

# Oberflächennahe Reflexionsseismik mit einem Vibrations-Stampfer



S. Wichert (IGM), S. L. Helwig (IGM),  
B. Tezkan (IGM), H. Rüter (HarbourDom)

wichert@ageo.uni-koeln.de

## Einleitung

Ziel der oberflächennahen Reflexionsseismik ist eine hohe vertikale und horizontale Auflösung der geologischen Strukturen in einem Tiefenbereich bis zu einigen hundert Metern. Dies erfordert den Einsatz geeigneter seismischer Quellen. Nach Gaertner und Schuck (2001) sind an eine solche Quelle die folgenden Forderungen zu stellen:

- Hohe Mobilität
- Ein günstiges Signal-zu-Rausch-Verhältnis gegenüber auftretenden Störungen (Oberflächenwellen, Luftschall, etc.)
- Ein möglichst breitbandiges Spektrum des angeregten Signals
- Eine geringe Umweltbelastung

Zusätzlich dürfen die Kosten für entsprechende Messungen nicht zu hoch werden, um gegenüber anderen Methoden konkurrenzfähig zu bleiben. Um all diesen Anforderungen gerecht zu werden, musste die seismische Ausrüstung einerseits immer kompakter und beweglicher werden (Mobilität), andererseits setzten sich, im Gegensatz zur klassischen sprengseismischen Anregung, in der oberflächennahen Reflexionsseismik sprengstofflose Quellen durch (Minivibratoren, Fallgewichte, Hammerschlag). Ein Problem ist jedoch, dass diese Quellen gegen mindestens eines der oben genannten Kriterien verstoßen. Sie sind entweder relativ schwach, unhandlich und/oder teuer. Als mögliche Lösung bietet sich ein handelsüblicher Vibrations-Stampfer als Quelle an, wie er im Mini-Sosie-Verfahren (Barbier 1983) verwendet wird.

## Motivation

Zwar wird das Mini-Sosie-Verfahren schon seit langem erfolgreich angewendet, die verfügbaren Geräte sind jedoch recht teuer und spezialisiert. Ziel dieses Projektes ist es, ein einfaches und billiges Sensorsystem zu entwickeln, das problemlos mit den üblichen seismischen Registrierapparaturen zu kombinieren ist und das sich schnell und einfach an einem beliebigen Vibrations-Stampfer anbringen lässt. Ein solcher Stampfer kann in jedem Baugeräteverleih zu sehr günstigen Konditionen ausgeliehen werden. Für die Messungen muss dann lediglich eine kleine Sensorbox an das Gerät geschraubt werden und der Stampfer ist in kurzer Zeit als Quelle einsetzbar.



Abb. 1: Wacker BS 600 Vibrations-Stampfer mit angeschlossener Sensorbox.

Das Sensorsystem besteht für unsere Testphase aus insgesamt 4 einachsigen Beschleunigungssensoren (je 2 Sensoren mit Messbereich bis max. 50 g bzw. 100 g). Diese sind (je ein 50 g Sensor und ein 100 g Sensor) in kleinen Aluminiumboxen untergebracht, die an der Bodenplatte bzw. am Motorgehäuse des Stampfers angeschraubt sind (s. Abb. 1). Der Grund für die Verwendung von 2 Sensorboxen liegt im unterschiedlichen Verhalten des Stampfers auf verschiedenen Untergründen (die Sensoren an der Bodenplatte werden z.B. auf sehr harten Böden übersteuert).

Die Datenübermittlung erfolgt zur Zeit noch über Koaxialkabel. Über praktischere Methoden (Funk, Bluetooth u.ä.) wird aber bereits nachgedacht. Das Signal kann direkt in ein Geophonkabel eingespeist und auf einem der verfügbaren Kanäle aufgezeichnet werden.

## Das Mini-Sosie-Verfahren

Beim Mini-Sosie-Verfahren erfolgt die Anregung in Form einer zeitlich unregelmäßigen Serie von Einzelpulsen

$$Y = \sum_{i=1}^n \delta(t - t_i)$$

Die Gesamtzeit  $t_n$  der Impulsfolge ist dabei deutlich größer als die Laufzeit  $T$  der tiefsten Reflexion, das Zeitintervall zwischen den einzelnen Impulsen ist deutlich kürzer. Zahl und Abstand der Impulse werden so unregelmäßig gewählt, dass die Autokorrelation der Impulsfolge im wesentlichen ein Zentralpeak der Amplitude  $n$  ist, umgeben vom sog. Korrelationsrauschen mit Amplitude  $n$ . Das Verhältnis  $n/n$  gibt dabei das Signal-zu-Rausch-Verhältnis der Korrelation an.

