting, Processing- und Interpretationskonzept.
- **Durchführung**  
Zur Durchführung zählen die eigentlichen seismischen Feldmessungen sowie Permitting und Supervision. Je nach Messgebiet sind aber weitere z.T. umfangreiche begleitende Arbeiten einzuplanen.
- **Auswertung**  
Die Felddaten werden bereits begleitend zu den Feldmessungen vom Auftraggeber oder seines Vertreters (Supervisor) sowie vom Processing-Kontraktor übernommen und einer ersten Qualitätskontrolle geführt (Vollständigkeit, Vertragskonformität, Geometriefehler). Sobald die Feldarbeiten abgeschlossen sind, werden die vorher festgelegten Processing-Produkte von einem oder mehreren Kontraktoren erstellt und die geologische Interpretation stufengerecht durchgeführt.



## B. Planung

### a. Analyse bestehender Seismik-Daten

In weiten Teilen der Schweiz, insbesondere der Nordschweiz existieren 2D-Seismik-Daten aus früheren Messkampagnen. Diese sind meist einige Jahrzehnte alt und können in vielen Fällen nicht mehr weiterbearbeitet werden. Dennoch können sie wichtige Hinweise auf die Abbildungsqualität im Untergrund liefern. Vorhandene Feldberichte und Messprotokolle können ausserdem Informationen zu den Messbedingungen an der Oberfläche geben (Ankopplung, Noise, Topographie). In Fällen, wo alte 2D-Daten (Vintage-Daten) im industriekompatiblen Format (SEG-Y) und auf moderneren Trägern (Cartridges, Festplatten) vorliegen, lohnt sich meist ein Re-Processing mit aktueller Software und Hardware, da sich die Targets und Zieltiefen unterscheiden können.

#### Deliverable:

Kurzbericht durch Geophysiker/Geologen zu früheren Seismik-Daten und deren Ergebnissen

- Art des Surveys (Vibro, Schuss)
- Schwierigkeiten bei der Durchführung (Ankopplung, Geländebedingungen)
- Datenqualität, Noise
- Abbildungsqualität und Auflösungsvermögen
- Lessons learned Messkampagnen
- Falls möglich, Re-Processing der Seismik-Daten
- Falls für das geplante Messgebiet vorhanden, sollten auch weitere Daten analysiert werden, (Gravimetrie, Magnetotellurik).

#### Kostenposition 1.1

Die Kosten hierfür sind vom Projektanden zu tragen.

### b. Synthese der vorhandenen geologischen und geophysikalischen Unterlagen

Für die Planung, Vorbereitung und Auswertung von 3D-seismischen Daten sind umfangreiche Geodaten unerlässlich. Folgende Daten sollten elektronisch vorliegen und für die folgen Schritte zur Verfügung stehen.

- Landeskarte 1:25'000
- DHM 0.5m
- Geologische Karte
- Geologische Berichte zur lokalen und regionalen Geologie
- swissTLM<sup>3D</sup>
- Geologische Profile und ggf. Sonic-Logs (u.a. Logs) sowie VSP-daten aus bestehenden Bohrungen
- Geologische Modelle

#### Deliverable

Zusammenstellung aller Daten in üblichen GIS bzw. CAD-Formaten inkl. allfälliger Lizenzen. Dokumentation und Übergabe per Lieferschein. Aktualisierung einzelner Datensätze während des Projekts sind zu dokumentieren.

#### Kostenposition 1.2

Die Kosten hierfür sind vom Projektanden zu tragen.

### c. Festlegung Zielhorizont, bzw. Struktur

Die Festlegung der Zielstruktur ist essentiell für die weitere Planung. Auf Basis der oben erstellen Geo-Daten wird diese Zielstruktur festgelegt. Wichtige Aspekte (je nach geologischer Situation) sind z.B.:



- Tiefenlage und Mächtigkeit
- Horizontale und vertikale Ausdehnung
- Verfügbare Referenzhorizonte
- Erforderliche vertikale und laterale Abdeckung
- Bekannte und vermutete Störungen

#### **Deliverable:**

Kurzbericht über die geologische Zielsetzung. Dieser Bericht dient als Grundlage für die weiterführende Planung und sollte von der Projektleitung und vom Management bestätigt werden. Dies entspricht in etwa dem Niveau «Vorprojekt», für den Projektförderer ein möglicher Meilenstein in der Bewilligung des Projekts.

