

## Datenanalyse in der Geophysik – Digitalisierung, Spektralanalyse

### Datenmengen in der Seismologie

- Der Bayerische Erdbebendienst betreibt 25 seismische Messstationen (3 Komponenten), die mit einer Samplingrate von 200Hz permanent aufzeichnen (single precision – 4 Bytes). Welche Datenvolumina fallen jährlich an?
- Beim RHUM-RUM Projekt ([www.rhum-rum.net](http://www.rhum-rum.net)) wurden 60 OBS (Ozeanbodenseismometer) ausgesetzt. Auf vier Kanälen wird mit 100Hz Samplingrate ein Jahr lang aufgezeichnet. Wieviele Daten laufen auf?
- Auf dem BP Valhallfeld (Nordsee) sind 3000 Sensoren am Meeresboden. Sie zeichnen auf 4 Kanälen mit 200Hz 10 Sekunden pro Schuss auf. Es gab 55000 Schüsse. Datenmenge?

### Digitalisierung, Sampling, Aliasing

Zeitbereich:  $f_{Ny} = 1/(2 dt)$  ; Raumbereich  $k_{Ny} = \pi/dx$ ;  $k = 2 \pi/\lambda$

- Was ist die Nyquistfrequenz  $f_{Ny}$ , was ist Aliasing?
- *Zeitbereich:* Sie digitalisieren ein Signal mit 0.02 sec Samplingrate. Bis zu welcher Frequenz können Sie ein Signal auflösen? Was für einen Filter benötigen Sie um Aliasing zu vermeiden?
- *Raum:* Wie groß ist die Nyquistwellenzahl  $k_{Ny}$ , wenn Sie ein Experiment mit einem Instrumentabstand von 500m messen? Wie groß ist die Nyquistwellenlänge?

