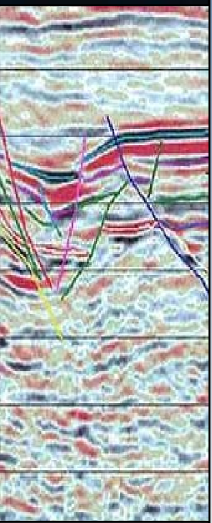
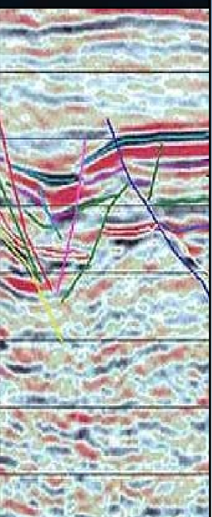




Datenverarbeitung in der Geophysik

- Digitalisierung, Diskretisierung
  - Sampling rate, Taktfrequenz
  - zeitliche, räumliche Frequenzen
  - Datenvolumen
- Spektralanalyse
  - Fourier Analyse
  - Sampling, Abtastrate
  - Raum- und Zeitspektren
- Wellenform Bearbeitung
  - Konvolution (Faltung)
  - Dekonvolution
  - Korrelation
  - Digitale Filterung
- Dynamic Range

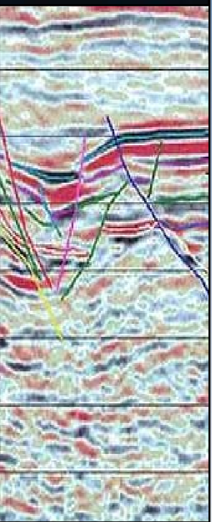


Digitalisierung

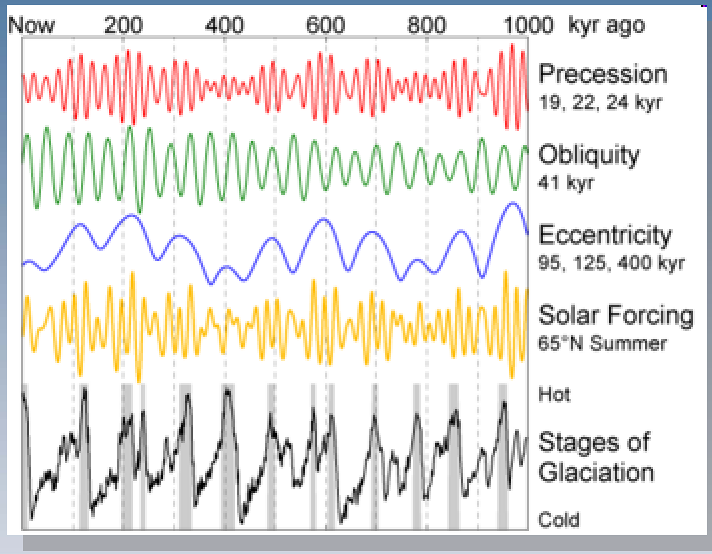
- Was passiert, wenn ich ein Signal digitalisiere (Bodenbewegung, Temperatur, etc.) in Raum und/oder Zeit?

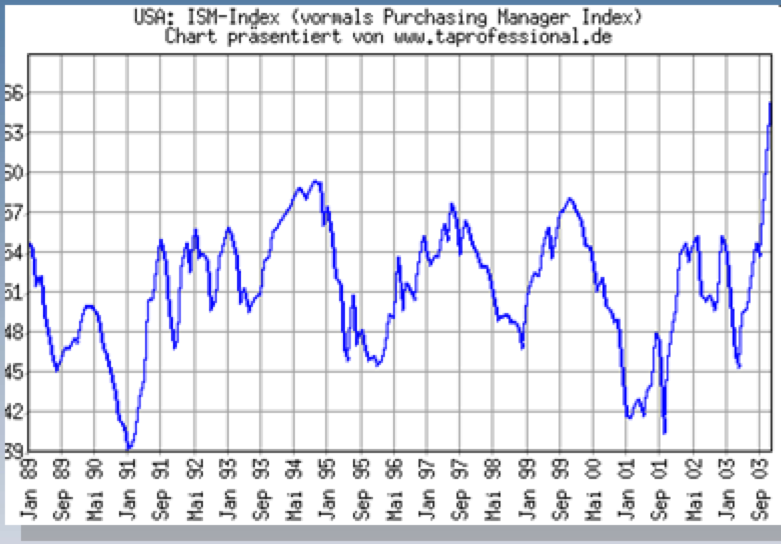
- Was sind die Auswirkungen einer bestimmten Samplingrate/Abtastrate auf den Informationsgehalt?

- Wie sind die gewonnenen Signale zu behandeln (zu bearbeiten, zu transformieren), um relevante Informationen zu erhalten?

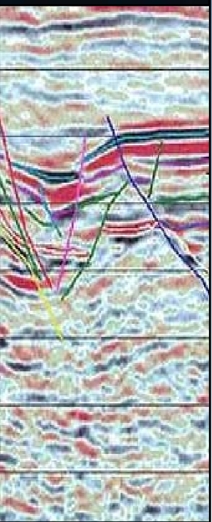


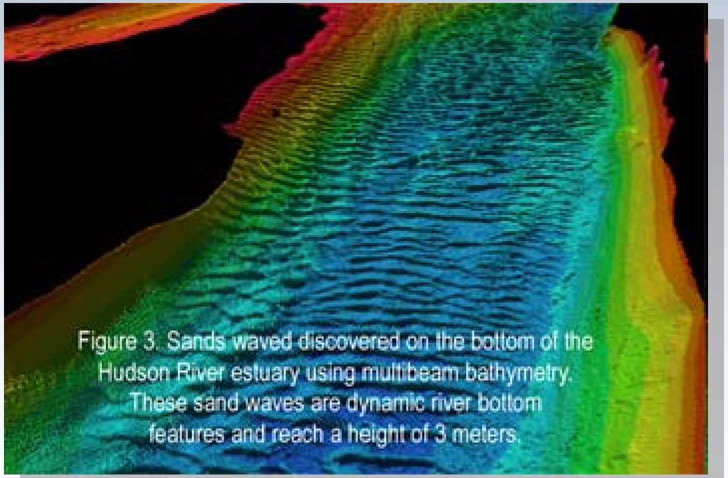
Zeitreihen, Beispiele



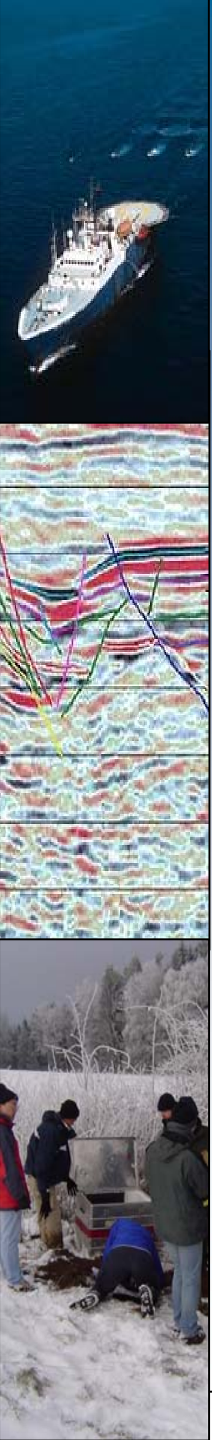


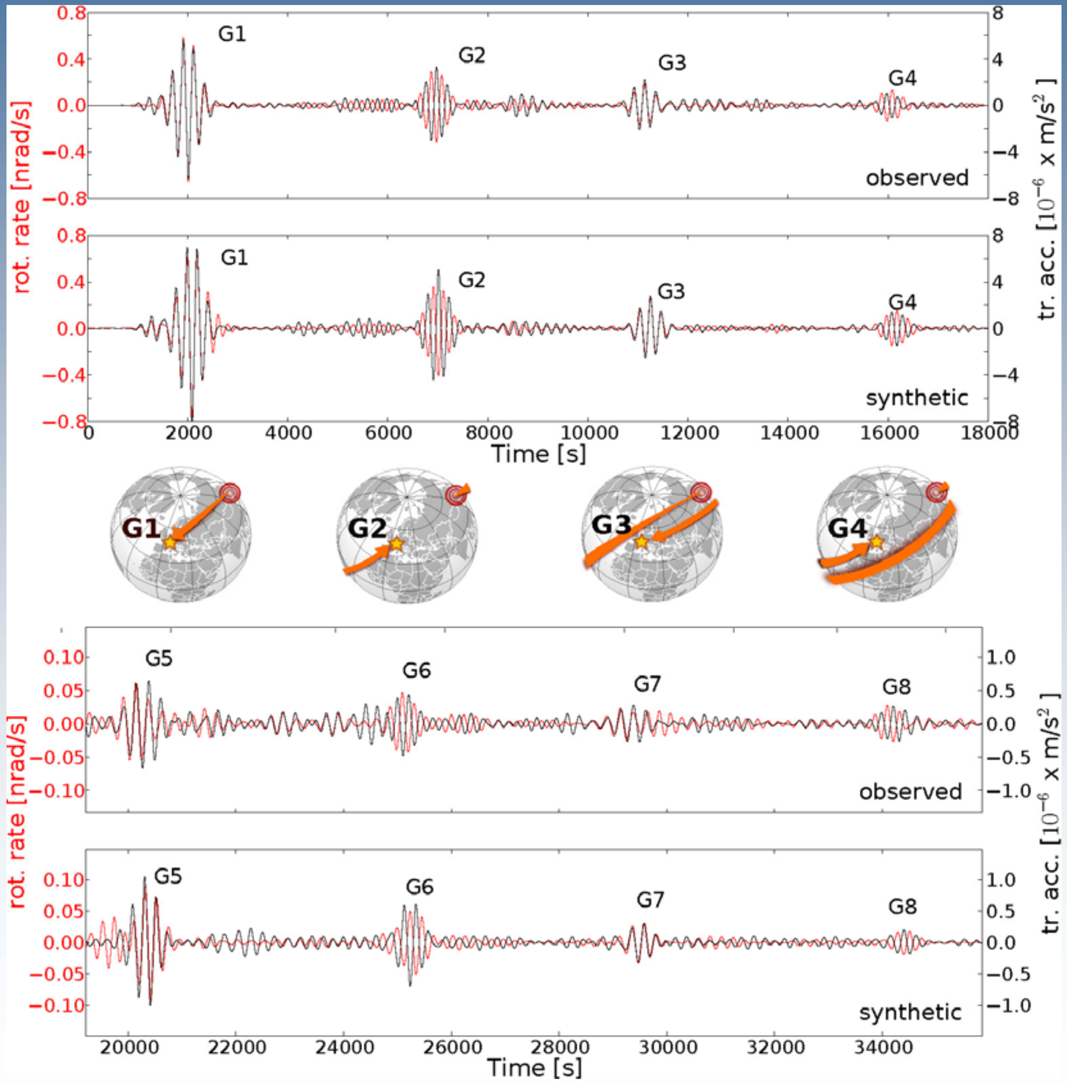
Räumliche Phänomene, Beispiele



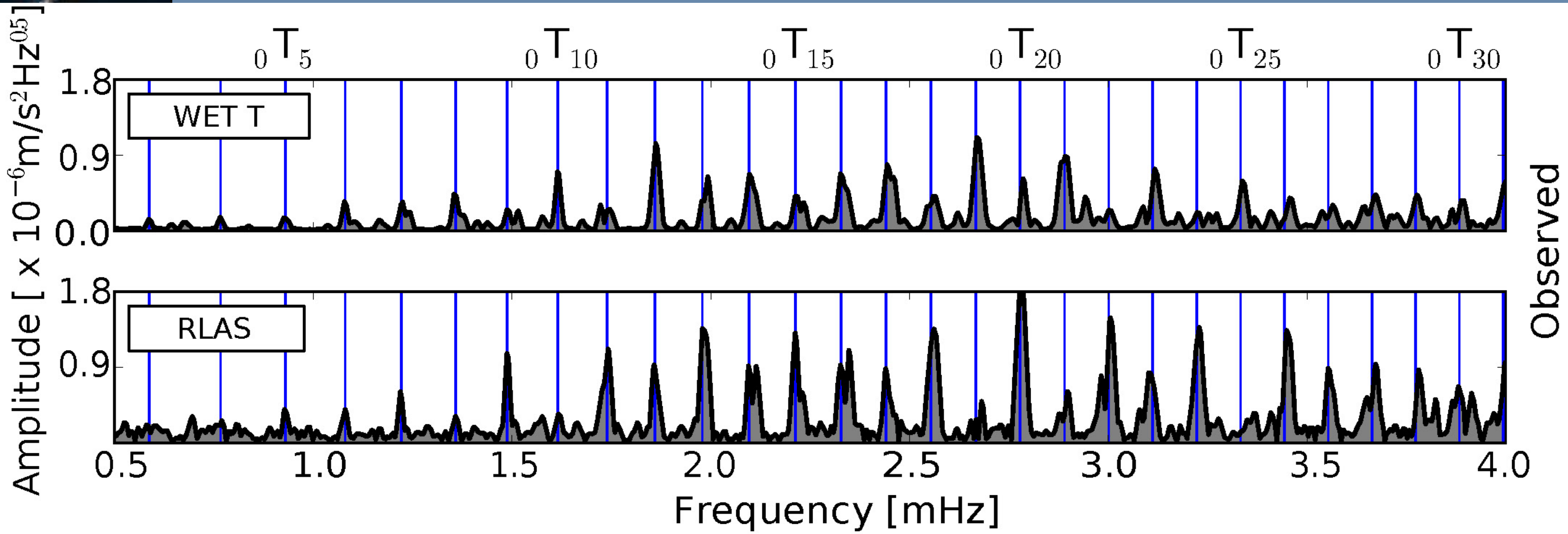


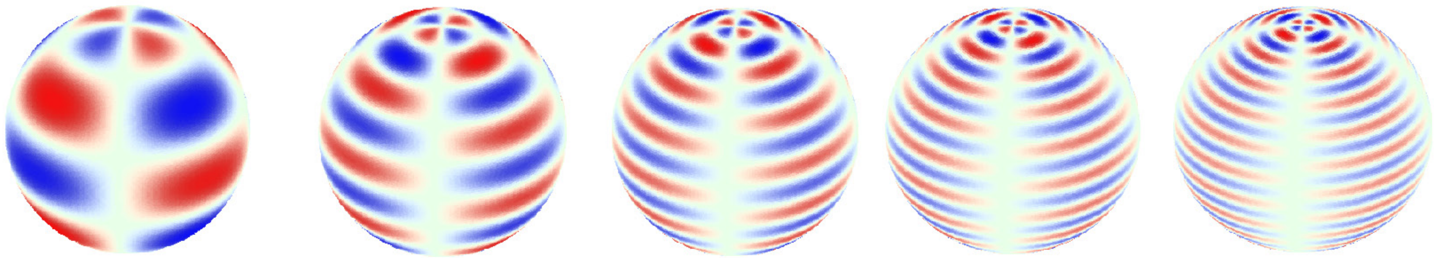
Aktuell: Eigenschwingungen der Erde
M9 Tohoku-Oki Erdbeben, März 2011

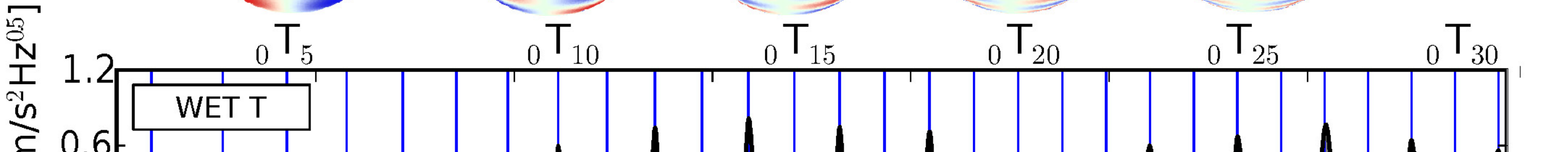


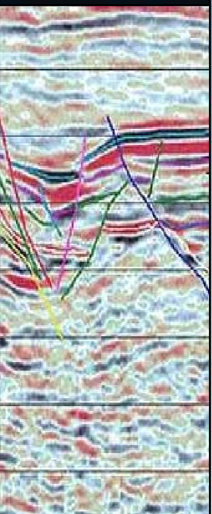


Eigenschwingungen der Erde
M9 Tohoku-Oki Erdbeben, März 2011

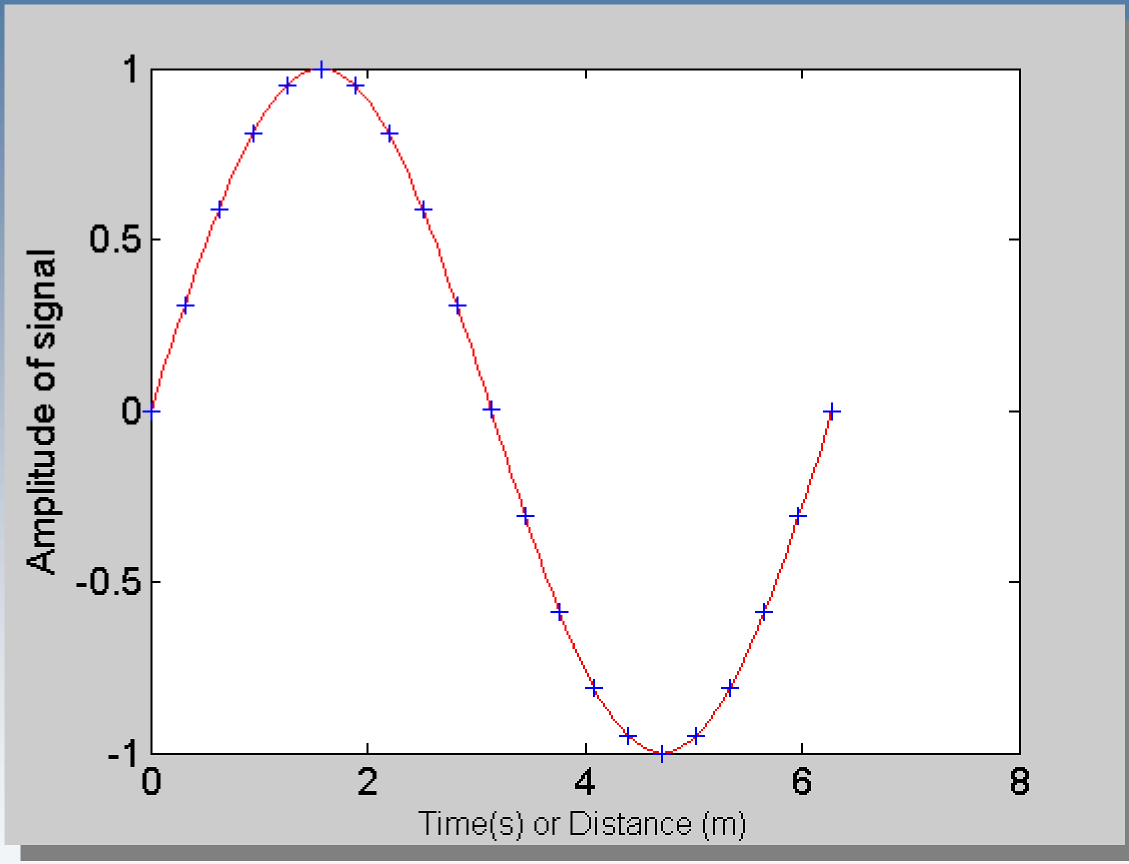




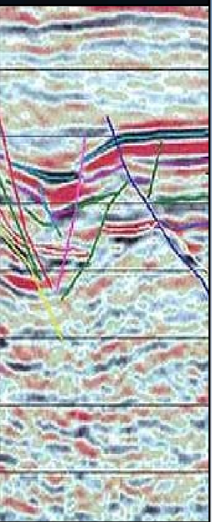




Digitalisierung

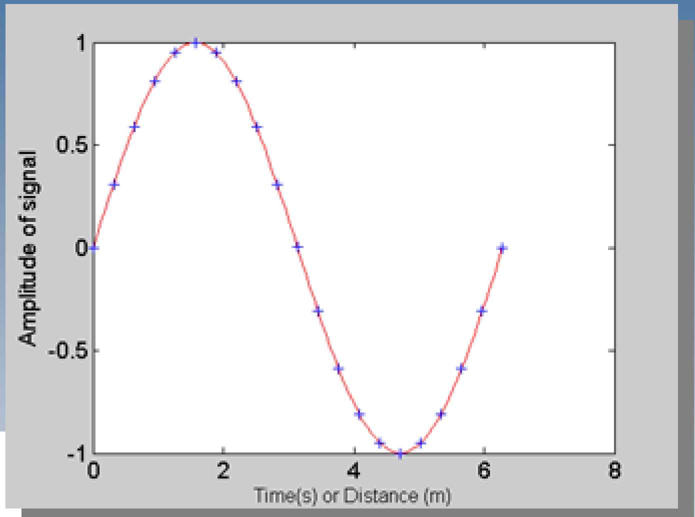


Analoge und digitale (+) Darstellung einer Sinusfunktion



Wellenlänge, Periode, etc.