#### **Kostenposition 1.3**

Die Kosten hierfür sind vom Projektanden zu tragen.

#### **d. Zielsetzung und Umfang des Surveys:**

In einer Survey-Design Studie werden aus den Vorgaben der Zielsetzung und der Analyse der vorhandenen geologischen und geophysikalischen Informationen mehrere verschiedenen Messkonfigurationen erstellt und gegenübergestellt (candidate-designs). Die wesentlichen Parameter sind hierbei die Dichte der Anregungs- und Messpunkte, die Grösse der Messfläche und der Fläche der aktiven Auslage (Patch) sowie die Art der seismischen Anregung. Die Studie sollte unterschiedliche Varianten (Abbildungstiefe, Detailgrad) gegenüberstellen und die Auswirkung auf die Messgeometrie darlegen (technische Anforderungen an die Anregung und Datenaufzeichnung, Messdauer, Kostenfolgen).

Zusätzlich zum Survey Design sollte zu diesem Zeitpunkt auch schon die Datenbearbeitung geplant werden, die erforderlich ist, um die Zielsetzung zu erreichen (Zeit/Tiefenmigration, zeitliche Abfolge).

Mit dem Vorliegen der Zielsetzung und der Survey-Design Studie, kann beim BFE ein Antrag eingereicht werden für Prospektionsbeiträge für die geplante Seismikkampagne.

#### **Deliverable**

Survey-Design Studie eines erfahrenen Auftragnehmers inkl. ausführliche Analyse der unterschiedlichen Messparameter und deren Einfluss auf das Abbildungsvermögen der Messkampagne. Dieses Dokument bildet die Grundlage für die Ausschreibung und den späteren Vertrag. Sie ist zusammen mit der geologischen Zielsetzung das wichtigste Dokument für die Projektplanung und auch das massgebende Dokument für den Antrag beim BFE für Prospektionsbeiträge. Hierbei ist das favorisierte Design hervorzuheben sowie anderes Design als Option für die Ausschreibung bereitzuhalten.

Anhand der Ergebnisse und Erfahrungswerten aus früheren Messkampagnen können bereits qualitative Aussagen über die Kostenfolgen getroffen werden.

#### **Kostenposition 1.4**

Die Arbeiten müssen von erfahrenen Auftragnehmern mit spezieller Planungs-Software durchgeführt werden. Die Kosten hierfür sind vom Projektanden zu tragen.



## C. Vorbereitung

### a. Beschaffung

Die Feldmessungen werden in der Regel nach öffentlichem Beschaffungswesen ausgeschrieben. Hier sollte eine branchenübliche Vertragsgestaltung verwendet werden sowie internationale Standards berücksichtigt werden (z.B. international association of geophysical contractors – land seismic surveys, IAGC).

**Deliverable:**

Ausschreibungsunterlagen, Leistungsbeschreibung (inkl. Optionen), Publikation, Bietergespräche, Offertenauswertung, Zuschlag, Vertrag.

#### Kostenposition 2.1

Die Arbeiten müssen von erfahrenen Mitarbeitern/Auftragnehmern mit Branchenerfahrung sowie Kenntnis der Schweizerischen / Kantonalen Beschaffungsregeln durchgeführt werden. Die Kosten hierfür können beim Projektträger geltend gemacht werden.