### Messbereich eines Instruments, Bit-tiefe

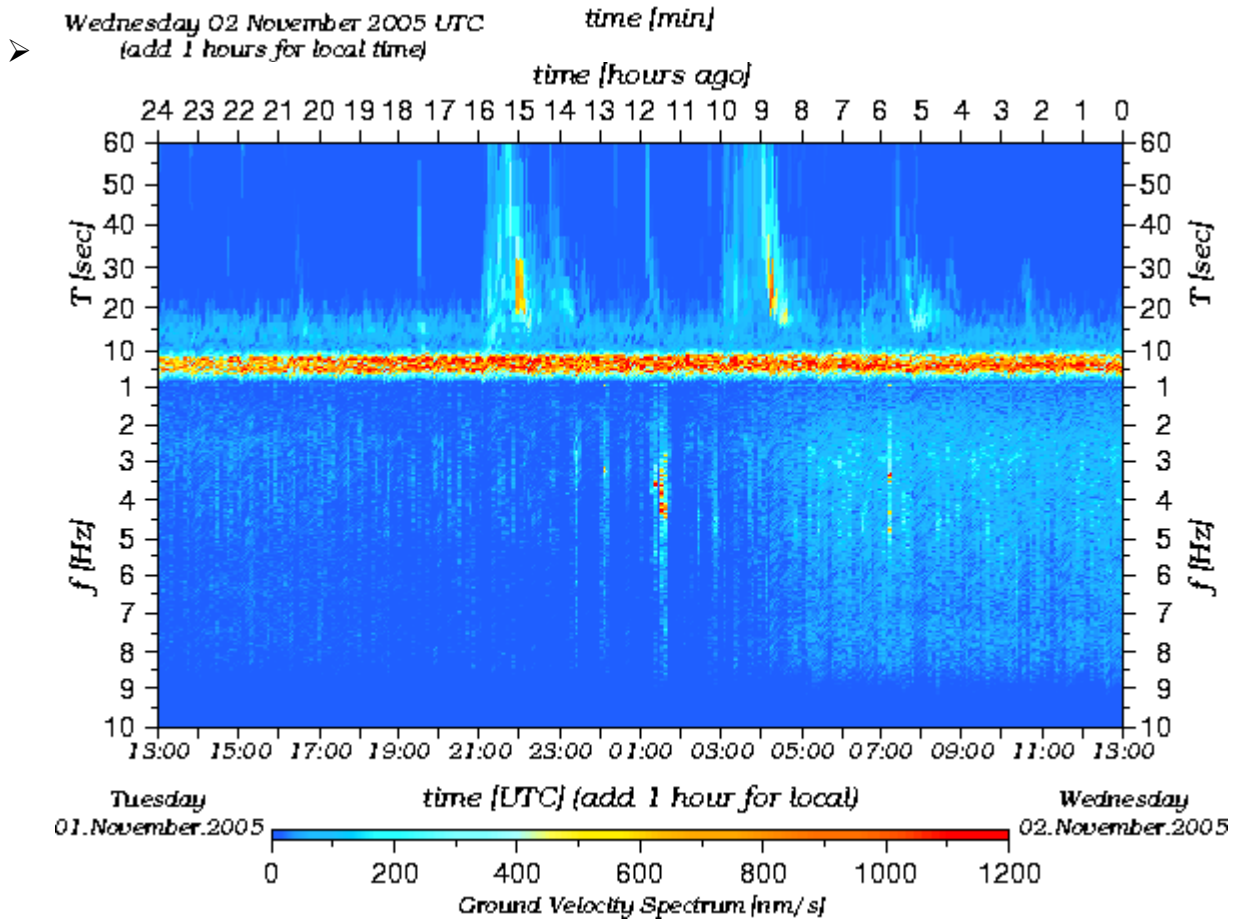
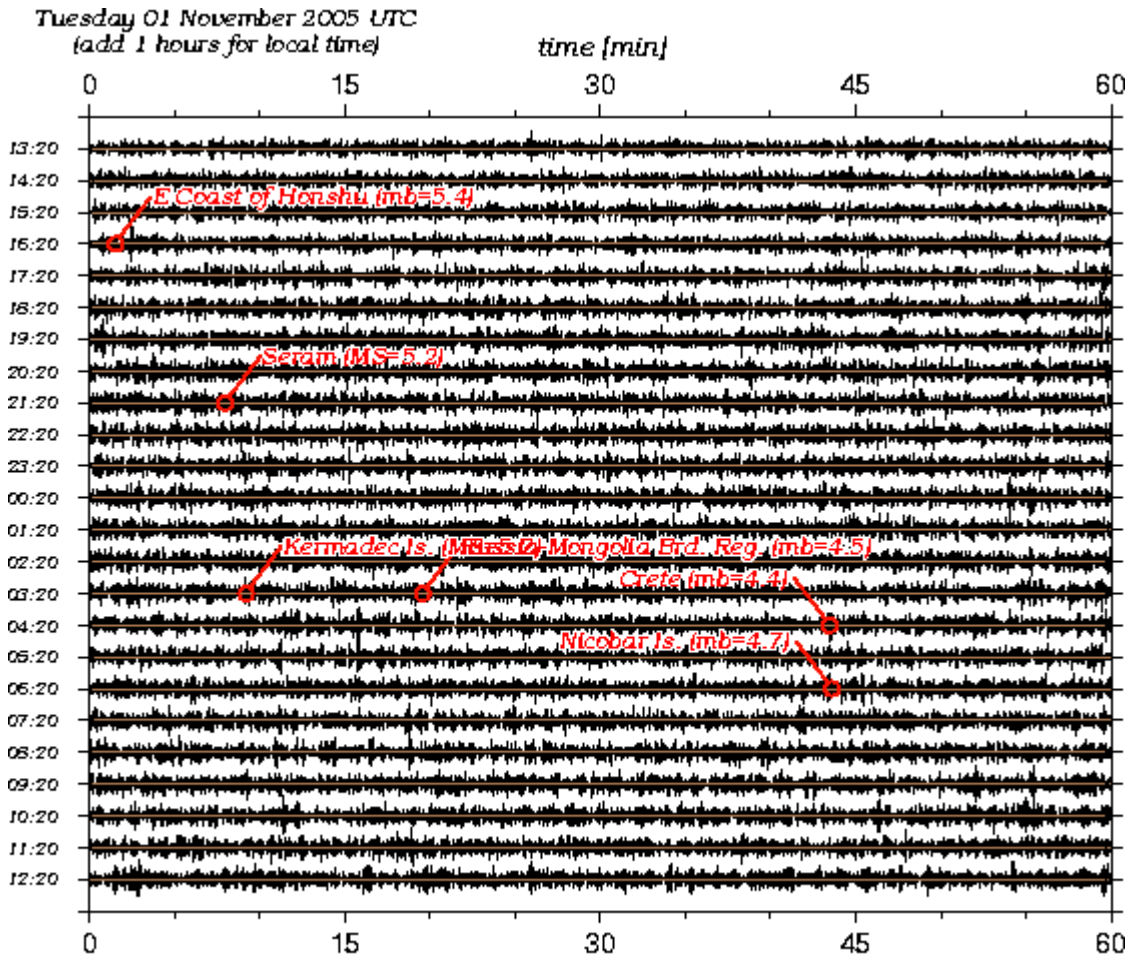
Ein Seismometer liefert einen analogen Output zwischen +-5 V. Ein Hersteller bietet einen „Digitizer“ an, der das Signal mit 32bit digitalisiert. Welche Spannungsunterschiede kann das Instrument auflösen?