Die wichtigsten Komponenten die man in der Verarbeitung der Daten benötigt sind die räumlichen und zeitlichen Frequenzen



T	Periode
f	Frequenzy
ω	Kreisfrequenz

$T=1/f$

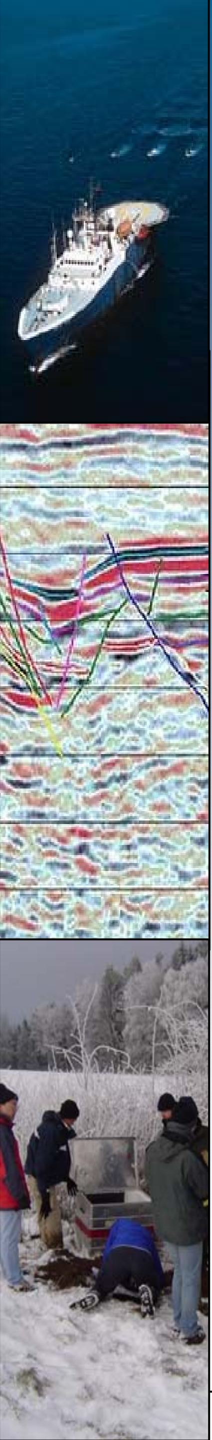
$\omega=2\pi f$

zeitliche Frequenzen

Harmonische Schwingung (abh. von Zeit):

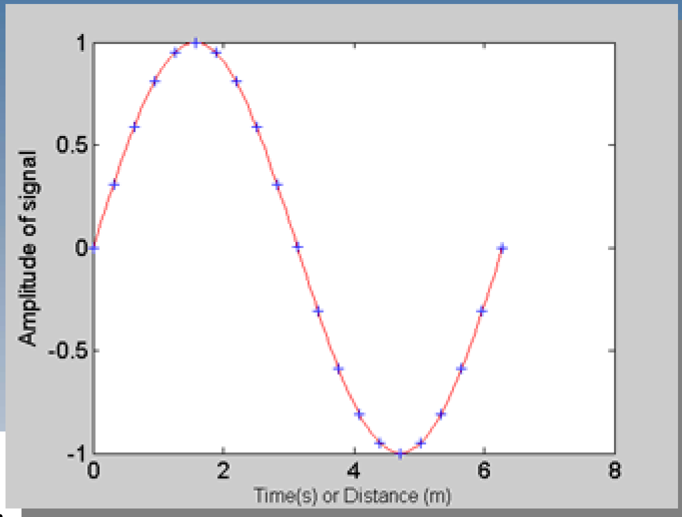
$f(t) = A \sin(\omega t) = A \sin(2\pi f t) = A \sin((2\pi/T)\, t)$

A Bewegungsamplitude



Wellenlänge, Periode, etc.

... für räumliche Frequenzen analog ...



λ Wellenlänge

k räumliche Wellenzahl

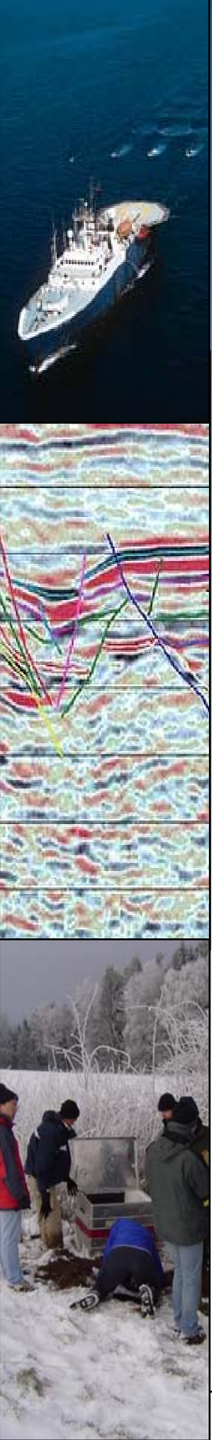
$k=2\pi/\lambda$

räumliche Frequenzen

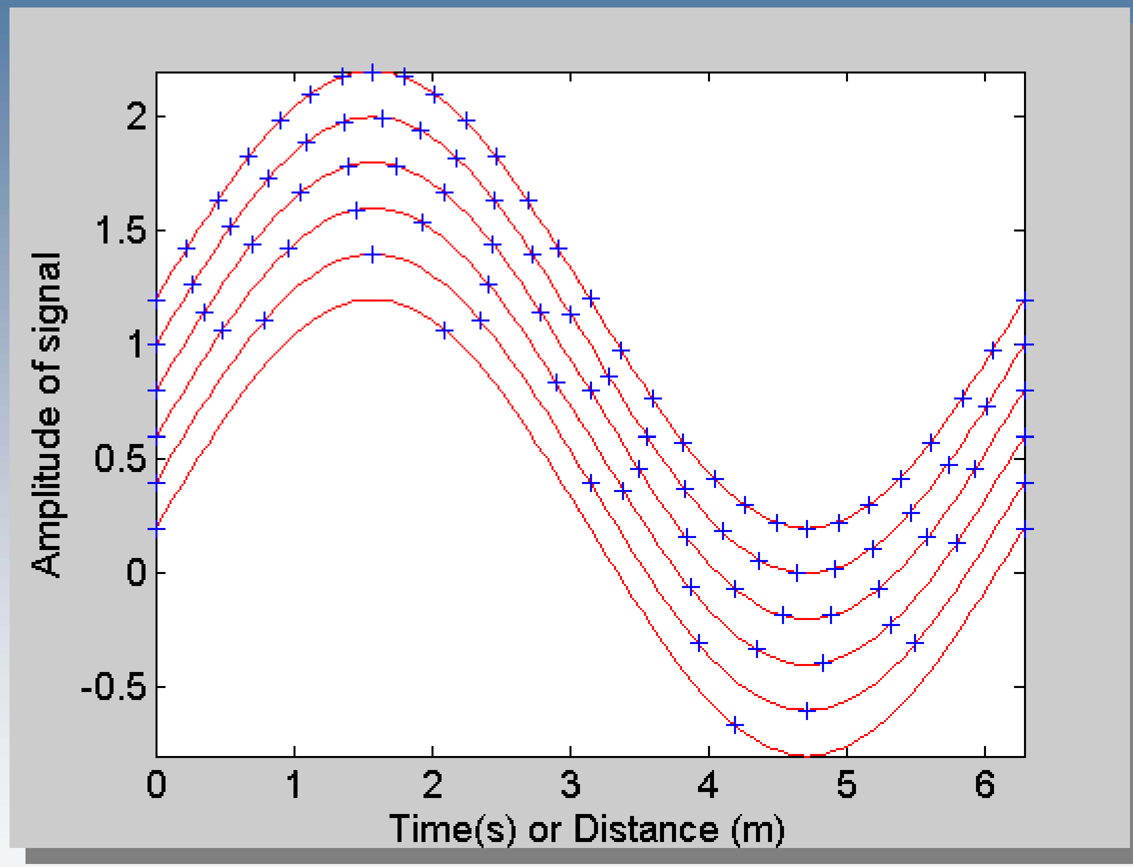
Harmonische Schwingung (abh. vom Raum):

$f(x) = A \sin(kx) = A \sin((2\pi/\lambda)\, x)$

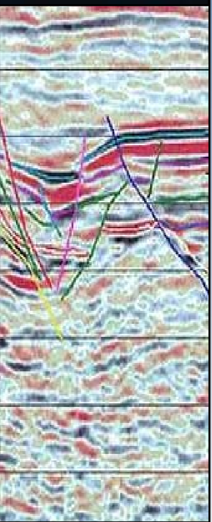
A Bewegungsamplitude



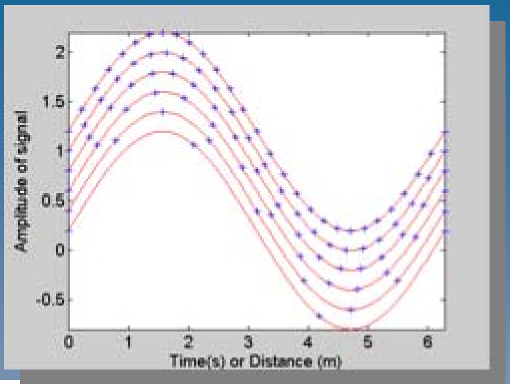
Sampling Rate - Abtastrate



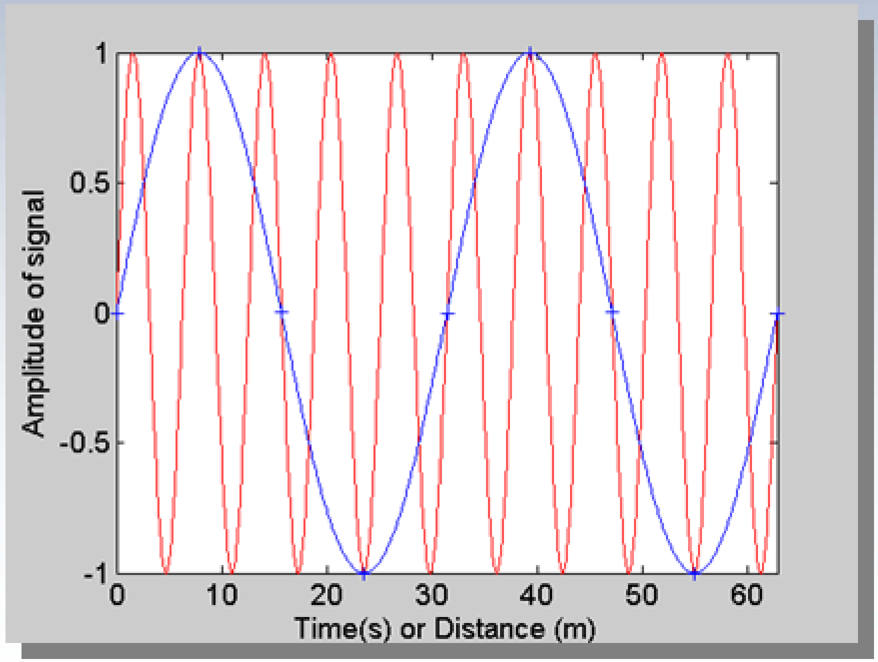
Sampling Frequenz, Sampling Rate ist die Anzahl der Samples pro Längeneinheit oder Zeiteinheit. Beispiele?



Nyquist Frequenz (-Wellenzahl, -Intervall)



Die Nyquist Frequenz ist die Hälfte der Abtastfrequenz (Samplingrate dt): $f_N=1/(2dt)$. Ist die Frequenz des Signals größer als die Nyquistfrequenz, entstehen nicht lineare Verzerrungen, die auch als Alias-Effekt bezeichnet werden.

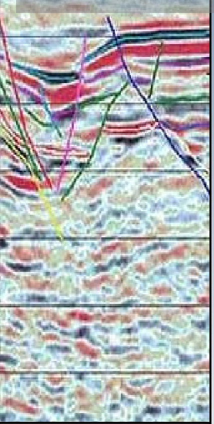


Die Frequenz des Signals ist > f_N wird gesampelt mit (+) führt zu einem falschen Signal (blau).

Wie kann man den Alias-Effekt verhindern?

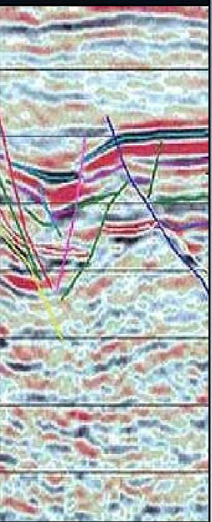
Ein Gitterrost

Frage



Sie singen unter Wasser in der Badewanne ein a' (440Hz). Wie groß ist etwa die Wellenlänge?

a) 3 mm
b) 3 cm
c) 3 m
d) 30 m


Datenmengen

Reelle Zahlen stellen wir normalerweise mit 4 Byte (single precision) oder mit 8 Byte (double precision) dar. Ein Byte besteht aus 8 Bit (1/0). Das bedeutet, wir können eine Zahl mit 32 (64) Bit darstellen. Wobei wir eine Stelle (Bit) für das Vorzeichen (+/-) benötigen.

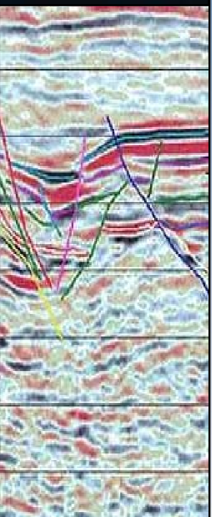
-> 32 Bits -> 2^{31} = 2.147483648000000e+009 (Matlab Output)
-> 64 Bits -> 2^{63} = 9.223372036854776e+018 (Matlab Output)
(Anzahl der Zahlen, die dargestellt werden können)

Wie groß sind die Datenmengen, die wir typischerweise bei einem Seismischen Experiment sammeln?

Parameter:

- Sampling Rate 1000 Hz, 3 Komponenten
- Seismogrammlänge 5 Sekunden
- 200 Seismometer, Empfänger, 50 Profile
- 50 verschiedene Quellen
- Genauigkeit von Single precision

Wieviel (T/G/M/k-)Bytes erhalten wir? Datenkompression?


(Relative) Dynamic range

Wie präzise ist die Amplitude unseres physikalischen Signals?

Dynamic range: Das Verhältnis zwischen der größt-messbaren Amplitude A_{max} und der kleinst-messbaren Amplitude A_{min}.

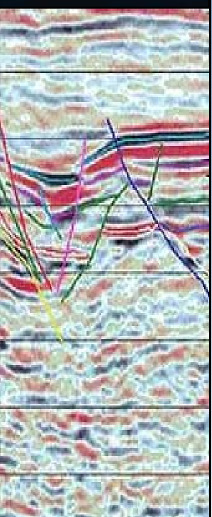
Die Einheit ist Decibel (dB) und ist definiert als das Verhältnis zweier Energien (Energie ist proportional zum Quadrat der Amplitude).