### b. Kommentar

Die Ausschreibung von Seismik Messungen in den letzten Jahren in der Schweiz haben gezeigt, dass die Bandbreite an offerierten Preisen auch im Abstand von einigen Monaten schwanken kann. Auch die Rangfolge der Anbieter war in verschiedenen aufeinanderfolgenden Ausschreibungen stark unterschiedlich (obwohl es die gleichen Anbieter waren). Da es nur wenige Anbieter in Europa für solche Messungen gibt, ist die Auslastung und Verfügbarkeit oft entscheidend für ein günstiges Angebot. Eine frühzeitige Ausschreibung und Vergabe kann erhebliche Kosteneinsparungen bringen.



## D. Durchführung

### a. Messkampagne

Die Durchführung der Feldmessung ist die wesentliche Phase der Seismik-Kampagne. Die Feldmessungen beginnen in der Regel vertragsgemäss nach vollständiger Mobilisierung von Ausrüstung und Personal sowie erfolgreichen Acceptance-tests. Die Messfirma wird im Anschluss die Kabel- und Sensorauslage, Datenaufnahme, Pick-up und Rekultivierung in Eigenregie durchführen (ggf zzgl. bohren-laden-sprengen). Die Kosten hierfür sind in turn-key Verträgen pro Anregungspunkt sowie Festpreise für Mob und Demob, Standby-raten u.ä. festgeschrieben und werden nicht separat aufgesplittet. Hier ist eine enge Begleitung durch den Supervisor unerlässlich.

#### **Deliverable:**

Abrechnung gemäss Auftrag. Tages- und Wochenberichte, QC-Berichte und Endberichte von Auftragnehmer und Supervisor, sowie alle Daten und begleitenden Informationen (Einmessungsdaten etc.) in vorher festgelegten Formaten.

#### **Kostenposition 3.1**

Die geschätzten Kosten gemäss Survey Design und Ausschreibung können beim Projektträger geltend gemacht werden. Sollten sich im Laufe der Messkampagne Kostenüberschreitungen ergeben, so können diese im begründeten Fall nachbeantragt werden.

### b. Permitting / Grundeigentümer-Information

Für die Durchführung der Messung muss der Grundeigentümer jeder Parzelle, die für die Messungen betreten wird, informiert werden. Dies bedeutet einen entsprechenden Aufwand an Permit-Personal. Bei 2D-Messungen gehört ein grosser Teil der Parzellen den Gemeinden und dem Kanton (Strassen, Fusswege), oder Grundeigentümern mit grossen Flächen (Landwirte, Wegegenossenschaften) und es sind nur ergänzend Privateigentümer zu benachrichtigen. Für 3D-Messungen ist in der Regel ein flächendeckendes und lückenloses Permitting erforderlich. Dies kann einen zusätzlichen Aufwand verursachen. Fehlende Einwilligungen (no-permit) können zu Verzögerungen und/oder Qualitätseinbussen führen.

#### **Permit on-line**

Permit on-line (ständig «auf der Linie»), begleitet die Messfahrzeuge vor Ort und löst ad-hoc auftretende Probleme mit Anwohnern, allfälligen Schäden, kurzfristigen Strassensperrung etc.

Das Permitting kann in Eigenregie durch den Antragsteller beauftragt werden oder durch die Messfirma organisiert werden und im Akquisitionsvertrag enthalten sein. Empfehlenswert ist eine Aufteilung in einen technischen Teil der Permit-Organisation und Schnittstelle zum Messtrupp und einen Teil mit lokalen Permittern, die Landessprache und lokale Gegebenheiten kennen.

#### **Deliverable:**

Pflichtenheft/Auftrag für das Permitting.

#### **Kostenposition 3.2**

Die Kosten gemäss Beschaffung/Ausschreibung können beim Projektträger geltend gemacht werden. Kostenbegründung per Manntage\*Tagessatz oder gemäss Angebot/Auftrag.