Die auf den Untergrund übertragene Anregung  $a(t)$  setzt sich zusammen aus einer Faltung der Pulsfolge  $y(t)$  mit der Signatur der seismischen Quelle  $s(t)$ , da die Quelle keine exakt pulsförmigen Signale erzeugen kann. Es gilt:

$$a(t) = s(t) * y(t)$$

Die am Geophon aufgezeichnete Zeitreihe  $g(t)$  setzt sich ihrerseits zusammen aus der Faltung der Anregungsfunktion mit der Impulsantwort  $i(t)$  der Erde:

$$g(t) = a(t) * i(t) = s(t) * y(t) * i(t)$$

Für die Auswertung wird dieses Signal wie beim Vibroseis-Verfahren mit der Impulsfolge der Anregung kreuzkorreliert:

$$\hat{f}(t) = g(t) \otimes y(t) = s(t) * AKF(y(t)) * i(t)$$

Dabei ist  $AKF(y(t)) = y(t) \otimes y(t)$  die Autokorrelation der Impulsfolge. Diese kann vernachlässigt werden, wenn die  $AKF(y(t))$  im wesentlichen ein Peak mit sehr geringem Korrelationsrauschen ist (Barbier, Vialix, 1973). Diese Bedingung ist bei Korrelationslängen von ca. 10 s bereits sehr gut erfüllt. Es gilt:

$$\hat{f}(t) = s(t) * i(t)$$

Das gewonnene Korrelogramm kann somit als Seismogramm im üblichen Sinne aufgefasst und weiter verarbeitet werden.

## Erste Testmessung

Nach ausführlichen Funktionstests des Sensorsystems wurde eine erste Testmessung auf einer Rasenfläche in der Nähe des IGM durchgeführt. Dabei wurde eine 24-Kanal-Apparatur der Firma Bison zusammen mit 24 40Hz-Geophonketten verwendet. Die 3 Geophone je Kette wurden in 10 cm Abstand längs des Profils platziert, die einzelnen Geophonketten hatten einen Abstand von 2 m.

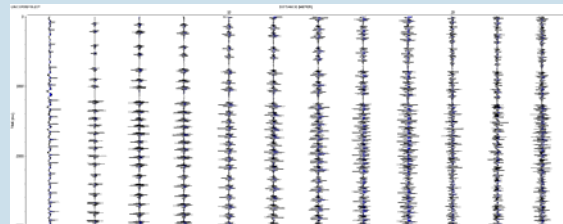


Abb. 2: Unkorrelierte Daten, Spur 1 ist das Sensorsignal des Vibrations-Stampfers. Geophonkettenabstand 2 m, Schusspunkt bei  $x = 2$  m, erste Geophonkette bei  $x = 4$  m

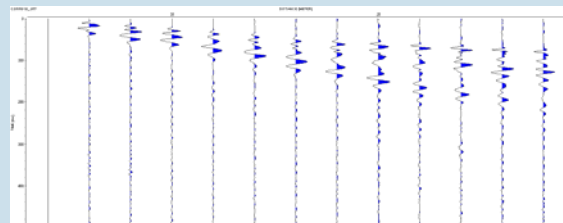


Abb. 3: Die Daten nach der Korrelation mit dem Sensorsignal.

## Ausblick

Die Planungen für das Projekt umfassen das weitere Processing der bisherigen Daten (CMP-Stapelung, Geschwindigkeitsanalyse, etc.), die Durchführung weiterer Testmessungen (Vergleich mit anderen Quellen z.B. Hammerschlag, Schussquelle Sissy) sowie eine umfangreiche Messkampagne auf einem entsprechenden Gelände (z.B. Rheinbraun).

## Literatur:

- Barbier, M.G., Vialix, J.R.: „Sosie: A new tool for marine seismology“, *Geophysics* 38, No. 4 (August 1973)
- Barbier, M.G.: „The Mini-Sosie Methode“, 1983
- Gaertner, H., Schuck, A.: „Reflexionsseismische Erkundung des oberflächennahen Untergrundes für Exploration, Baugrunduntersuchungen und bei Umweltproblemen“, DGG Kolloquium „Interpretation reflexionsseismischer Messungen“, Sonderband II, 2001