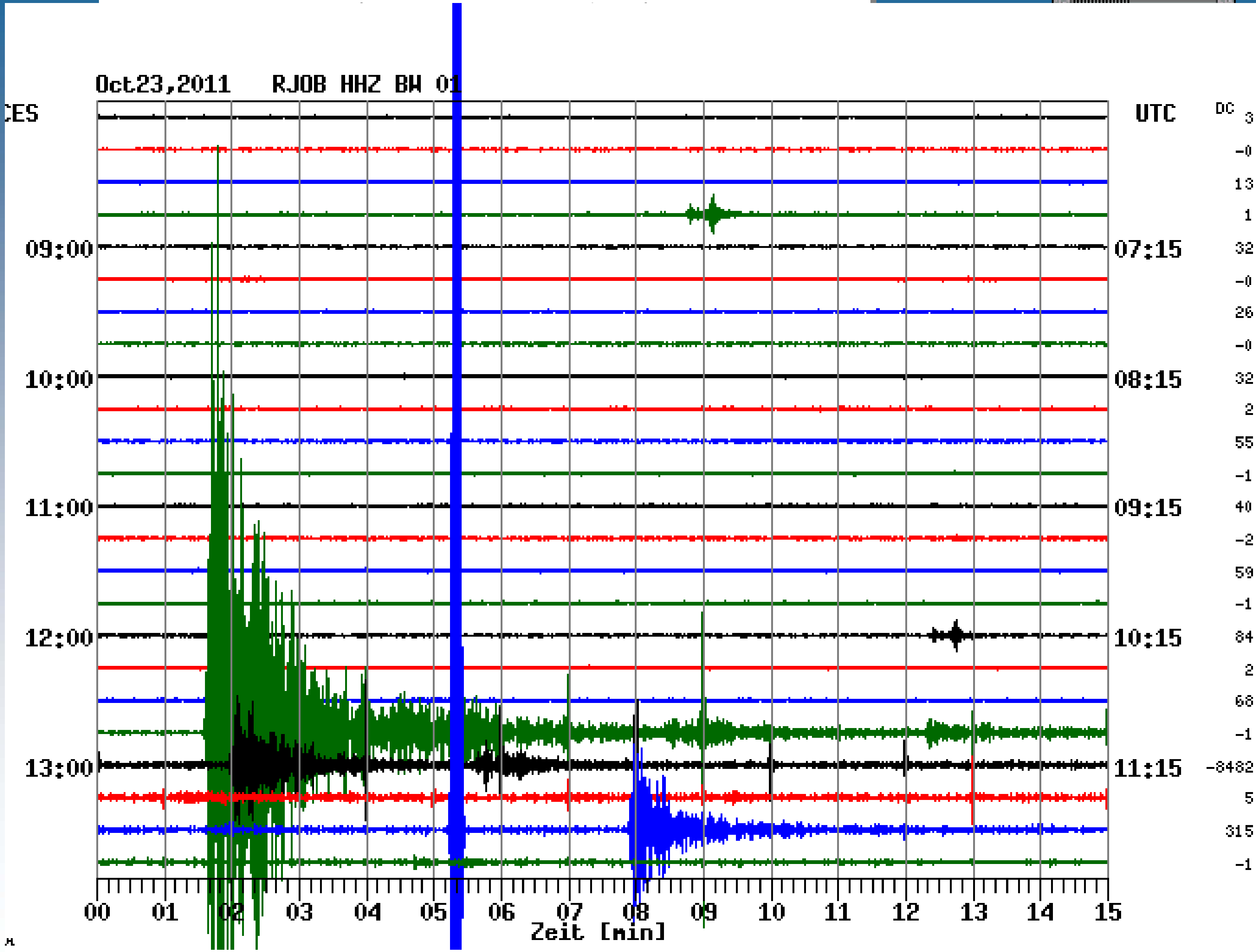
Für die Amplituden gilt:

Dynamic range = $20 \log_{10}(A_{max}/A_{min})$ dB

Beispiel: mit 1024 Amplituden-Einheiten ($A_{min}=1$, $A_{max}=1024$)

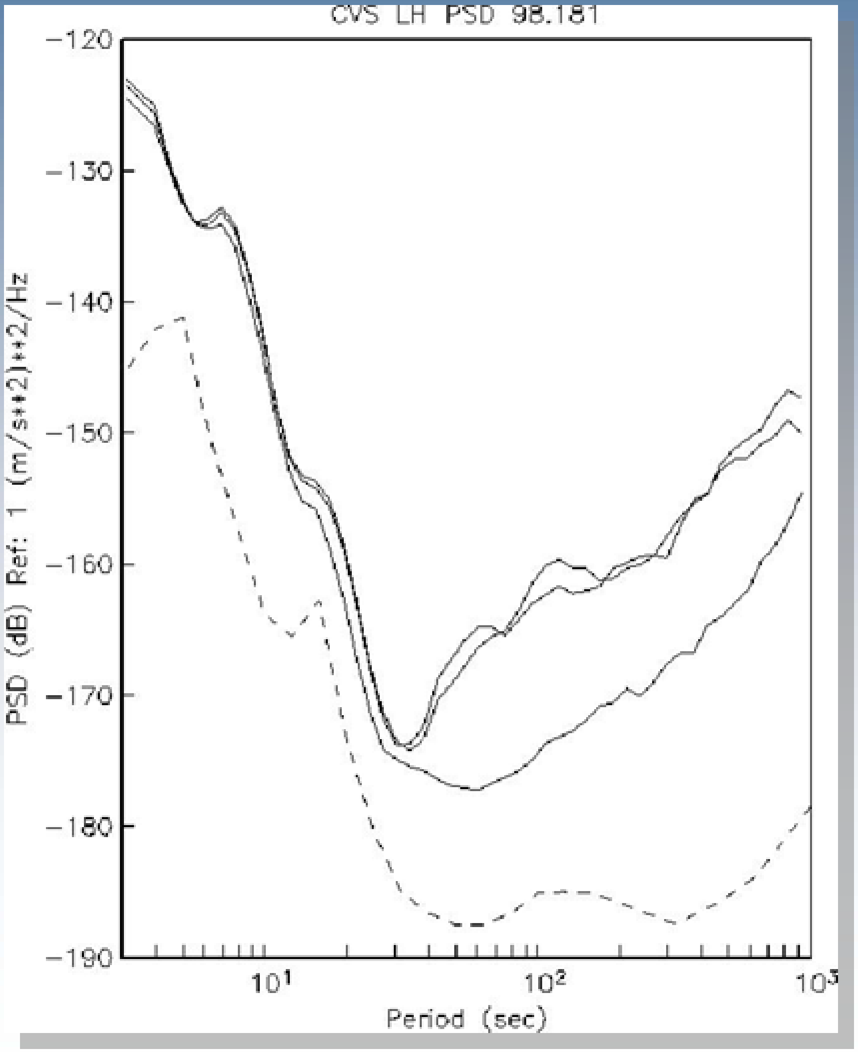
$20 \log_{10}(1024/1)$ dB approx. 60 dB

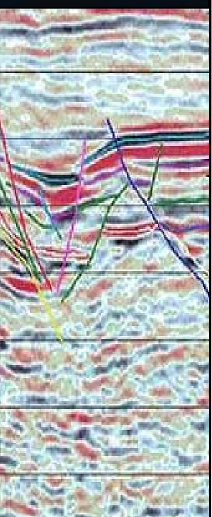




Oct23,2011 RJOB HHZ BW 01
CES
UTC
09:00
10:00
11:00
12:00
13:00
07:15
08:15
09:15
10:15
11:15
DC
-0
13
1
32
-0
26
-0
32
2
55
-1
40
-2
59
-1
84
2
68
-1
-8482
5
315
-1
00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15
Zeit [min]

Low-Noise Model - Seismologie



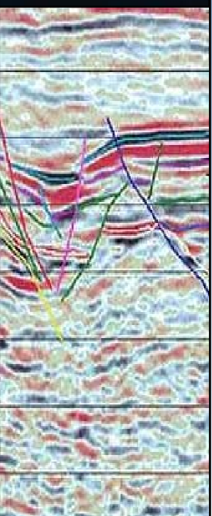


Spektralanalyse

Spektralanalyse ist derart wichtig in allen Naturwissenschaften, dass man deren Bedeutung nicht **überbewerten** kann!

Mit der Spektralanalyse können wir Antworten auf folgende Fragen bekommen:

- Welche (räumliche oder zeitliche) Frequenzen sind in meinem Signal enthalten?
- Gibt es ein periodisches Signal in meinen Beobachtungen?
- Muss ich die Eigenschaften des Messinstruments (z.B. Seismometer) einbeziehen um das physikalische Signal zu erhalten?
- Muss ich das Signal filtern, um das physikalische Signal zu sehen ?
- und, und, und …

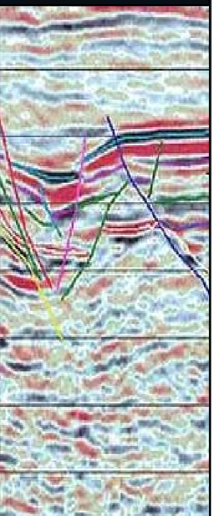




Harmonische Analyse – Spektralzerlegung

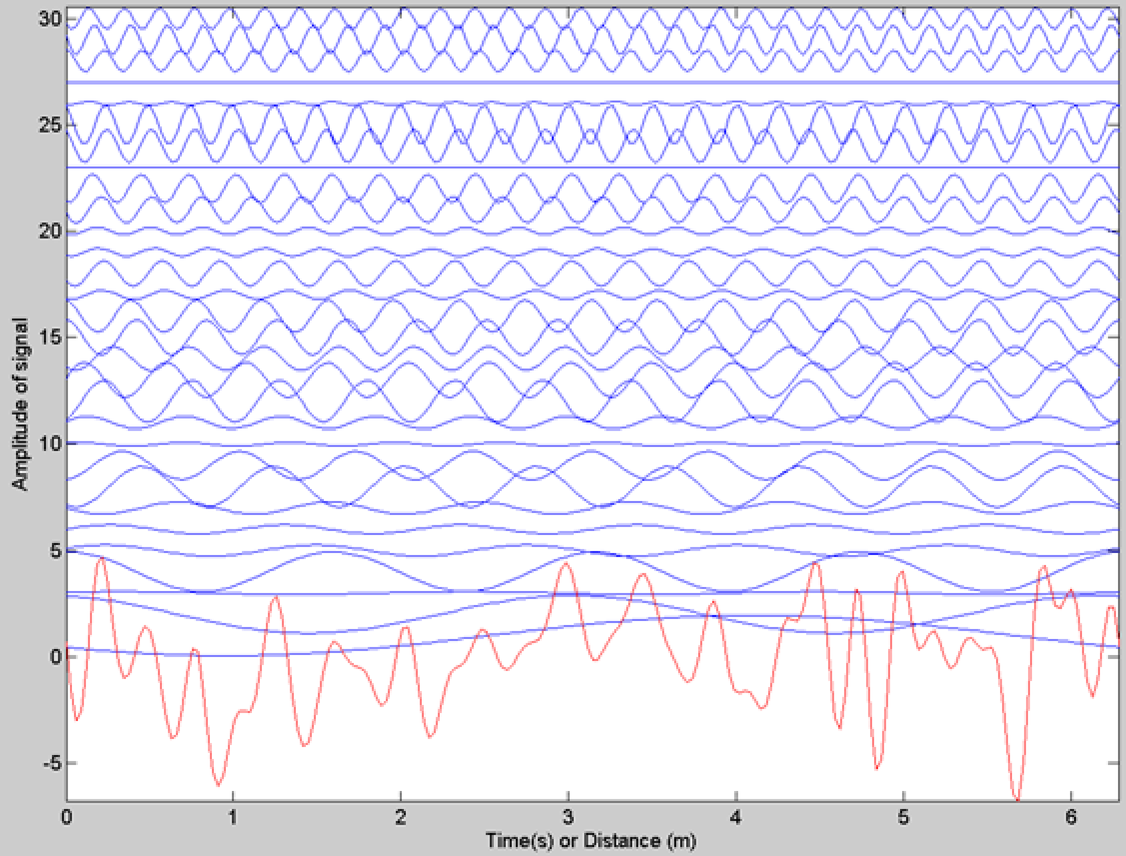
Der Kern der Spektralanalyse ist eines der wichtigsten Theoreme der mathematischen Physik:

Jedes beliebige periodische Signal kann mit Hilfe von überlagerten harmonischen (Sinus-, Cosinus-) Signalen dargestellt (approximiert) werden.

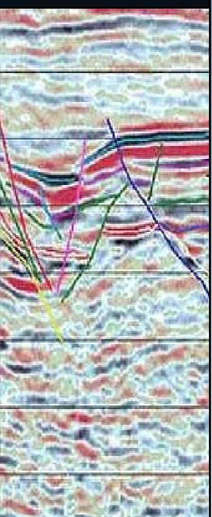
Die Repräsentation des physikalischen Systems durch Zeit und Raum oder durch Frequenz und Wellenzahl ist äquivalent! Es gibt keinen Informationsverlust, wenn man von dem einen Raum in den anderen transformiert, oder zurück.


Spektralanalyse



die rote Spur ist die Summe aller blauen Spuren!