### c. Supervision

Ähnlich wie im Baugewerbe ist es üblich, einen Kundenvertreter (Birddog, crew-supervisor) zu beauftragen. Dieser ist jederzeit im Truppbüro vor Ort. Er ist bei den Morgen-meetings anwesend, prüft die tägliche Datenlieferung auf Vollständigkeit und Qualität. Ausserdem trifft er ad-hoc Entscheidungen bezüglich Punktausfällen/-verschiebungen, Akzeptanz der Datenqualität z.B. bei Regen oder Störgeräuschen etc. Qualität und Umfang dieser Trupp-Supervision sind entscheidend für den Erfolg einer Messkampagne, hier sollte grosse Aufmerksamkeit auf die Erfahrung des Teams gelegt werden.

**Deliverable:**

Pflichtenheft für die Supervision

**Kostenposition 3.3**

Die Kosten gemäss Beschaffung/Ausschreibung können beim Projektträger geltend gemacht werden.

### d. Schadenregulierung / Claim settlement.

Durch die seismischen Messungen ist mit Schäden zu rechnen, die im Anschluss (z.T auch schon begleitend) reguliert werden müssen. Zu unterscheiden sind hier zwei Arten:

- Zu erwartende Schäden z.B. beim Befahren von Feldern, Bohren von Schusslöchern auf Ackerland etc. Diese werden bereits während des Permittings von den Permittern mit den Betroffenen besprochen und nach Abschluss der Messungen ausgemessen und mit geltenden Entschädigungsansätzen reguliert.
- Unerwartete Schäden an Wegen und Gebäuden (auch Nutztiere, Zierfische, Quellfassungen). Hierfür sollten Fachexperten als Gutachter bereits vorgängig ausgewählt werden und bei Schadensmeldungen mit den Betroffenen der Schaden zeitnah begutachtet werden und eine Einigung über die Entschädigung gesucht werden. Diese Schadensfälle sind oft nur wenige, können aber im Einzelfall z.T. hohe Kosten verursachen.

**Deliverable:**

Pflichtenheft/Auftrag sowie Entschädigungskonzept für die Schadenregulierung.

**Kostenposition 3.4**

Die Kosten können beim Projektträger geltend gemacht werden.



## E. Begleitende Arbeiten

Je nach Projektstruktur, Gegebenheiten des Messgebiets, Kanton etc. sind verschiedene zusätzliche begleitende Arbeiten einzuplanen.

### Behördenbegleitung:

Technische Unterlagen der operativen Durchführung der Messkampagne müssen erstellt werden und, je nach Kanton, einzelne Teile der Feldarbeiten ggf. von den Behörden bewilligt werden (Sprengseismik, Vibroseismik, Bodenschutz, Gewässerschutz, Naturschutz)

### Öffentlichkeitsarbeit, Bürger- und Gemeindeinformation:

Bei den betroffenen Gemeinden müssen Bewilligungen für die Benutzung der Wege und Strassen eingeholt werden. Ausserdem sind z.T. Brunnenmeister, Tiefbauamt, Forst etc. involviert. Es bietet sich an, entsprechende Sitzungen mit der Gemeindeverwaltung und ggf. Teilen des Gemeinderates zu halten. Für die interessierte Öffentlichkeit ist es empfehlenswert, einen «Tag der offenen Tür» zu veranstalten, bzw. einen Web-Auftritt zu organisieren und tagesweise zu aktualisieren.

### Beweissicherung, Erschütterungsmessungen:

Diese können in Eigenregie durch den Antragsteller beauftragt werden oder durch die Messfirma organisiert werden und im Akquisitionsvertrag enthalten sein. Für gemeldete Schäden sollte vorgängig geplant werden, wie diese aufgenommen, begutachtet und reguliert werden. Hier sind ggf. Bausachverständige oder Gutachter für Wegeschäden einzuplanen.

### Verkehrsregelung:

Diese kann weitestgehend vom Messtrupp übernommen werden. Auf Kantonsstrassen muss jedoch ein zertifiziertes Unternehmen beauftragt werden.

### Kabelführung an Bahnlinien:

Sie muss durch SBB-Personal durchgeführt werden und dort frühzeitig angemeldet werden (und vergütet).

