

## Datenanalyse in der Geophysik – Lineare Systeme, Korrelationen, Filtern

### I Linear Systeme

Geben Sie Beispiele aus den Geowissenschaften (oder Physik) für lineare Systeme.

### II Seismische Datenanalyse, Fallbeispiel: Erdbeben am Hochstaufen

Sie haben am Hochstaufen bei Bad Reichenhall mit *drei verschiedenen Seismometertypen* mehrere Erdbeben gemessen (siehe Grafik). Schätzen Sie den *Frequenzbereich* der Beobachtungen. Sie wissen, in der Region gibt es mehrere Sägewerke, die mit ca. 5 Hz die Signale zerstören. Sie erwarten, dass einige der Erdbeben nahezu im selben Herdgebiet liegen (Erdbebencluster, siehe Grafik). Sie wollen die *Ankunftszeiten der P-Wellen* der Ereignisse in einem Cluster an jeder Station möglichst objektiv bestimmen. Wie helfen Ihnen bei diesen Aufgabe (*De-*) *Konvolution, Korrelation, Filtern*? Wie würden Sie vorgehen?

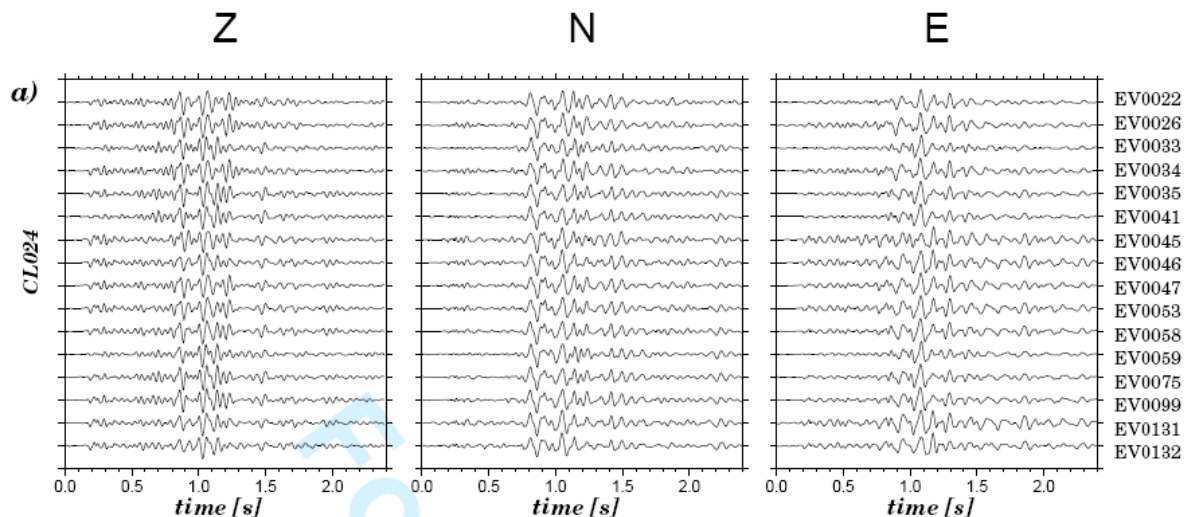


Abb 1.: Unprozessierte Seismogramme verschiedener Beben am Hochstaufen (Z,N.E-Komponenten) eines Erdbebenclusters (aus Kraft et al., 2006). Die horizontalen Zeitreihen (EVXXXX) entsprechen jeweils einem Erdbeben.

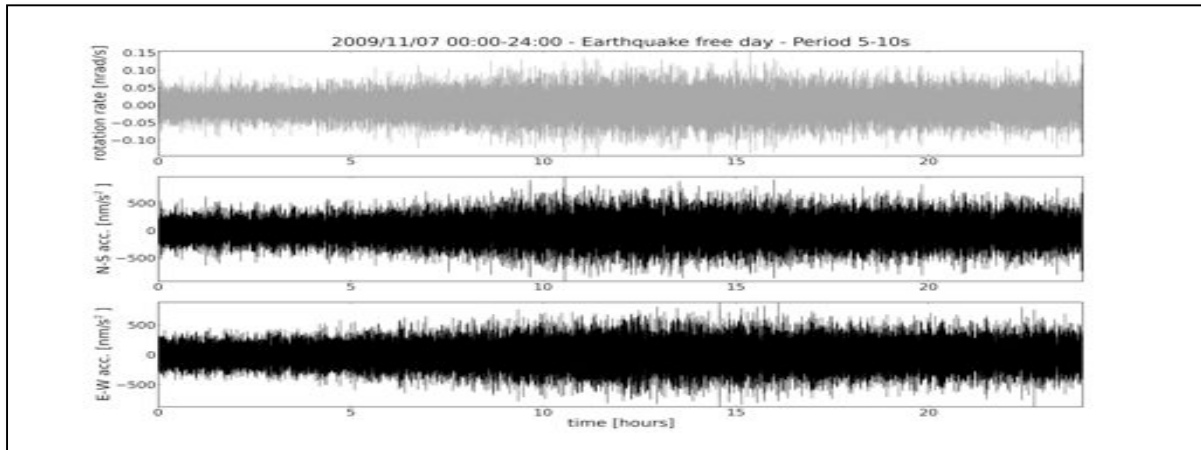
### III Faltung, Konvolution: diskrete Form