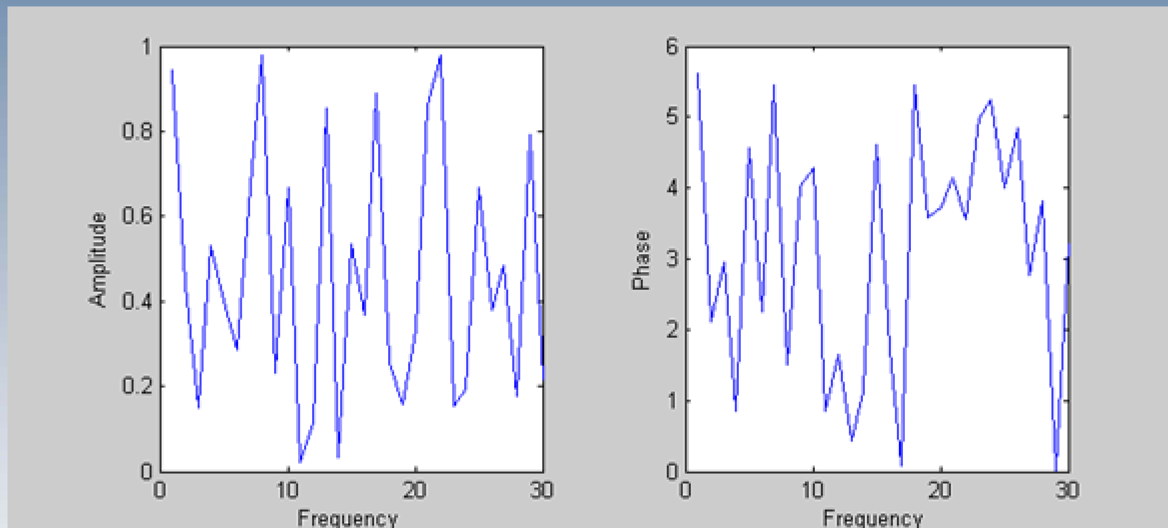


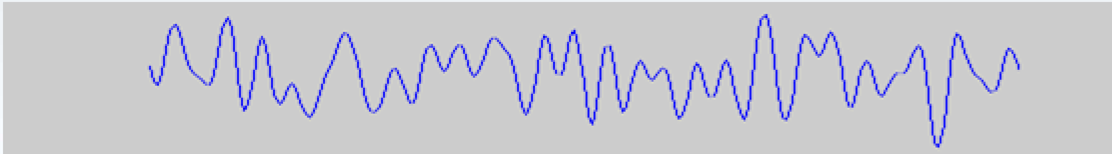
Das Spektrum

Amplitudenspektrum

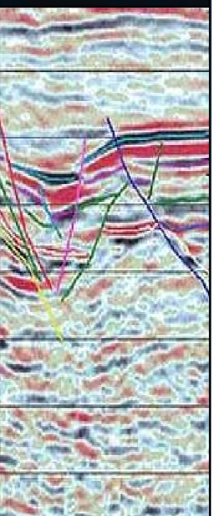
Phasenspektrum

Fourier Raum



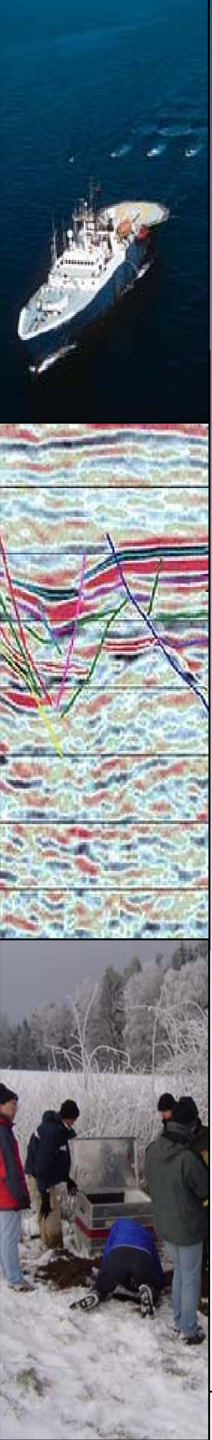


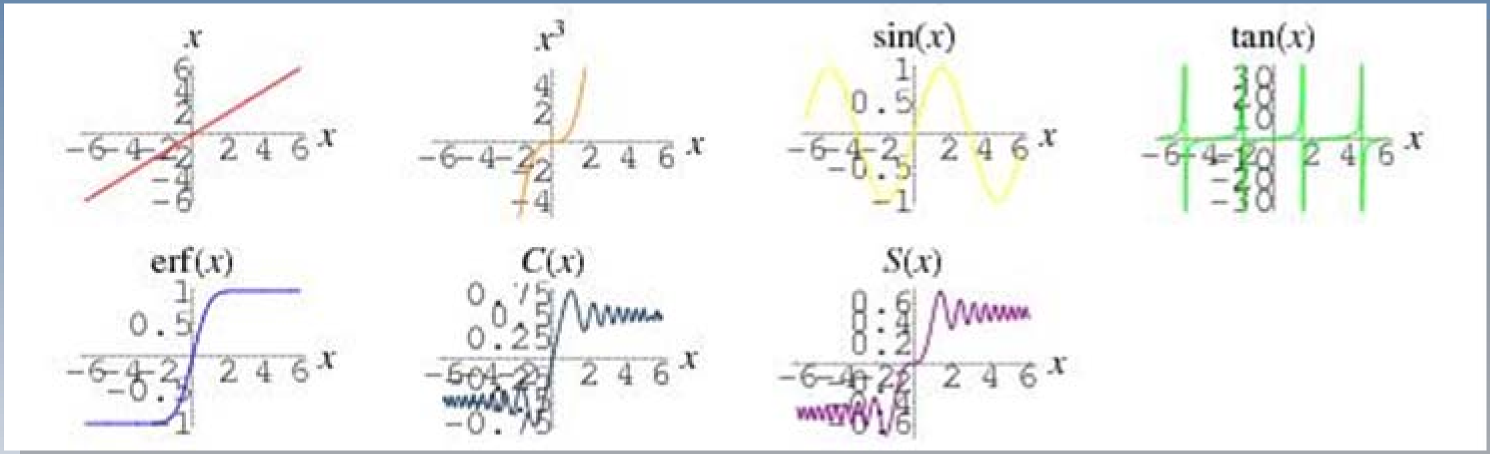
Physikalischer Raum

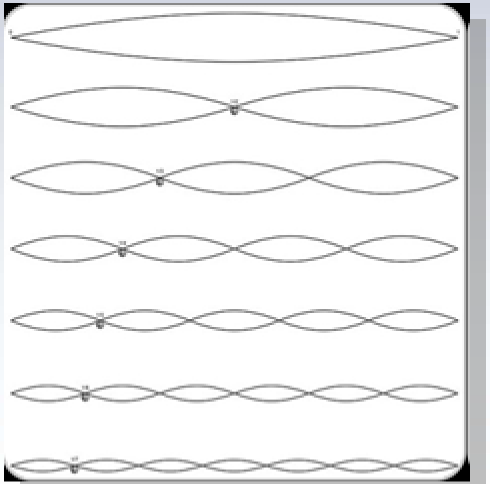



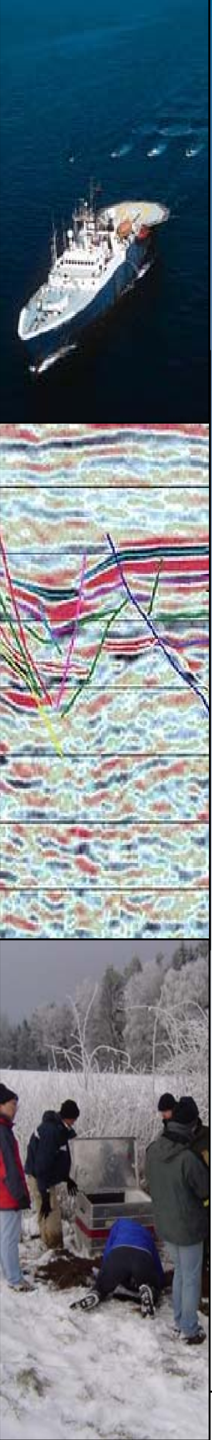

Fourier Zerlegung

Mathematische Beschreibung
ungerade Funktionen

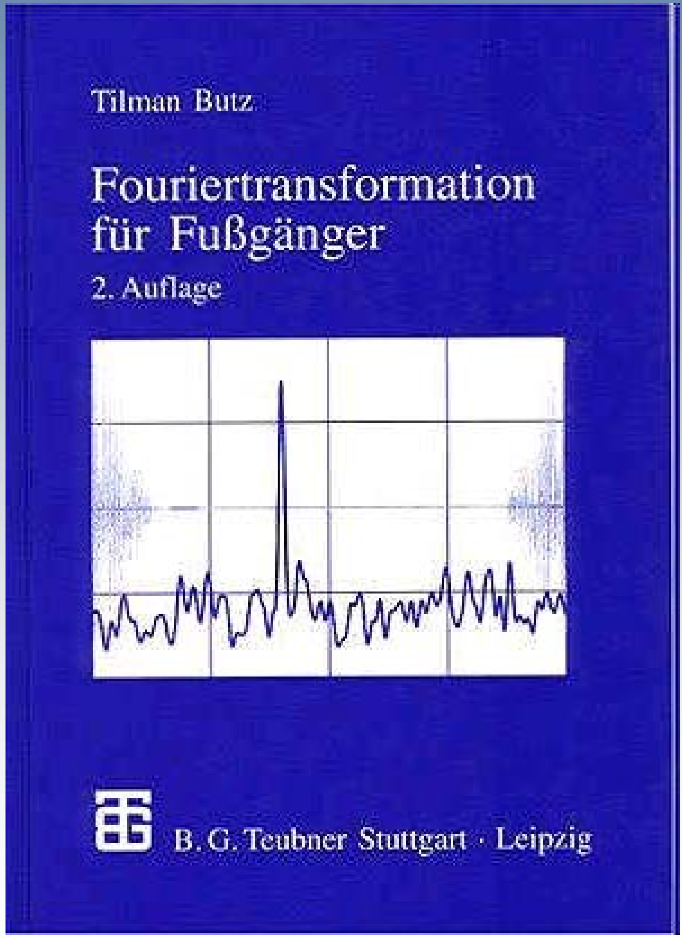


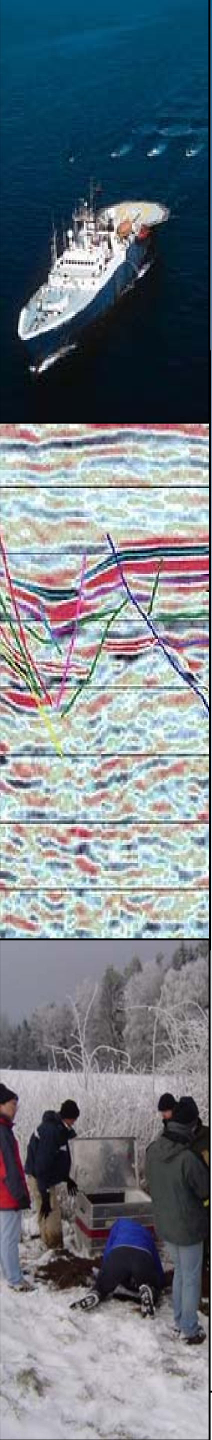






Empfohlene Lektüre





Mathematische Beschreibung (ungerade Funktionen)

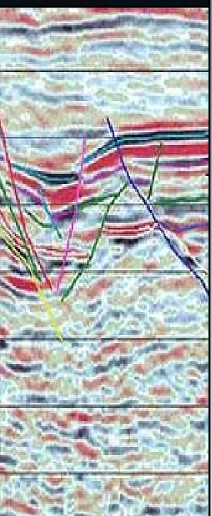
Eine Sinusfunktion (a Amplitude, λ Wellenlänge) wird repräsentiert durch:

$$y = a\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

Ignoriert man die Phasenverschiebung, so kann man ein beliebiges Signal erhalten durch Überlagerung von (a_0 an beiden Enden)

$$f(x) = a_0 + \sum_n a_n \sin\left(\frac{\pi n}{L}x\right) \qquad n = 1, \infty$$

Hierbei ist L die Länge des Bereichs (räumlich oder zeitlich). Die Sequenz der Wellenlängen/Perioden ist: 2L, L, 2/3L, L/2 …



Die Fourier Komponenten (ungerade Funktionen)

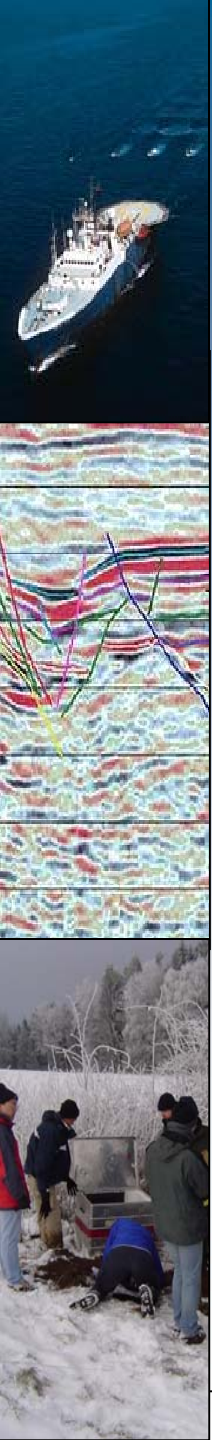
Die Amplituden/Koeffizienten (a_n) der Fourier Basisfunktionen (sin oder cos) erhält man durch Integration des Signals

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_0^L f(x)dx$$

Durchschnittswert des Signals

$$a_n = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \sin \frac{n\pi x}{L} dx$$

Spektrale Komponente



Fouierreihen

beliebige Funktionen Intervall [-L, L]

$$f(x) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1} a_n \cos\left(\frac{\pi n}{\mathrm{L}} x\right) + b_n sin\left(\frac{\pi n}{\mathrm{L}} x\right) \qquad n = 1, \infty$$

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_{\text{-L}}^{L} f(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{L} \int_{\text{-L}}^{L} f(x) \cos \frac{n \pi x}{L} dx$$

$$b_n = \frac{1}{L} \int_{\text{-L}}^{L} f(x) \sin \frac{n \pi x}{L} dx$$

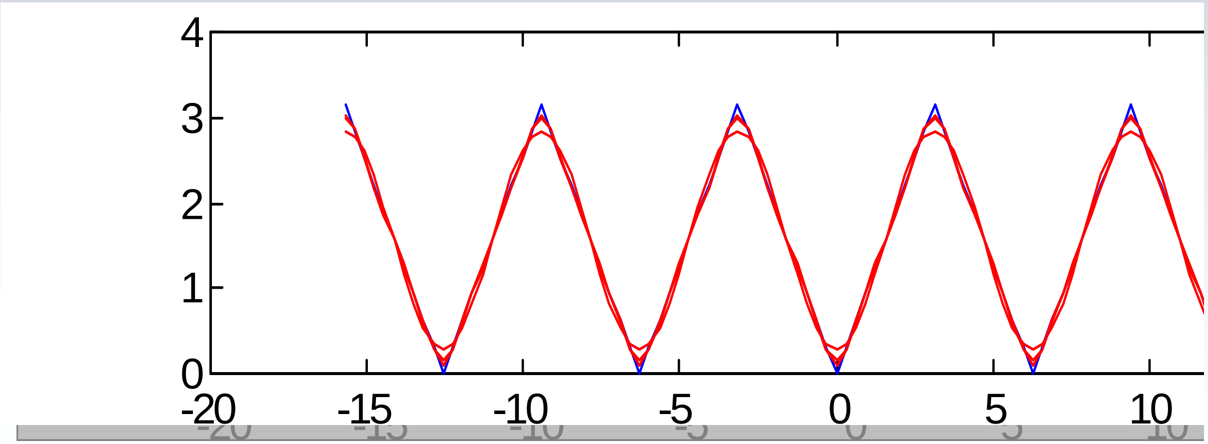
Fourier Näherung der Funktion |x|

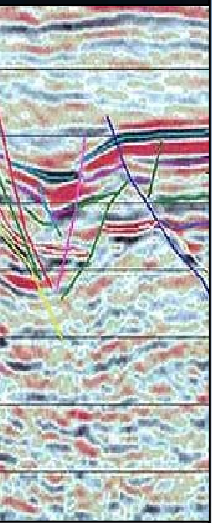
$$f(x) = |x|, \qquad -\pi \le x \le \pi$$

Mit der Fourierreihe

$$g(x) = \frac{1}{2}\pi - \frac{4}{\pi}\left\{\frac{\cos(x)}{1^2} + \frac{\cos(3x)}{3^2} + \frac{\cos(5x)}{5^2} + \ldots\right\}$$

.. für n<4 …



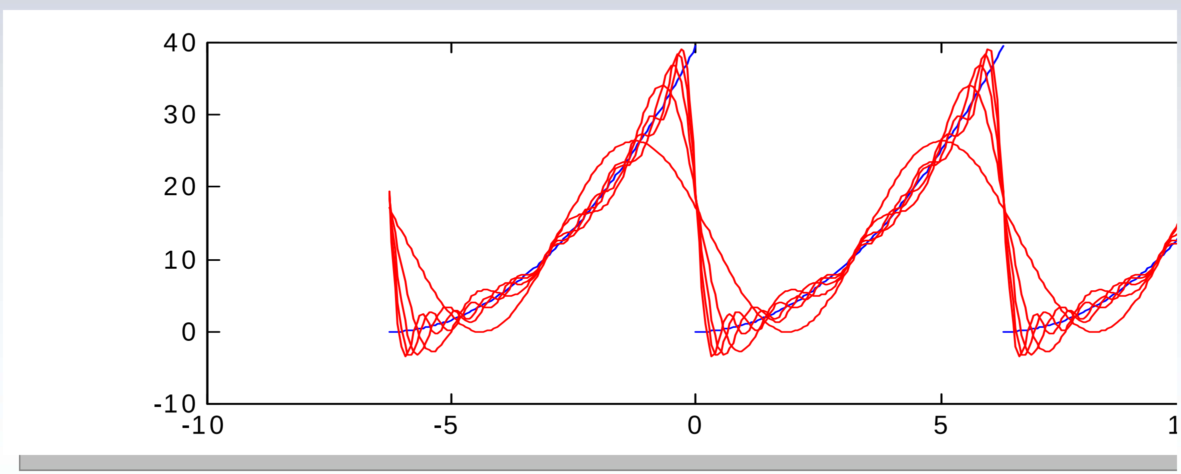

Fourier Näherung der Funktion x^2

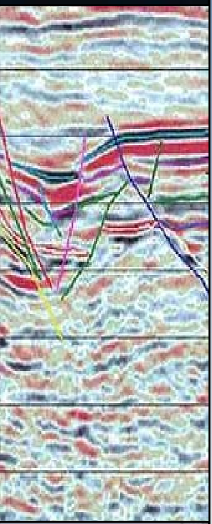
$$f(x) = x^2, \qquad 0 < x < 2\pi$$

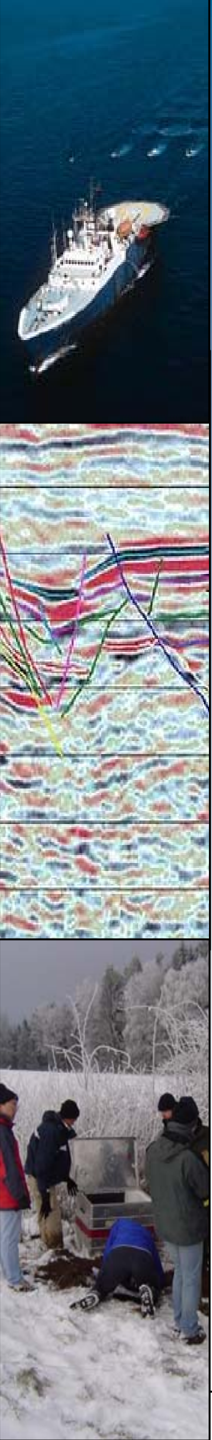
Mit der Fourierreihe

$$g_N(x) = \frac{4\pi^2}{3} + \sum_{k=1}^{N} \left\{ \frac{4}{k^2}\cos(kx) - \frac{4\pi}{k}\sin(kx) \right\}$$

... Für N<11 ….







Fourier: Raum und Zeit

Raum	
x	räumliche Variable
L	räumliche Wellenlänge
$k=2\pi/\lambda$	Räumliche Wellenzahl
$F(k)$	Wellenzahl Spektrum

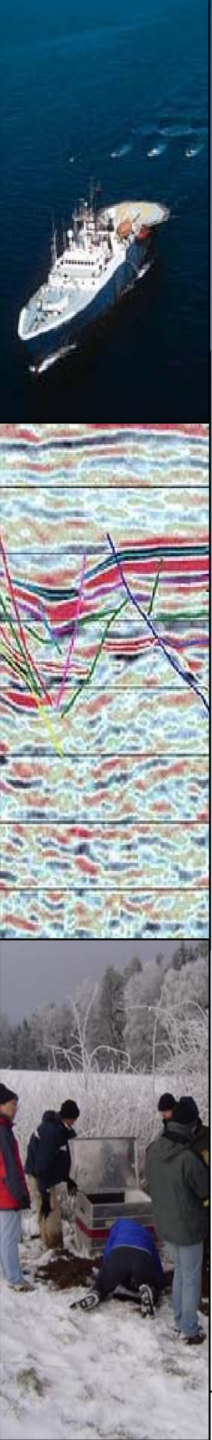
Zeit	
t	zeitliche Variable
T	Periode
f	Frequenz
$\omega=2\pi f$	Kreisfrequenz

Fourierintegrale

Mit der komplexen Darstellung der Sinusfunktionen e^{ikx} (oder e^{iwt}) wird die Fouriertransformation einer Funktion $f(x)$ wie folgt geschrieben (VORSICHT: es gibt verschiedene Definitionen!)

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}F(k)e^{ikx}dk$$

$$F(k)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}f(x)e^{-ikx}dx$$



Die Fourier Transformation diskret vs. kontinuierlich

Wenn wir mit dem Computer Daten verarbeiten, wird es stets auf der diskreten Fouriertransformation basieren.

kontinuierlich

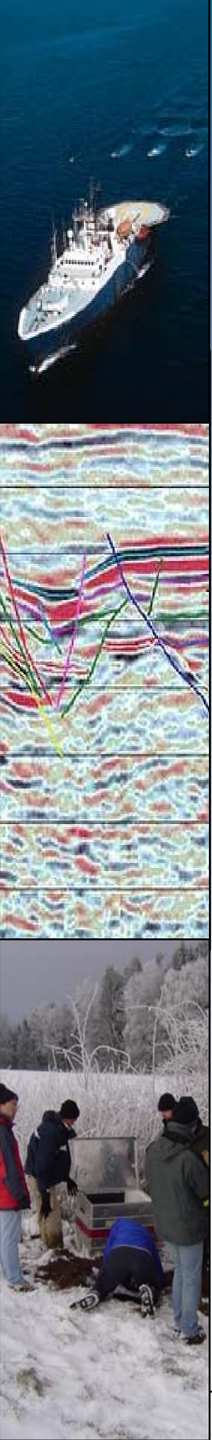
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(k) e^{ikx} dk$$

$$F(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-ikx} dx$$

diskret

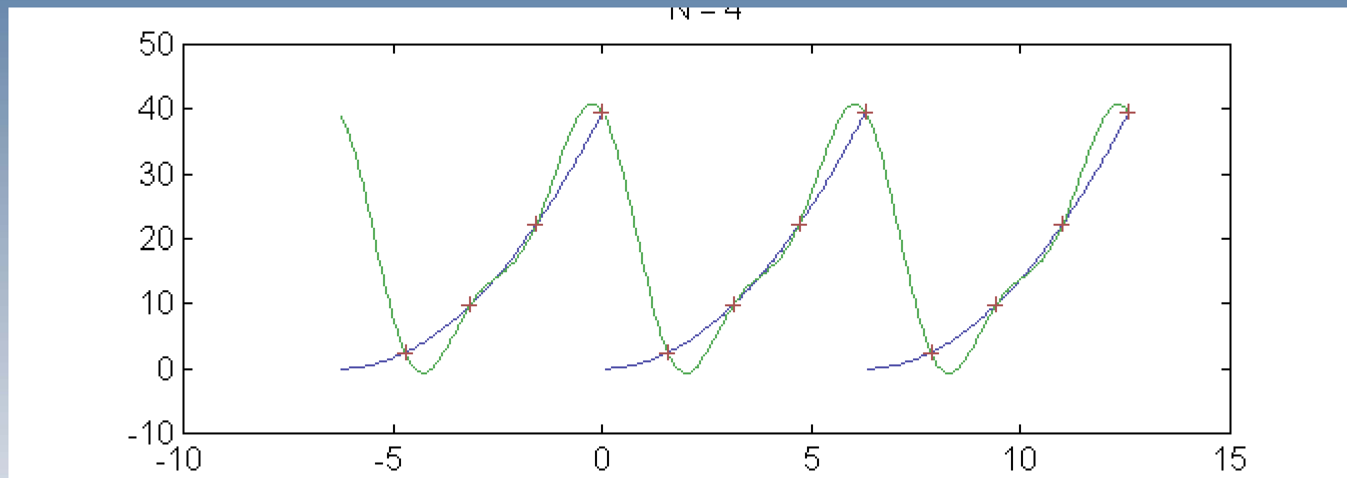
$$F_k = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} f_j e^{-2\pi i k j / N}, k = 0,1,\ldots,N-1$$

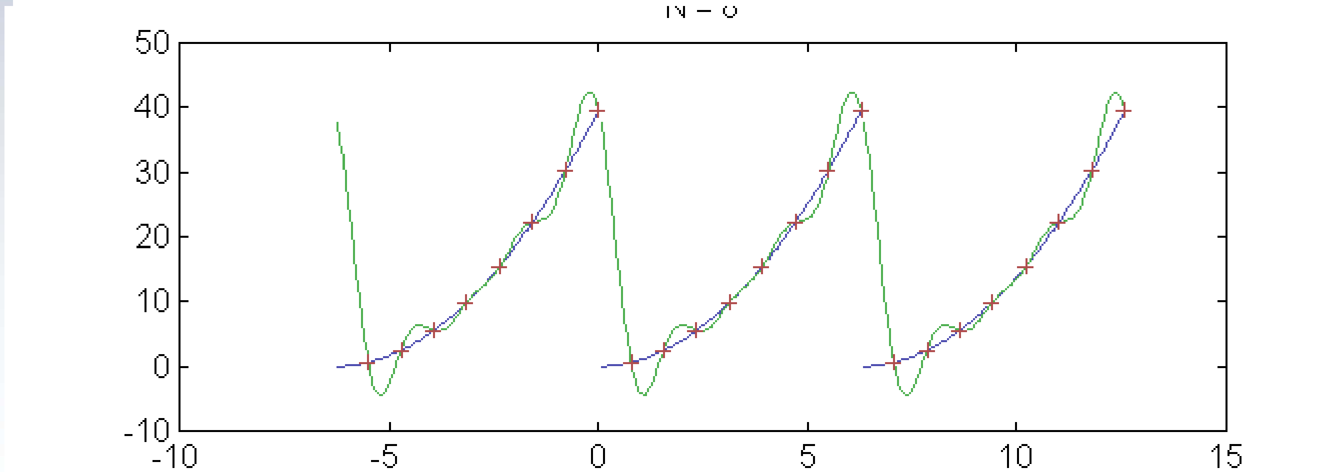
$$f_k = \sum_{j=0}^{N-1} F_j e^{2\pi i k j / N}, k = 0,1,\ldots,N-1$$