### **Deliverable:**

Projektplan mit Pflichtenheften / Aufträgen für die einzelnen Gewerke.

### **Kostenposition 4.1**

Die Kosten können beim Projektträger geltend gemacht werden.





## F. Auswertung

### a. Processing.

Die Processing Firma übernimmt die Daten direkt vom Messtrupp und führt die Datenbearbeitung durch. Hier sind verschiedene pre- und poststack migrierte Volumen/Sektionen in Zeit oder Tiefe möglich, je nach Zielsetzung und Fragestellung. Der Umfang der Datenbearbeitung ist bereits im Processing-Konzept festgelegt. Das Processing sollte als ersten Schritt die Standardprozedur für landgestützte 2D- und 3D-Daten enthalten, im Sinne von Common-Midpoint (bzw. Dip-Moveout, CMP/DMO)-Stacking mit nachfolgender Zeitmigration, als Startpunkt für fortgeschrittene Imaging-Methoden wie Pre-Stack Tiefenmigration und der iterativen Konstruktion von Intervall-Geschwindigkeitsmodellen mit der Tiefe.

Es ist angezeigt bereits bei Beginn der Feldmessungen die Processing Firma zu beauftragen und die gelieferten Felddaten regelmässig prüfen zu lassen. So können Unstimmigkeiten bei den Formaten, Geometrieangaben, Header-Einträgen etc. vermieden werden. Die Processing-Arbeiten müssen ebenfalls ausgeschrieben werden und entsprechend muss Zeit eingeplant werden.

#### **Deliverables**

Pflichtenhefte / Auftrag für das Processing

#### **Kostenposition 5.1**

Die Kosten können beim Projektträger geltend gemacht werden.

### b. Interpretation

Die verschiedenen Seismik Volumen bilden die Grundlage für die geologische Interpretation. In einer ersten Version kann dies schon auf der Basis von frühen Bearbeitungsschritten erfolgen und dann mit fortschreitender Datenbearbeitung verfeinert werden. Hierbei kommt vor allem eine Workstation-basierte Interpretationssoftware zur Visualisierung des 3D-Cubes mit Attributanalysen zur Anwendung.

#### **Deliverables**

Pflichtenhefte / Auftrag für die Interpretation

#### **Kostenposition 5.2**

Die Kosten können beim Projektträger geltend gemacht werden.



## G. Messparameter und Kosten

In der Regel werden für die Feldmessungen turn-key Verträge abgeschlossen. Hier sind pauschale Kosten pro Anregungspunkt und Kategorie festgeschrieben. Die Kosten pro Anregungspunkt ergeben sich dabei ganz grob gesagt aus den Kosten für die gesamte crew pro Tag dividiert durch die Anzahl der Anregungspunkte pro Tag. Hierbei spielen folgende Aspekte eine wesentliche Rolle:

- Vibrations- / Schusseismik:  
In der Regel werden heutzutage überwiegend Vibro-surveys durchgeführt. In vielen Fällen wird auf Schusseismik komplett verzichtet. Für die Schusseismik muss eine zusätzliche Abteilung vorgehalten werden für Bohren, Laden/Schiessen sowie Reaktivierung. Eine Bohrmannschaft mit 3 Mann und Bohrgerät erreicht dabei eine Tagesleistung von wenigen Punkten pro Tag. Entsprechend liegen die Kosten pro Sprengpunkt bei einem Vielfachen eines Vibropunktes. Allerdings werden im Falle von Schusseismik in der Regel weniger Anregungspunkte benötigt als bei der Vibro-Seismik. Zusätzlich ist für den Einsatz von Sprengseismik in der Schweiz ein gesondertes Bewilligungsverfahren für Sprengmittel und Zünder erforderlich.  
Je nach Dichte des Messnetzes, Geländebedingungen, Besiedlung und landwirtschaftlicher Nutzung kann jedoch der Einsatz von Sprengseismik für eine lückenlose Abbildung unerlässlich sein.
- Erkundungstiefe:  
Die Eindringtiefe kann bei der Vibro-Seismik gesteuert werden über i) die Ground-Force der Vibrationsfahrzeuge (Grösse/Gewicht) ii) die Anzahl der Vibros, die gleichzeitig anregen iii) und die Anzahl der Sweeps pro Messpunkt.  
Hier wird unmittelbar klar, dass die Zeit, die eine Vibro-Flotte pro Anregungspunkt benötigt, sich aus den Parametern oben ergibt und sich damit die Anzahl der Messpunkte pro Tag ableiten lässt.