$$y_k = \sum_{i=0}^m g_i f_{k-i} \quad \begin{array}{l} g_i \quad i = 0,1,2,\dots,m \\ f_j \quad j = 0,1,2,\dots,n \end{array}$$
$$k = 0,1,2,\dots,m+n$$

Berechnen Sie (mit Hand!) die Faltung  $y_k$  der beiden Vektoren  $g=\{0 \ 1 \ 2 \ 3\}$  und  $f=\{1 \ 2 \ 1\}$ . Machen Sie zuerst eine Tabelle mit Index und Wert der Vektoren. Für welche Prozesse in der Seismik/Seismologie ist die Faltung von Bedeutung?

#### IV Korrelation, seismisches Rauschen

Welche Eigenschaften von Zeitreihen lassen sich mit Hilfe der Korrelation quantifizieren? Kennen Sie den (kleinen) mathematischen Unterschied zwischen Korrelation und Konvolution?



Die Grafik zeigt ein Zeitfenster mit seismischem Rauschen über 24h für verschiedene Bewegungskomponenten.

Sie zeichnen seismisches Rauschen über einen langen Zeitraum an zwei Stationen A und B auf (zB ein Jahr).

- Was erhält man, wenn man diese Signale in geeigneter Form miteinander korreliert?
- Was kann man mit dieser Information weiter anfangen?
- Warum ist diese Anwendung für die Seismologie so interessant?
- Welche Vorteile bietet diese Rauschanalyse gegenüber der Interpretation von Erdbebendaten?

#### V Korrelation, Konvolution, Spektren

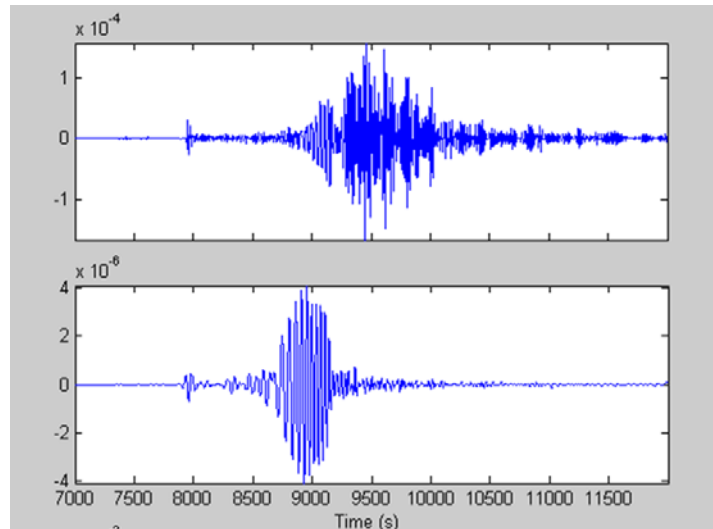
Welche der folgenden Aussagen sind richtig (ggf. begründen, korrigieren):

1. Das Spektrum einer Gauss-Funktion ist eine Sinuskurve.
2. Die Nyquist-Frequenz bezeichnet die kleinste Frequenz, die mit der Abtastrate  $dt$  korrekt dargestellt werden kann. Sie ist  $f_N=1/(2 dt)$ .
3. Wenn ich eine zufallsverteilte Funktion mit sich selber korreliere (normiert), so ist das Maximum der Autokorrelationsfunktion 1.
4. Je schärfer ein Zeitsignal begrenzt ist, desto breiter ist das Spektrum, d.h. desto mehr Frequenzen brauche ich, um das Zeitsignal korrekt zusammensetzen (Unschärferelation).
5. Eine negative Korrelation (z.B. ein Wert -1) zweier Beobachtungen bedeutet, dass sie aber auch rein gar nichts miteinander zu tun haben.
6. Die Dekonvolution ist die Umkehrfunktion der Korrelation.
7. Ein weißes Spektrum wird so genannt, weil es vorher mit Persil gewaschen wurde.