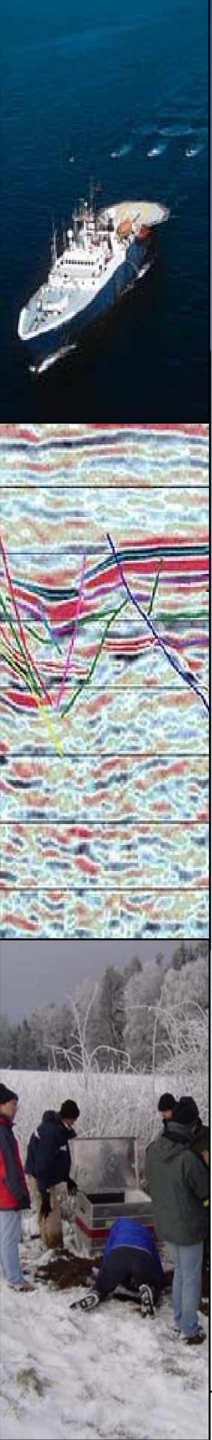


Diskrete Fourier Transformation

$f(x)=x^2$ => f(x) - **blue** ; g(x) - **red**; x_i - '+'





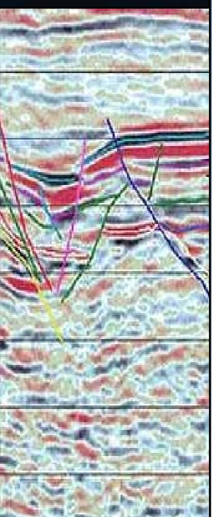


The Fast Fourier Transform (FFT)

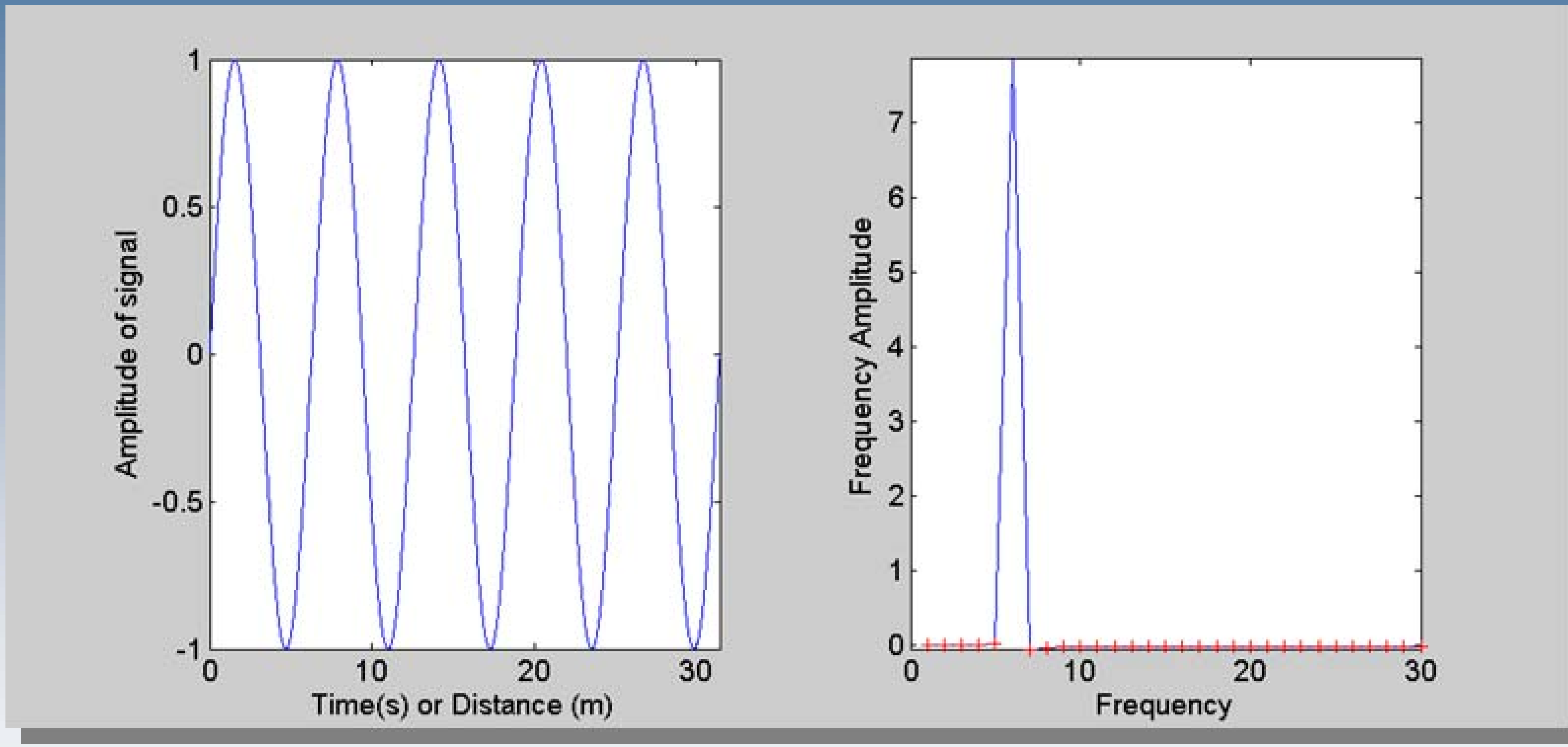
Die meisten Verarbeitunsprogramme wie Octave, Matlab, Python, Mathematica, Fortran, etc. haben implementierte Funktionen für FFTs

Matlab FFT

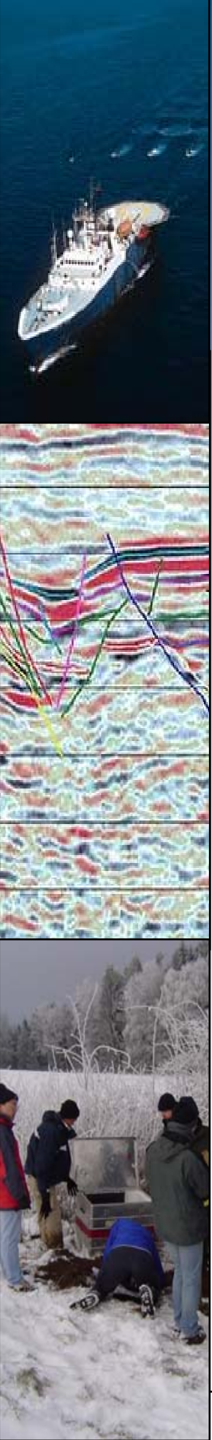
```
>> help fft

 FFT Discrete Fourier transform.
  FFT(X) is the discrete Fourier transform (DFT) of vector X.  For
  matrices, the FFT operation is applied to each column. For N-D
  arrays, the FFT operation operates on the first non-singleton
  dimension.

  FFT(X,N) is the N-point FFT, padded with zeros if X has less
  than N points and truncated if it has more.

  FFT(X,[],DIM) or FFT(X,N,DIM) applies the FFT operation across the
  dimension DIM.

  For length N input vector x, the DFT is a length N vector X,
  with elements
                    N
     X(k) =       sum  x(n)*exp(-j*2*pi*(k-1)*(n-1)/N), 1 <= k <= N.
                   n=1
  The inverse DFT (computed by IFFT) is given by
                    N
     x(n) = (1/N) sum  X(k)*exp( j*2*pi*(k-1)*(n-1)/N), 1 <= n <= N.
                   k=1

  See also IFFT, FFT2, IFFT2, FFTSHIFT.
```



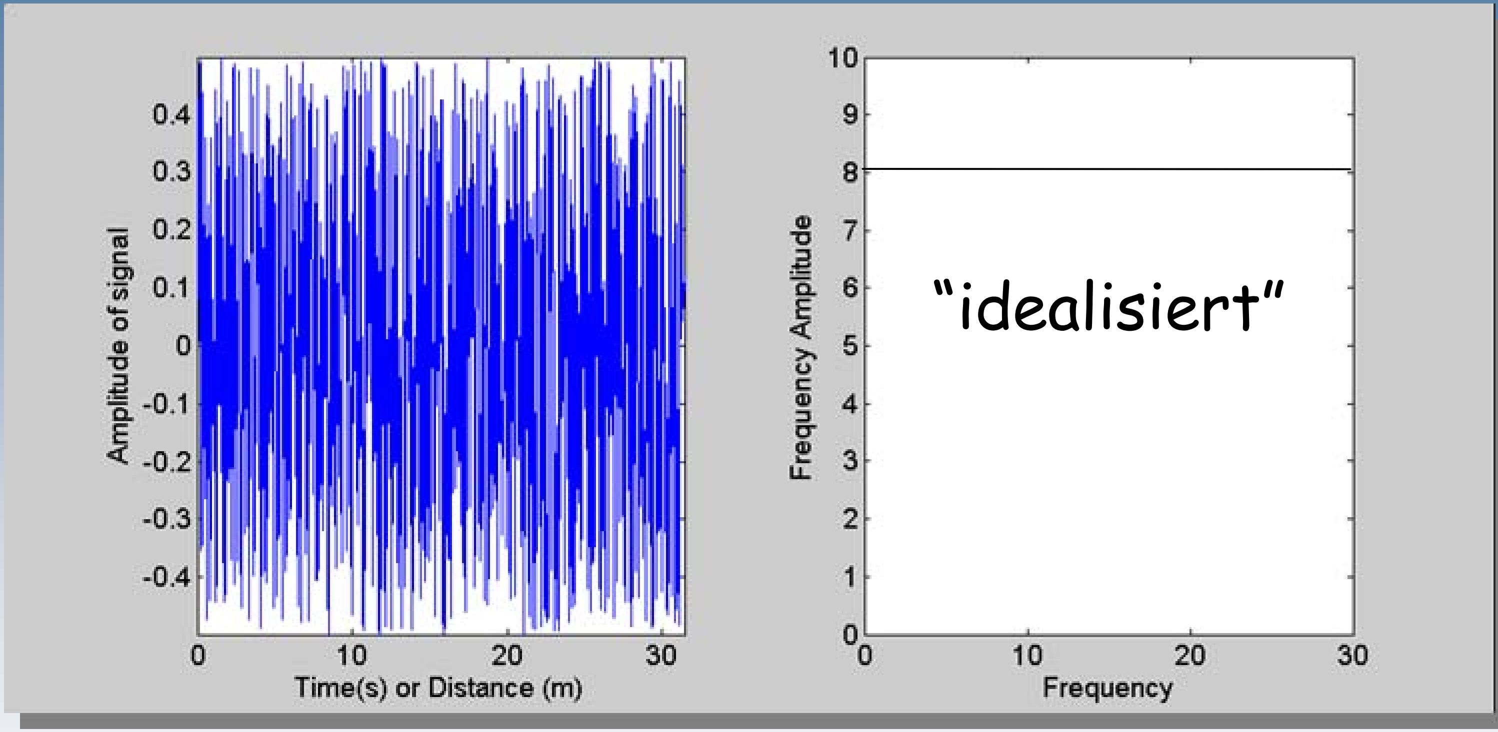
Fourier Spektren:
harmonische Signale



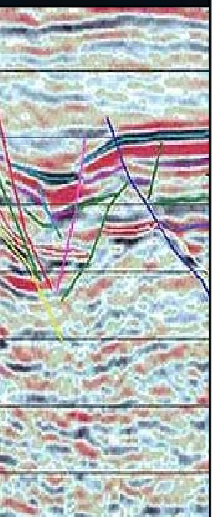
Das Spektrum eines (monochromatischen) harmonischen Signals (räumlich oder zeitlich) ist ein "Spike" („Delta-Funktion") im Frequenzbereich.



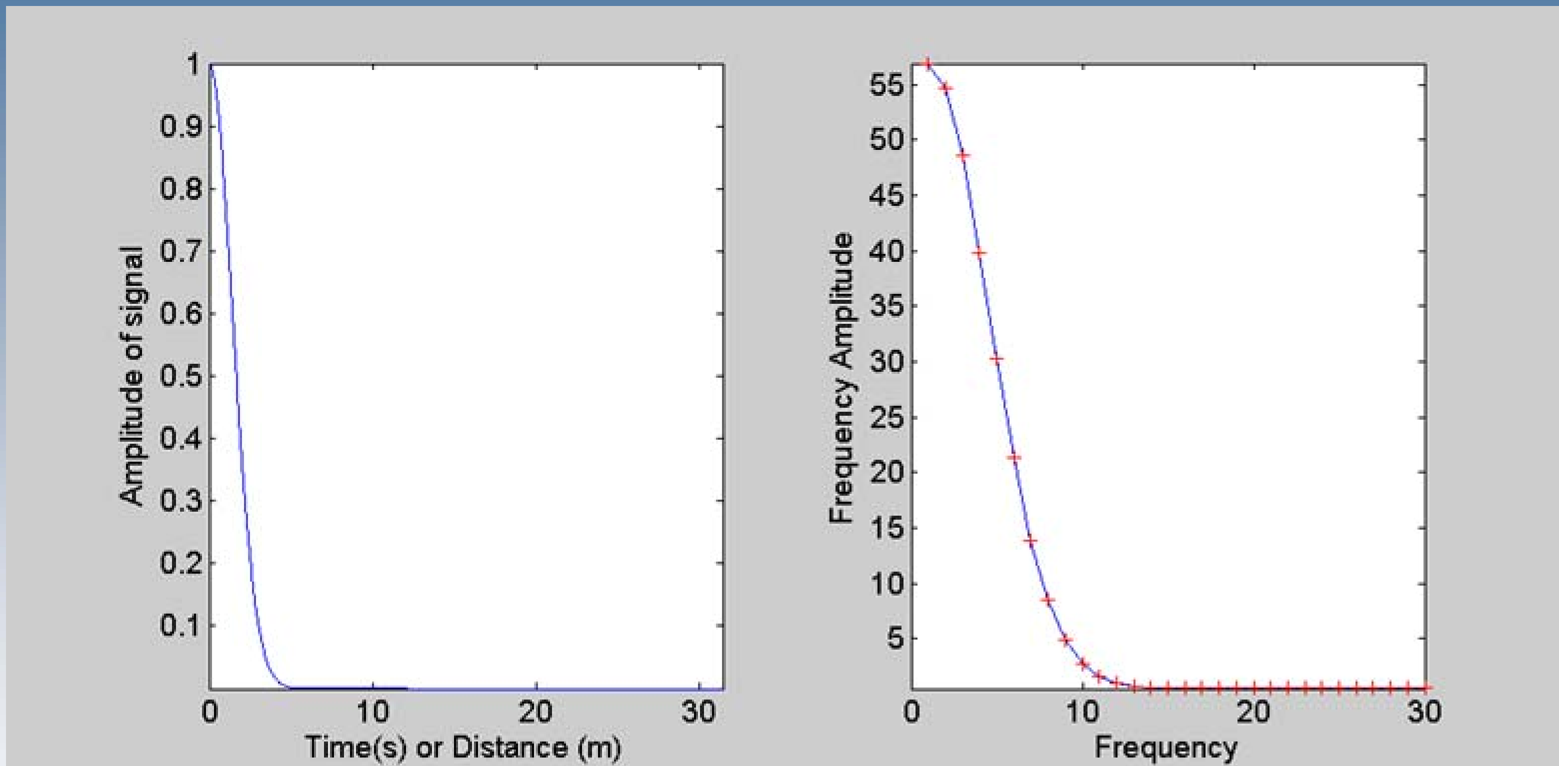
Fourier Spektren: zufällig verteilte (random) Signale



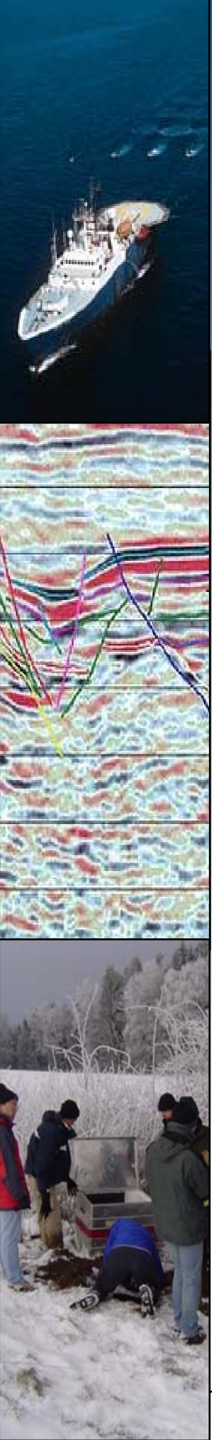
Zufällig verteilte Signale beinhalten alle Frequenzen. Ein Spektrum mit gleichmäßiger Verteilung aller Frequenzen nennt man weißes Spektrum



Fourier Spektren:
Gauss-förmige Signale



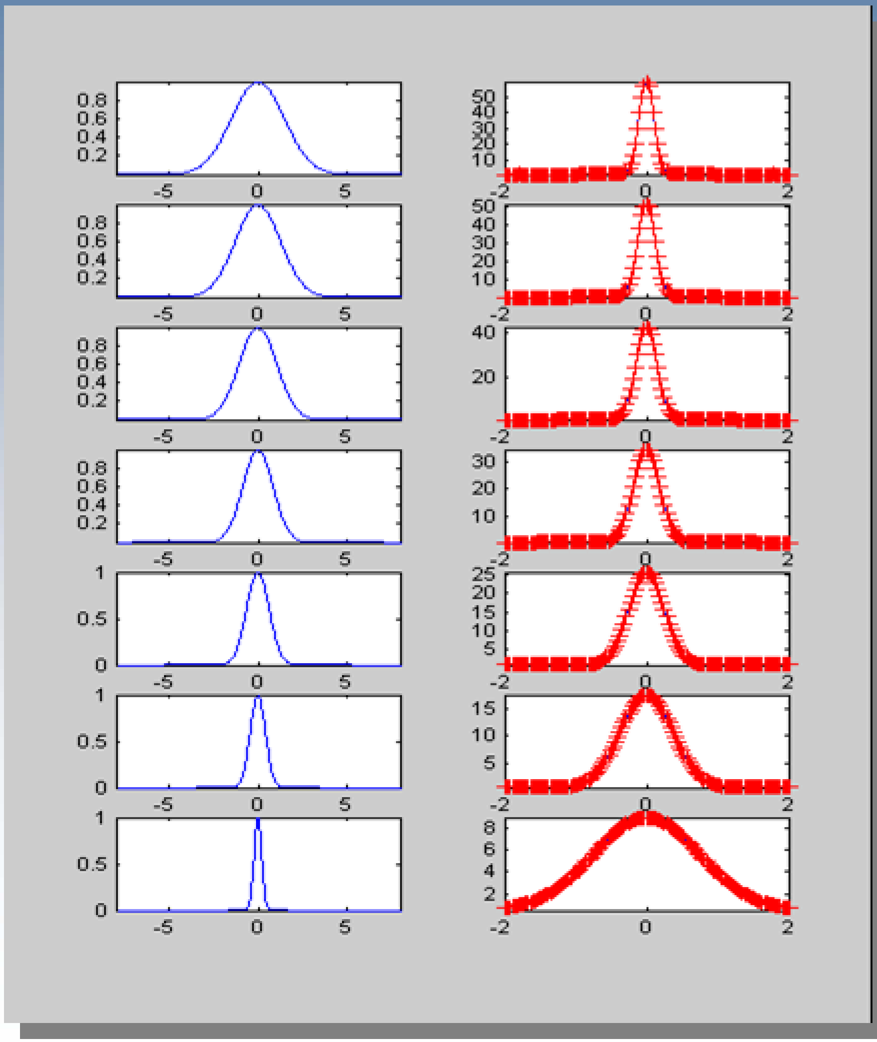
Das Spektrum einer Gauss-Funktion ist selbst eine Gauss-Funktion. Wie verändert sich das Spektrum, wenn man die Gauss-Funktion verengt?