### 3D Seismik

- Messnetz:  
Das Messnetz (3D Seismik) spielt eine wesentliche Rolle bei der Zeit, die eine Vibro-Flotte benötigt, um die einzelnen Punkte anzufahren. Für grosse Erkundungstiefen und einem Messlinien-Abstand von 400-500m findet sich meist ein durchgehender Fahrweg entlang dessen die Vibro-Gruppe über längere Strecken kontinuierlich arbeiten kann und eine gute Produktion erreicht. Bei einem flachen Target und einem Messlinien-Abstand von 100-200m müssen oft Nebenwege, Sackgassen oder Umfahrungen genutzt werden, die die Tagesproduktion erheblich einschränken können und damit die Kosten pro Anregungspunkt entsprechend steigen. Ausserdem können im Falle von kleineren Intervallen die Entschädigungsleistungen ansteigen.
- Fläche:  
Die zu messende Fläche (bei 3D Seismik) zusammen mit der resultierenden Anzahl der Anregungspunkte pro km<sup>2</sup> ergibt die Anzahl der Messpunkte. Die zu messende Fläche ist somit der kritischste Kostenfaktor. Hierbei ist zu bedenken, dass zu der Fläche, die man im Untergrund abbilden möchte, noch zusätzliche Ränder für die Überdeckung (Fold-Taper) und je nach Topologie die Migrations-Apertur hinzukommen. Diese können schnell mehrere hundert Meter betragen. z.B. für eine kleine 3D-Seismik mit einer abzubildenden Fläche von 5x5km (25km<sup>2</sup>) in 2km Tiefe kommen z.B. 900m Taper&Apertur hinzu. Dadurch beträgt die Messfläche 6.8x6.8km = 46km<sup>2</sup> (185%).
- Messgeometrie  
Generell lässt sich abschätzen, dass ein tieferes Erkundungsziel i) eine grössere Messfläche benötigt wegen der längeren offsets, um die reflektierten Signale korrekt aufzuzeichnen und ii) grössere Linien- und Messpunktabstände benötigt und daher weniger Messpunkte pro km<sup>2</sup> benötigt. Dafür ist aber die Zeit pro Messpunkt grösser und dafür jeder einzelne Messpunkt teurer. Ein flaches Target benötigt geringere Linien- und Punktabstände und führt daher zu einer hohen Anzahl von Messpunkten pro km<sup>2</sup>. Die aktive Auslage (Patch), die zusammen mit dem Vibro-/Schusspunkt im Roll-Along-Betrieb über die gesamte Messfläche wandert, muss der Zieltiefe angemessene offsets (Abstand Quelle-Empfänger) und Azimute aufweisen.



Eine Kombination von grosser Erkundungstiefe und gleichzeitig hoher Auflösung von flachen Strukturen führt daher zwangsläufig zu einer Erhöhung der Kosten und der Dauer der Messkampagne. Eine sinnvolle Abwägung dieser Aspekte ist daher essentiell.

## 2D Seismik

### - Messgeometrie

Geophonabstand und aktive Auslage bestimmen den Arbeitsaufwand, die Linie aktiv zu halten und damit die Personalkosten. Die Dichte der Anregungspunkte bestimmt den Messfortschritt und damit die Kosten. Die Überschlagsrechnung aus Anzahl Messpunkte pro Tag und Crewkosten pro Tag gilt hier analog zur Überlegung der 3D-Seismik.