### Spektralanalyse, Amplitudenspektrum

Skizzieren Sie die folgenden Funktion und deren Amplitudenspektrum (qualitativ) a) einer monofrequenten Welle, b) einem Signal das mit einem Zufallsgenerator erzeugt wurde, c) das Signal einer Gaußfunktion und d) eine Impuls- (Delta-) Funktion. Geben Sie für jedes Signal ein Beispiel aus den Geowissenschaften. Beschriften Sie die Achsen! Erklären Sie wie es möglich ist, dass b) und d) (idealisiert) das gleiche Amplitudenspektrum haben.

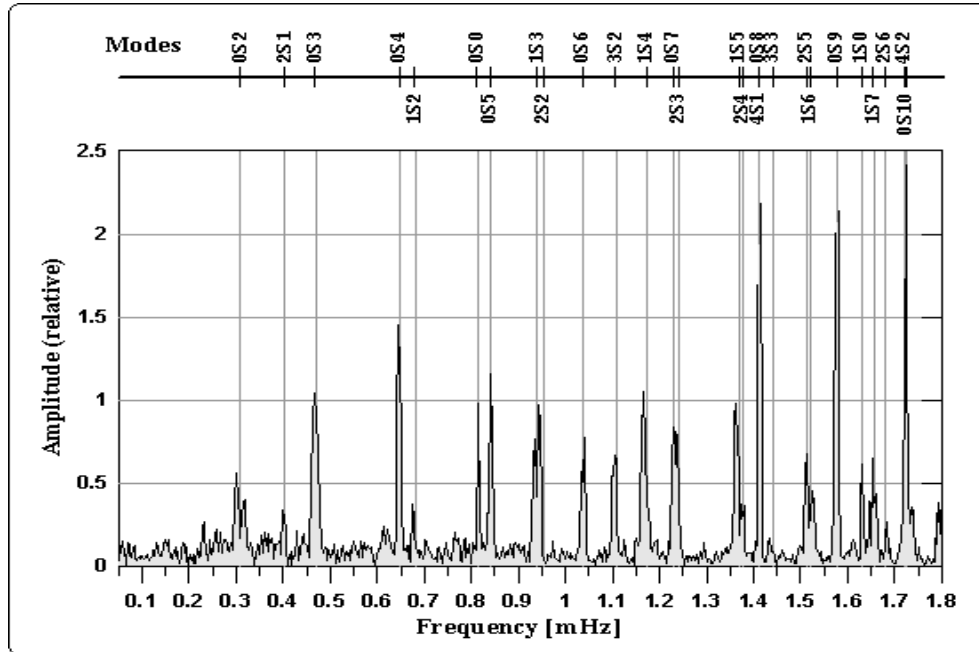
### Zeit-Frequenzanalyse

Was macht man bei einer Zeit-Frequenz-Analyse? Diskutieren Sie den 24-h Plot der Erdbebenstation in Fürstenfeldbruck und das dazugehörige Spektrum (umseitig). Erklären Sie, warum man im Zeitsignal wenig, in der Zeit-Frequenz-Analyse aber viel erkennen kann. Woher kommt die horizontale Struktur im Zeit-Frequenz Plot bei ca. 5s Periode?



## Spektralanalyse, Eigenschwingungen

Nach sehr großen Erdbeben erhält man nach der Fouriertransformation (Zeitraum -> Frequenzraum) eines vertikalen Seismogramms einer Dauer von z.B. 3 Tagen (also 36h) folgendes Ergebnis:

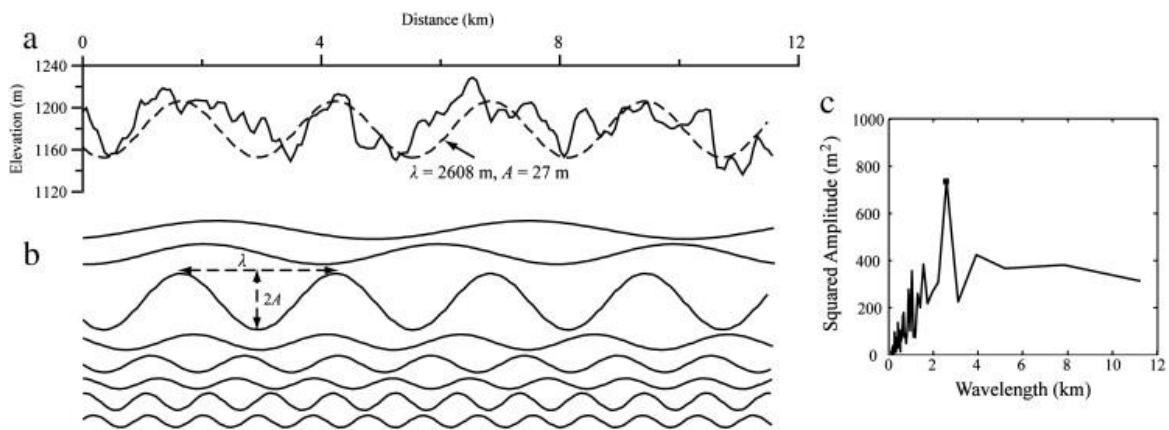


Handelt es sich hier um ein Amplituden- oder Phasenspektrum? Warum gibt es die „Spektrallinien“, was ist deren Bedeutung (vergleichen Sie mit den Schwingungen einer Saite). Die Frequenz ist in mHz (milliHertz) angegeben. Schätzen Sie die Periode der „Moden“ 0S2 und 0S10 ab. Kann man diese Spektrallinien auch schon 1h nach dem Erdbeben sehen?

Der Ton A hat eine Frequenz von 440 Hz. Der tiefe Ton C hat bereits eine „Hilfslinie“. Pro Oktave braucht man 3.5 Linien. Wo müsste der Erd-„Ton“ für 0S2 im Violinschlüssel notiert werden (wieviele Hilfslinien)? Zur Erinnerung: Die Frequenz des ersten Obertons (erste Oktave) ist zweimal die Frequenz des Grundtons. Wie viele Oktaven, bis Sie zum A kommen?



## Spektralanalyse im Raum



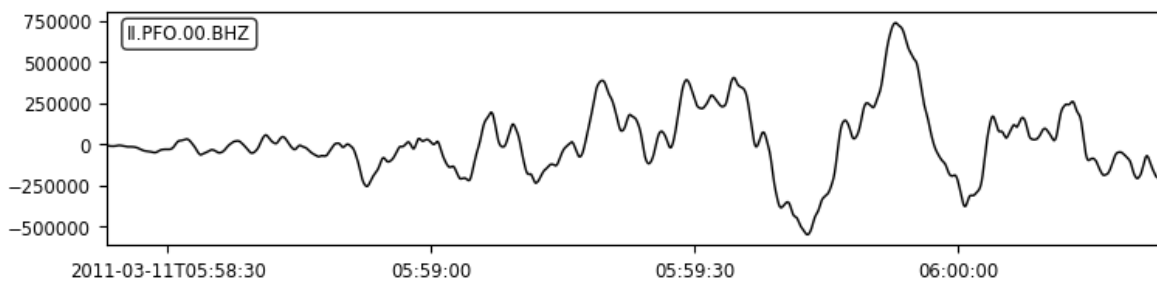
In der obigen Grafik ist der Schnitt durch eine Topographie gegeben. Die gestrichelte Linie stelle „eine“ der beteiligten Schwingungen dar. Stellen Sie die Gleichung für diese Mode auf (Phase kann vernachlässigt werden). Bestimmen Sie die Wellenzahl für diese Mode ( $k = 2\pi/\lambda$ ). Welche geologischen Prozesse sind für das Raumspektrum eines Gebirges wohl verantwortlich?

## Frequenzgehalt von Seismogrammen

In u.a. Grafiken sind Seismogramme (vertikale Schwinggeschwindigkeit) für Raum- und Oberflächenwellen des M9.1 Bebens in Japan am 11. März 2011 dargestellt. Schätzen Sie Periode und (mittlere) Amplituden aus beiden Seismogrammen ab und skizzieren Sie ein Amplitudenspektrum (nutzen Sie die dimensionslosen Werte).

### Raumwellen:

2011-03-11T05:58:23.0195 - 2011-03-11T06:00:23.0195



### Oberflächenwellen

2011-03-11T06:21:23.0195 - 2011-03-11T06:36:23.0095