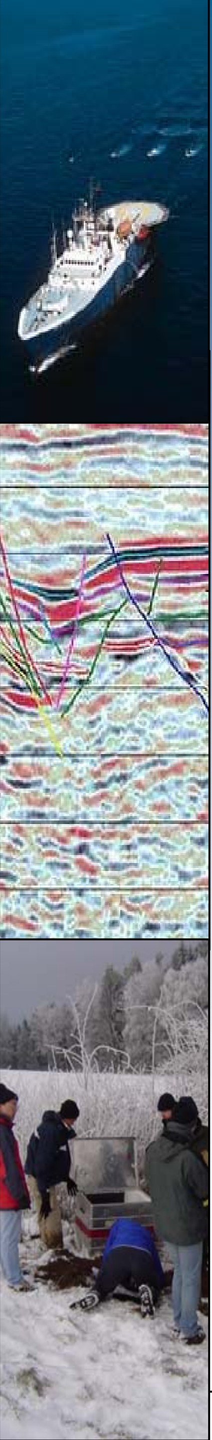
Puls-Breite und Frequenz-Bandbreite

Zeit (Raum) | Spektrum

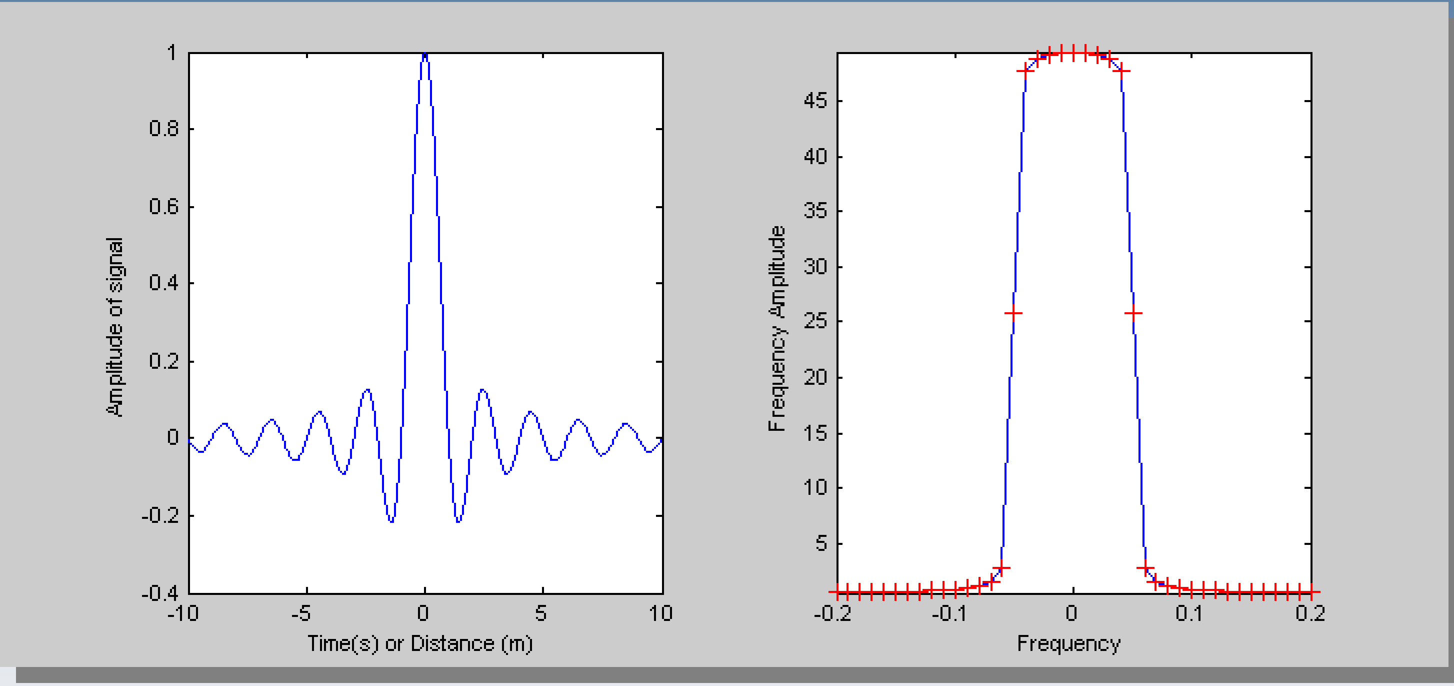
Verengen des physikalischen Signals



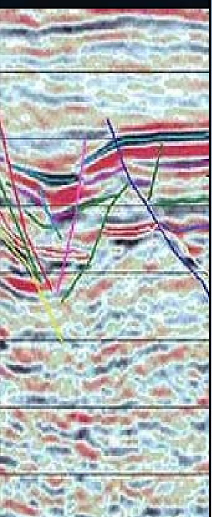
Verbreitern der Frequenzbandbreite



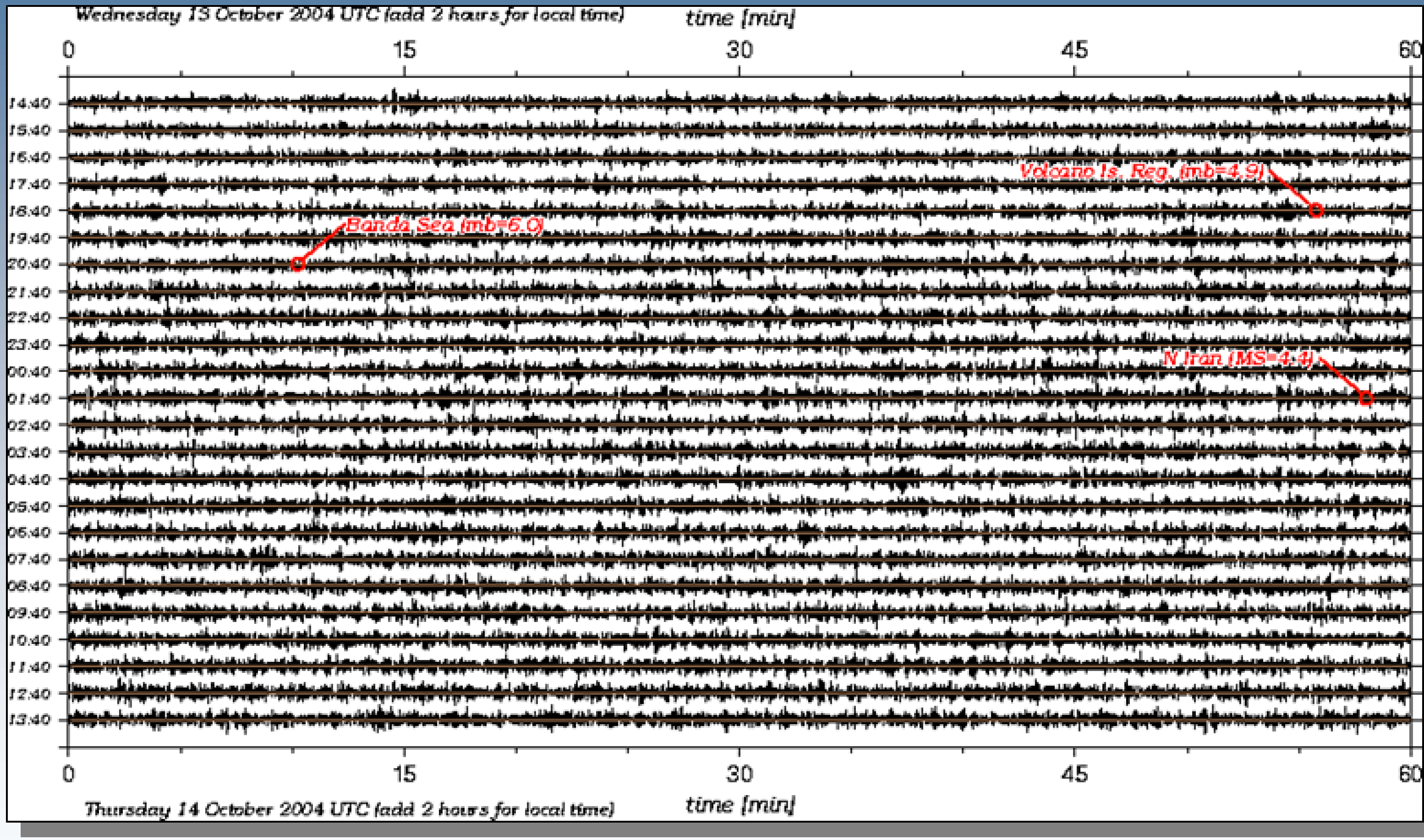
Fourier Spektren:
Transiente Wellen



Eine transiente Welle ist eine Welle, die zeitlich (räumlich) begrenzt ist, im Gegensatz zu einer harmonischen Welle, die sich bis ins Unendliche fortsetzt.

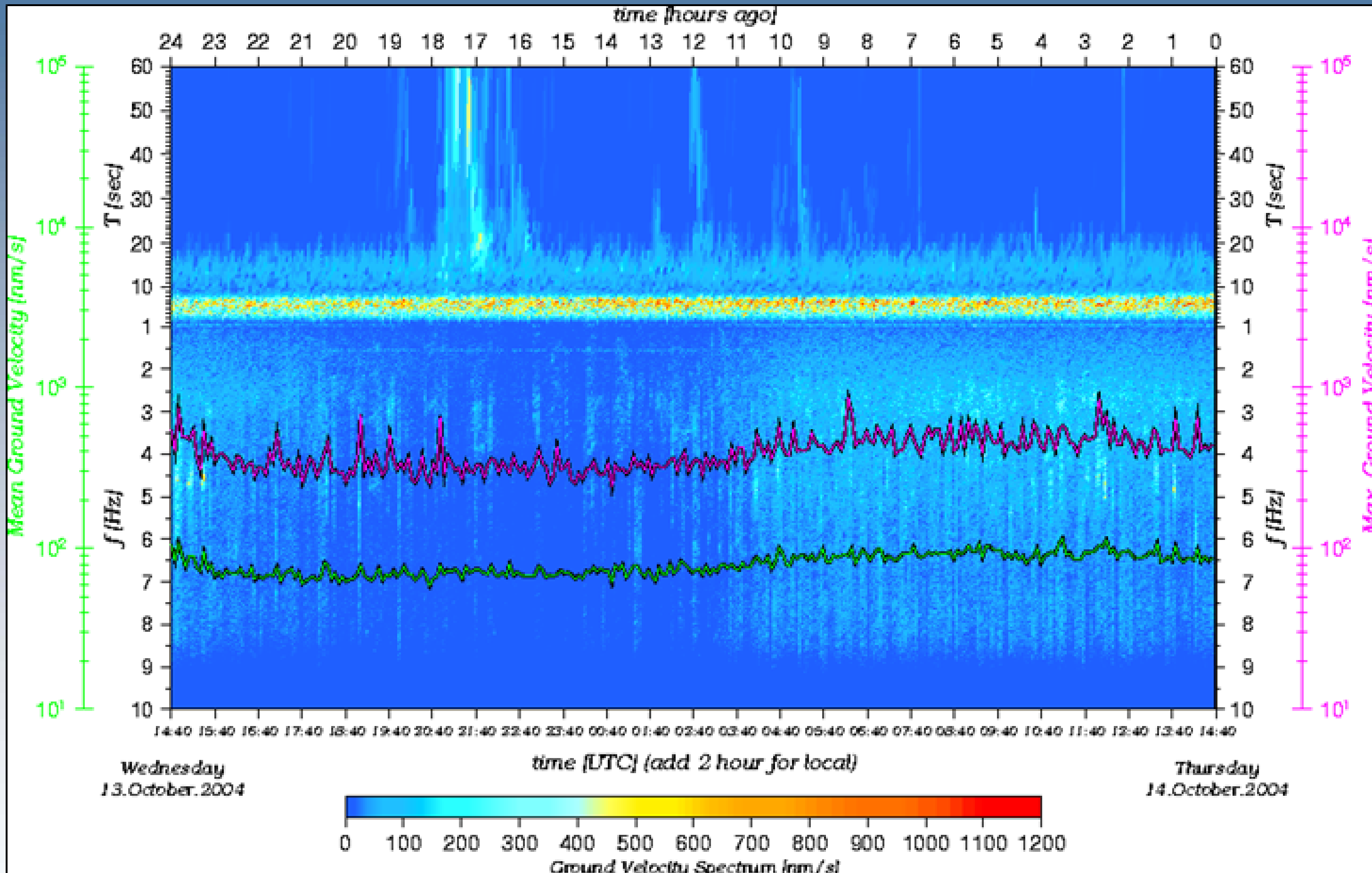




Zeit-Frequenz Analyse



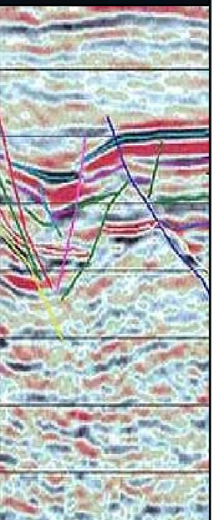
24 Std Bodenbewegung, sehen Sie ein Signal?

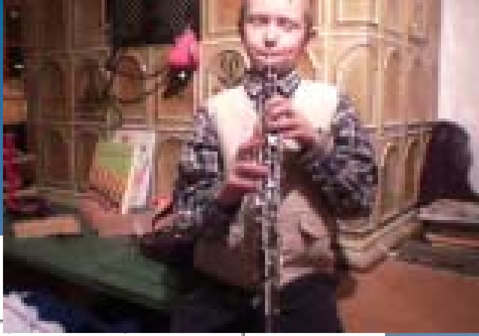
Seismo-Wetter

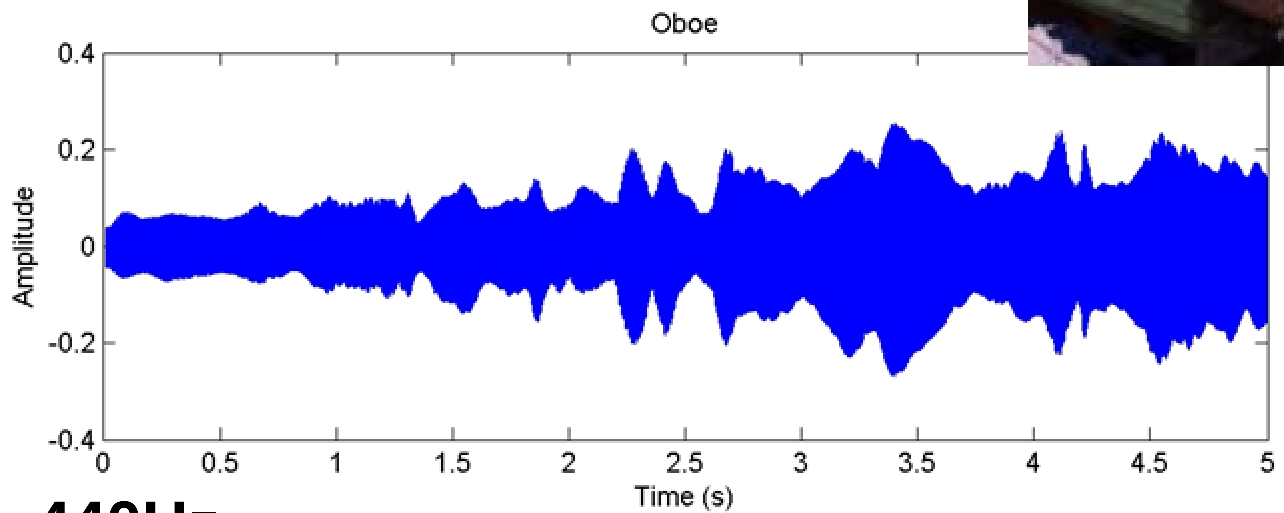


Laufendes Spektrum der selben Daten (Zeit-Frequenzanalyse)