#### VI Filtern

Skizzieren Sie im Frequenzraum Tiefpass-, Hochpass-, und Bandpassfilter (nur Amplitudenspektrum). Welche Filteroperation des originalen Signals (oben) führt zum unteren Signal? Beschreiben und erklären Sie die Änderung des Seismogramms eines großen

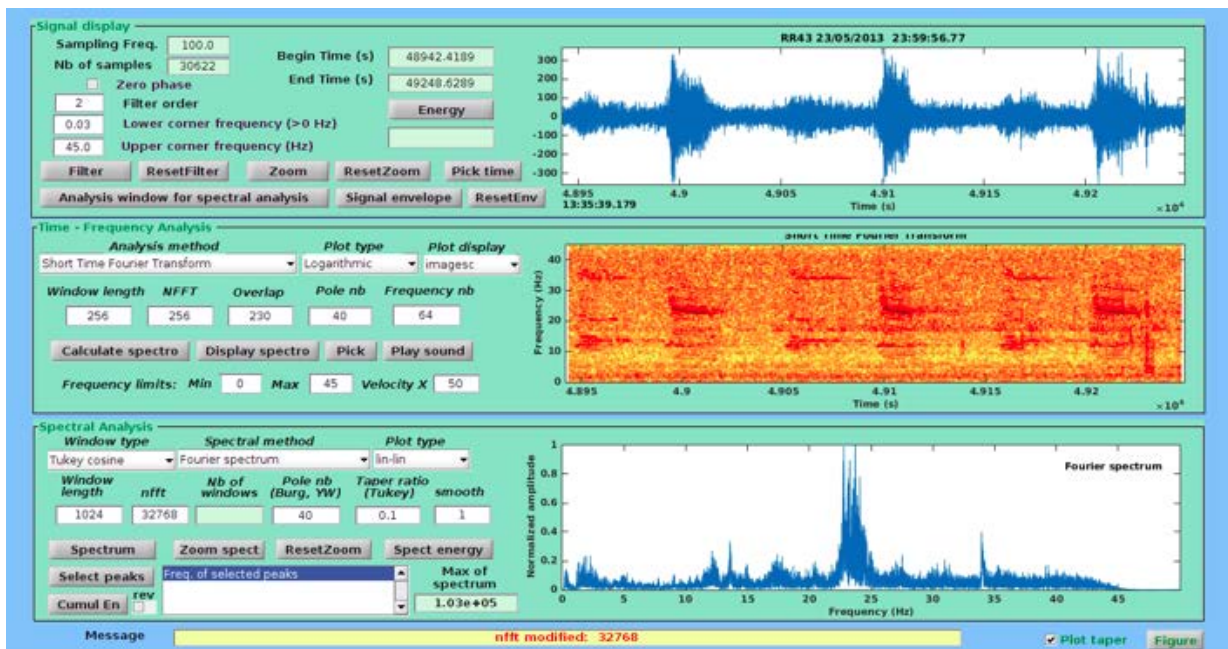
Erdbebens (Amplitude, Amplituden-Zeit-Verhalten). Warum scheinen die dominanten Signale früher anzukommen? Warum ist die Amplitude des gefilterten Signals (Bodengeschwindigkeit) viel kleiner?



Seismogramme eines M8.3 Erdbebens in Japan, aufgezeichnet in Fürstentfeldbruck. Vertikale Bodenbewegung (z-Geschwindigkeit).

## VII Case study: whale signals in the Indian Ocean

Diskutieren Sie den Snapshot eines seismischen Verarbeitungsprogramms für Walsignale. Oben: Zeitsignal, Mitte: Zeit-frequenz Spektrum, Unten: Spektrum.



Fragen: Welche Filterparameter werden benutzt, was bedeuten sie? Könnte man das Signal hören? Was bringt in diesem Fall die Zeit-frequenzanalyse, diskutieren Sie die Parameter, sofern möglich. Wie stehen die Zeit-frequenzanalyse und das Spektrum unten im Zusammenhang? Wie groß ist die Nyquistfrequenz der Beobachtungen? Was würde man nach Filtern mit einem Tiefpass bei 1Hz von den Walsignalen sehen?