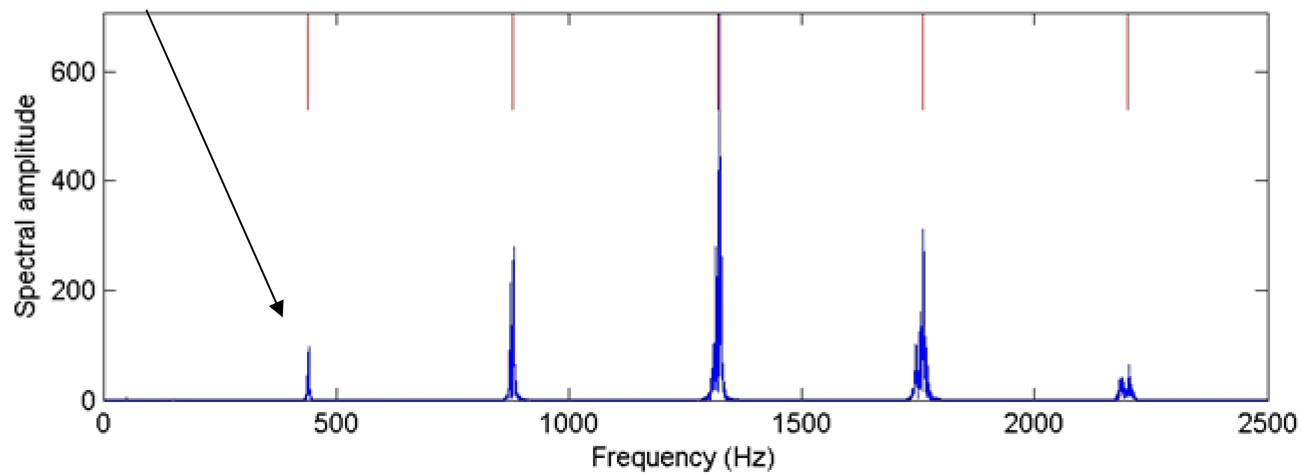
Der Ton eines Instruments



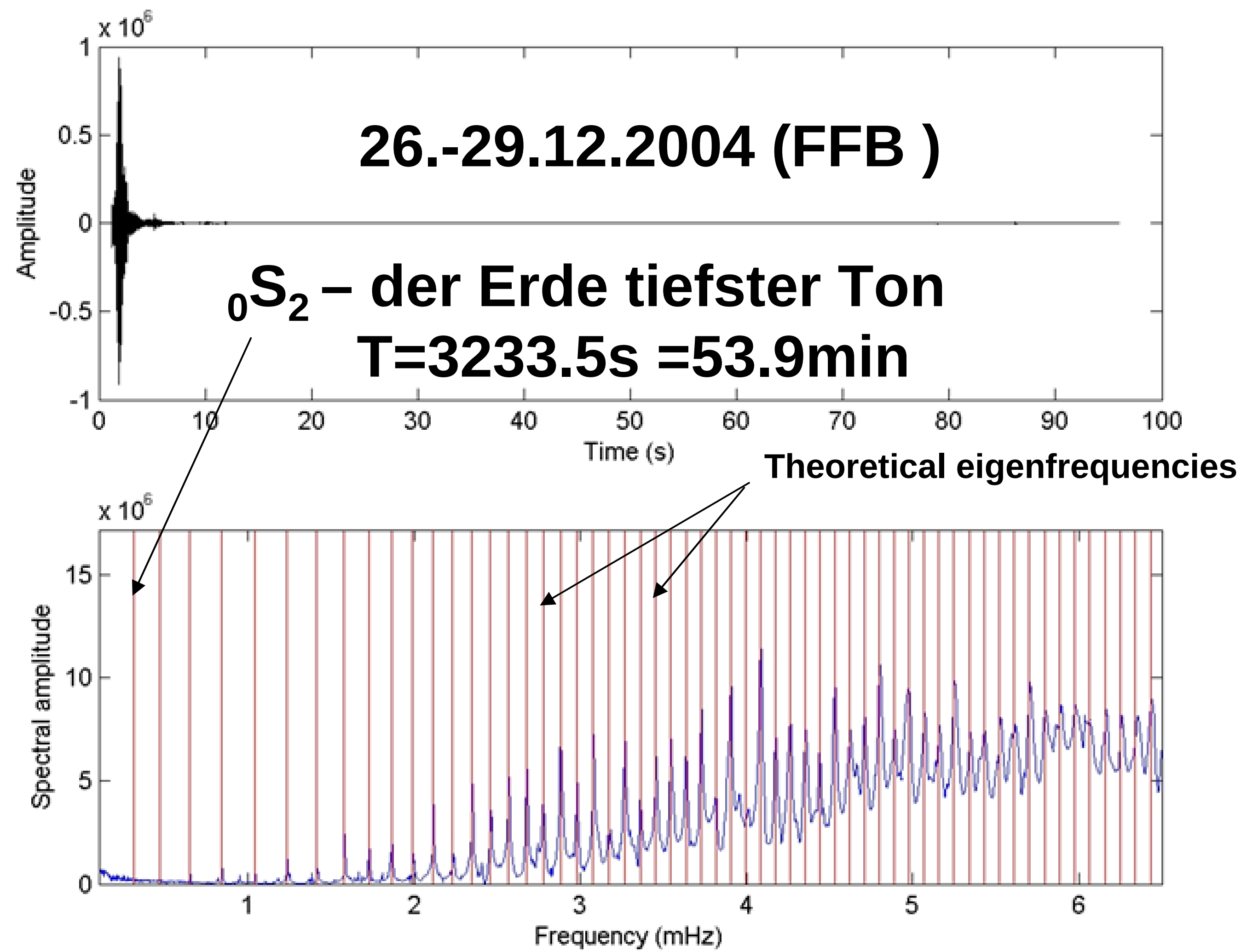


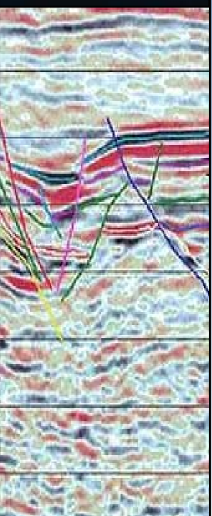


a‘ - 440Hz

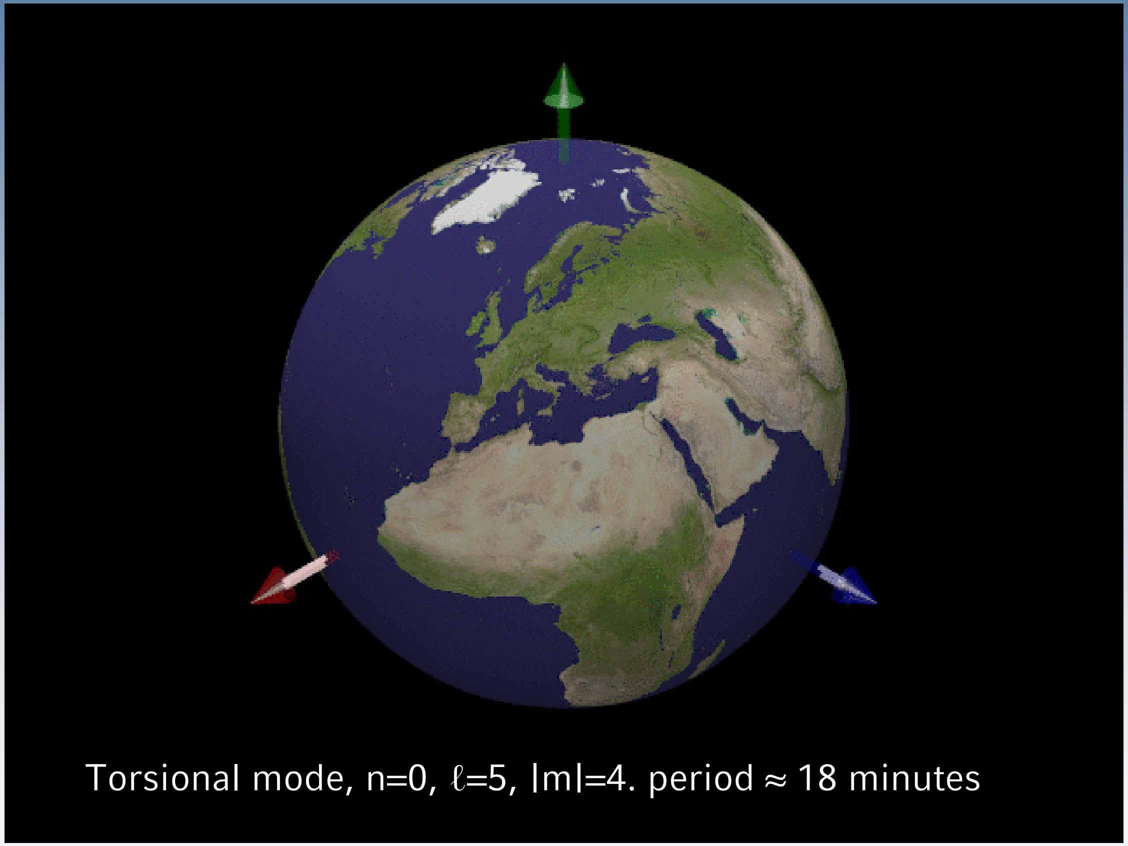


Das Instrument Erde

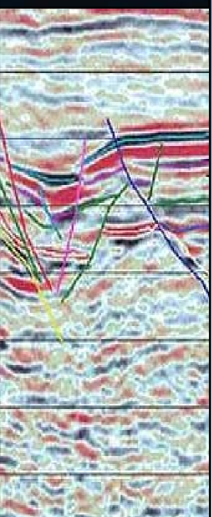




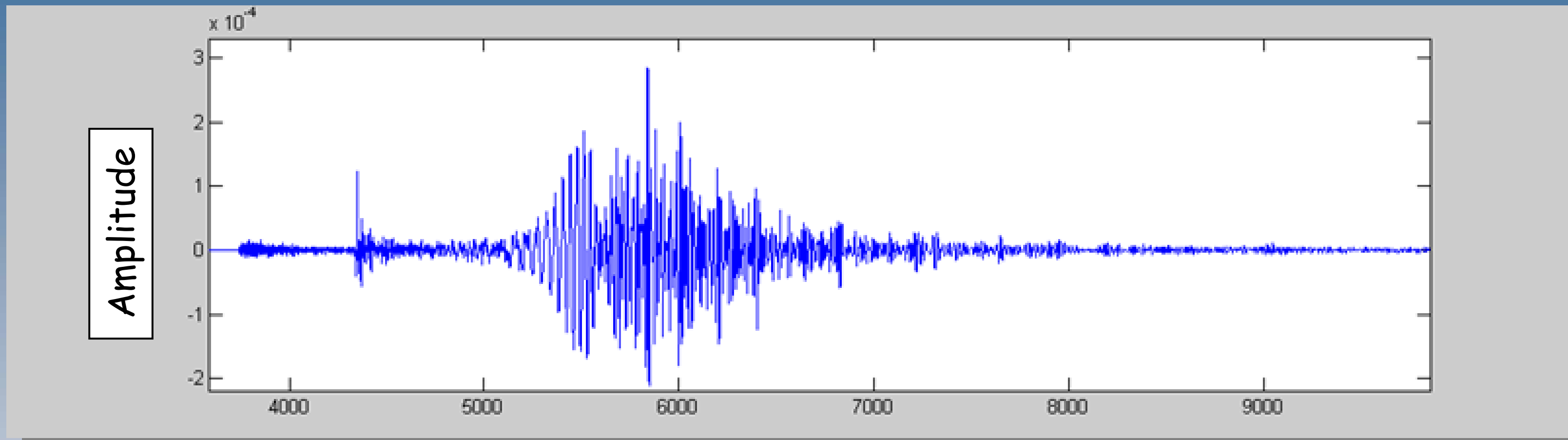
Eigenschwingungen der Erde



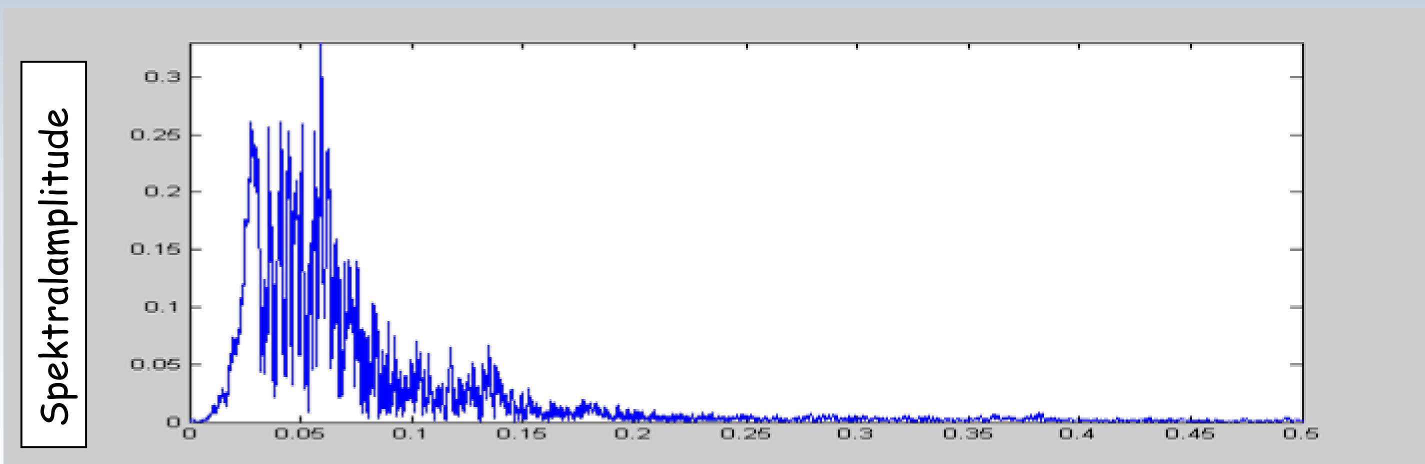
Source: http://icb.u-bourgogne.fr/nano/MANAPI/saviot/terre/index.en.html



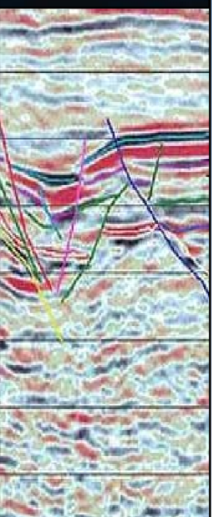
Ein Seismogramm



Zeit (s)



Frequenz (Hz)



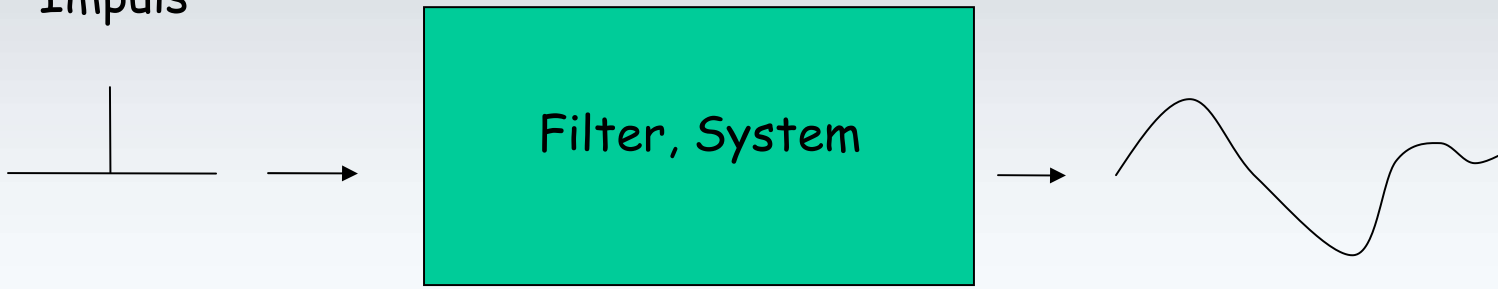
Bearbeiten von Wellenformen

Wie müssen wir unsere digitalisierten Daten behandeln, um Information zu entnehmen? Diese Frage führt uns direkt zu den Konzepten der (De-) Konvolution (Faltung), (Auto-, Kreuz-) Korrelation und Filterung.

Das zentrale Konzept ist die Ausgabe eines Systems auf einen eingegebenen Impuls. Die Impuls-Antwort

Impuls-Antwort

Impuls

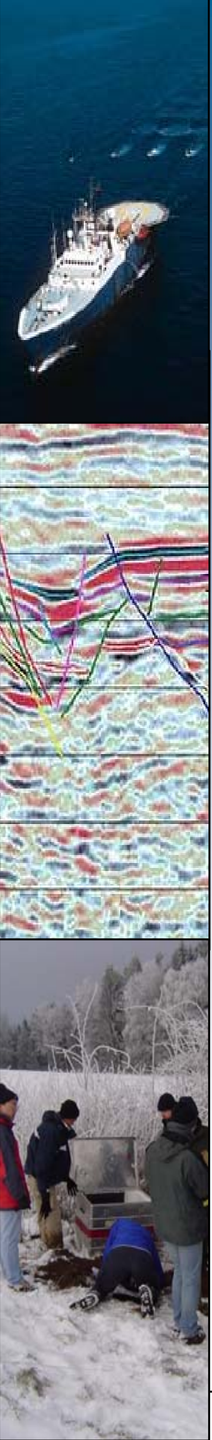


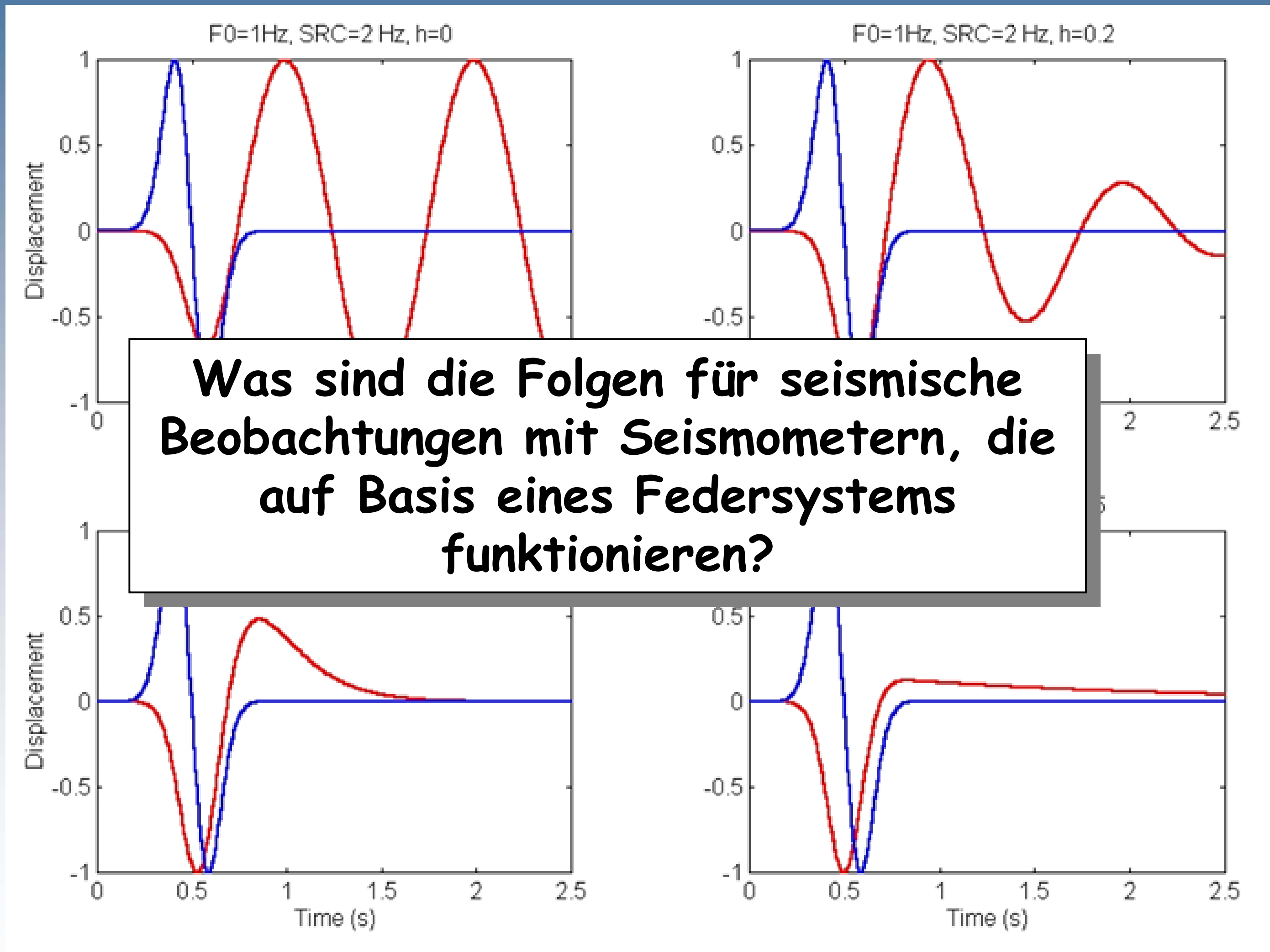
Input

Beispiele?

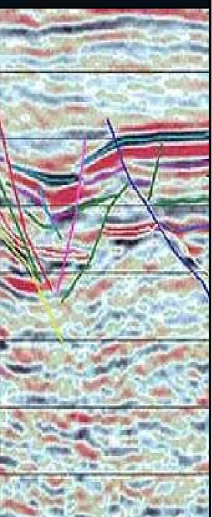
Output

Impuls-Antwort eines Seismometers

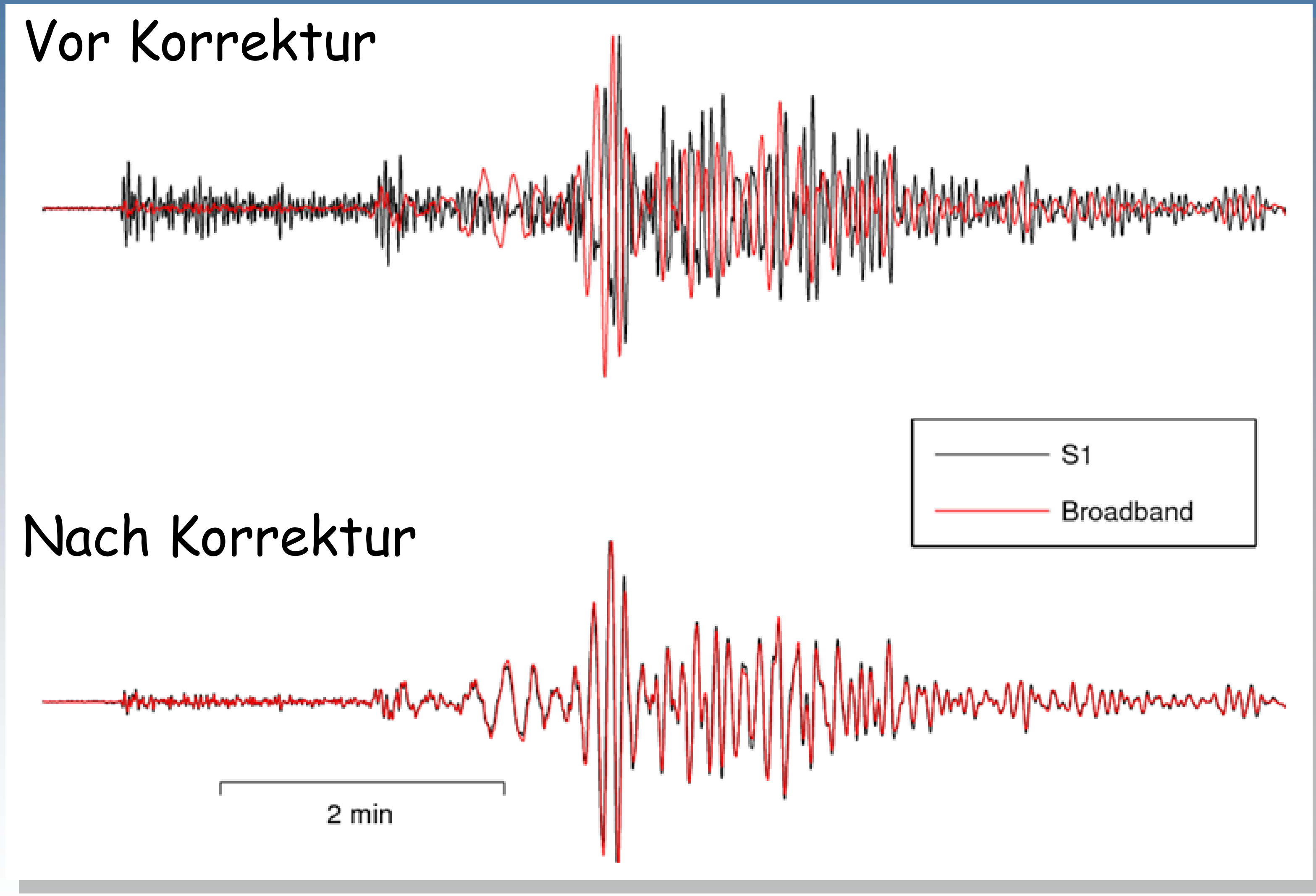


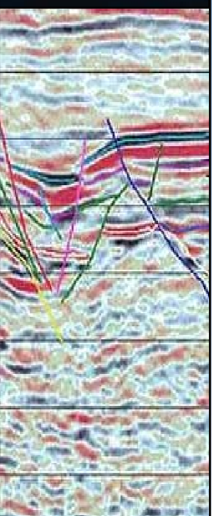


Was sind die Folgen für seismische Beobachtungen mit Seismometern, die auf Basis eines Federsystems funktionieren?


Seismogramm – Bodenbewegung





Diskrete Konvolution (Faltung)

Konvolution (Faltung) ist die mathematische Beschreibung der Änderung der Form eines Eingabesignals nach dem Durchlaufen eines Filters (Filtersystem)

$$y(t) = \int g(t')f(t-t')dt'$$

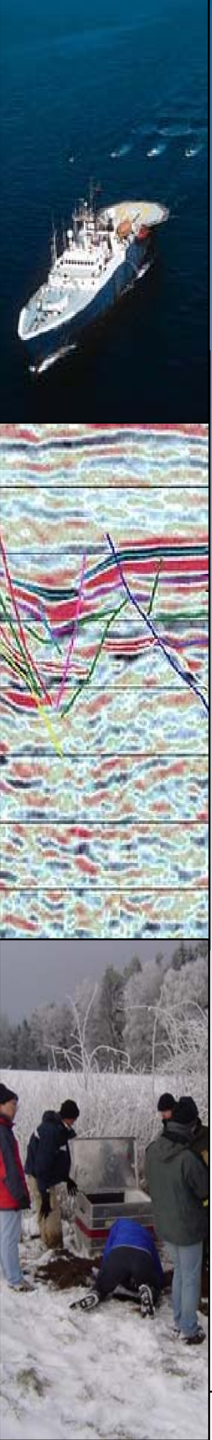
Es gibt ein eigenes mathematisches Symbol für Konvolution:

$$y(t) = g(t) * f(t)$$

Hier ist die Impuls-Antwort Funktion g gefaltet mit dem Eingangssignal f. g wird auch „Greensche Funktion" genannt.

$$y_k = \sum_{i=0}^{m} g_i f_{k-i} \qquad g_i \quad i = 0,1,2,\ldots,m$$

$$k = 0,1,2,\ldots,m+n \qquad f_j \quad j = 0,1,2,\ldots,n$$



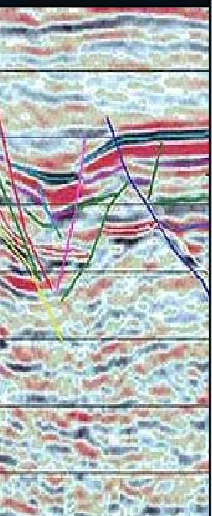
Faltung Beispiel (Matlab)

```
>> x
x =
     0     0     1     0
>> y
y =
     1     2     1
>> conv(x,y)
ans =
     0     0     1     2     1     0
```

Impuls-Response

System Input

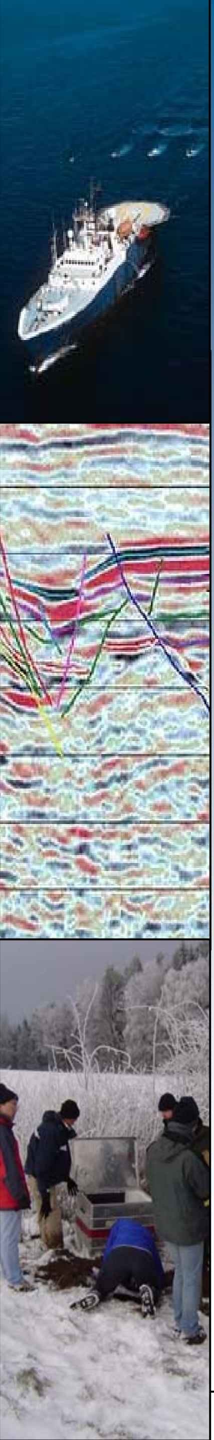
System Output



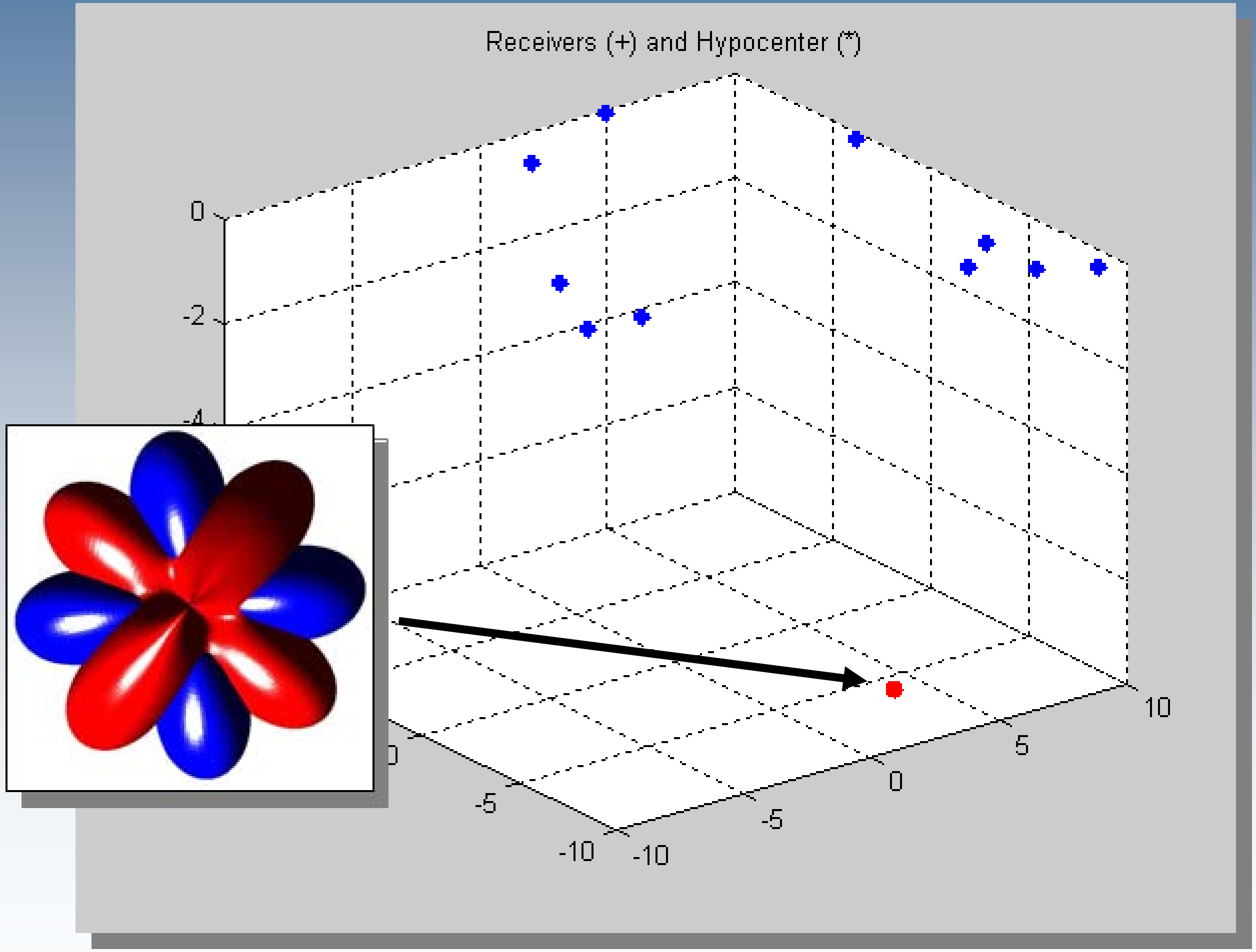
Faltung Beispiel

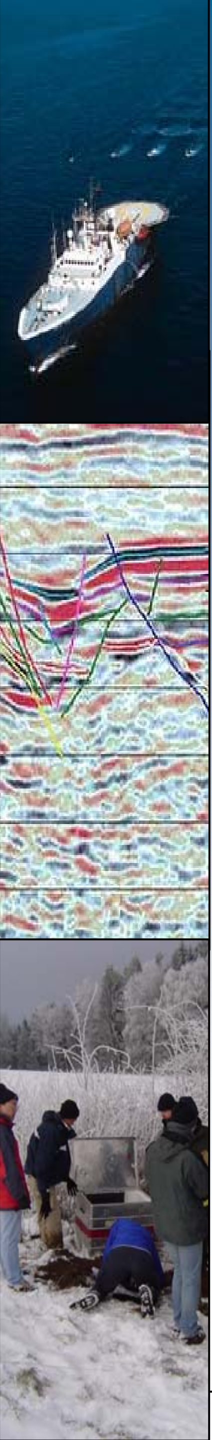
x **„Faltung“** **y** **x*y**

								x*y
		0	1	0	0			**0**
					1	2	1	
		0	1	0	0			**0**
				1	2	1		
		0	1	0	0			**1**
			1	2	1			
		0	1	0	0			**2**
		1	2	1				
		0	1	0	0			**1**
	1	2	1					
		0	1	0	0			**0**
1	2	1						

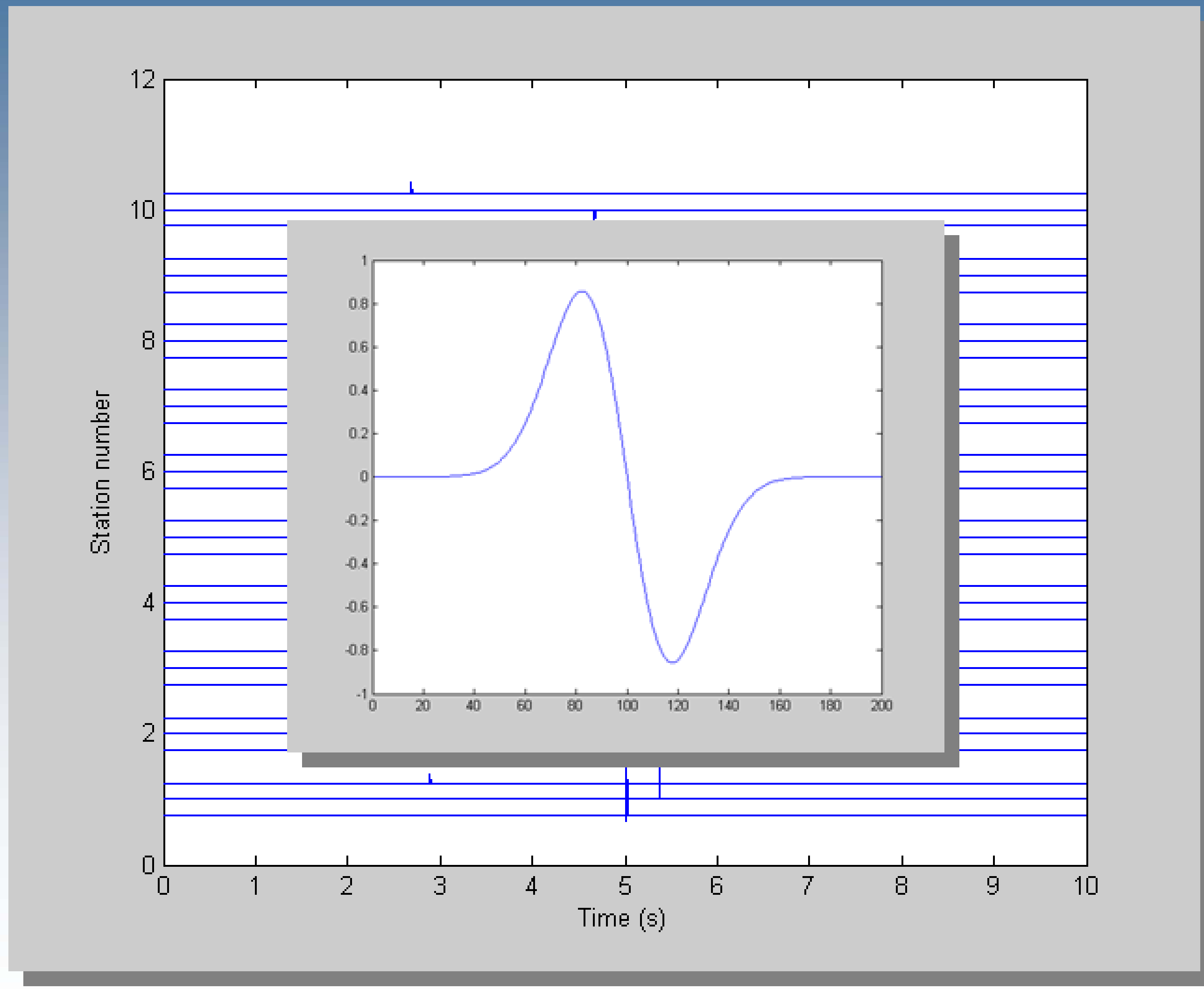


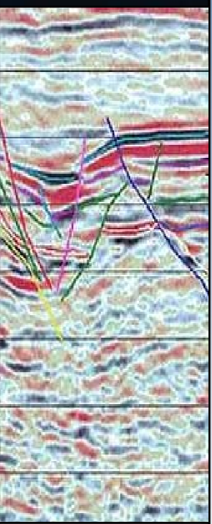
Konvolutionsmodell:
Seismogramme



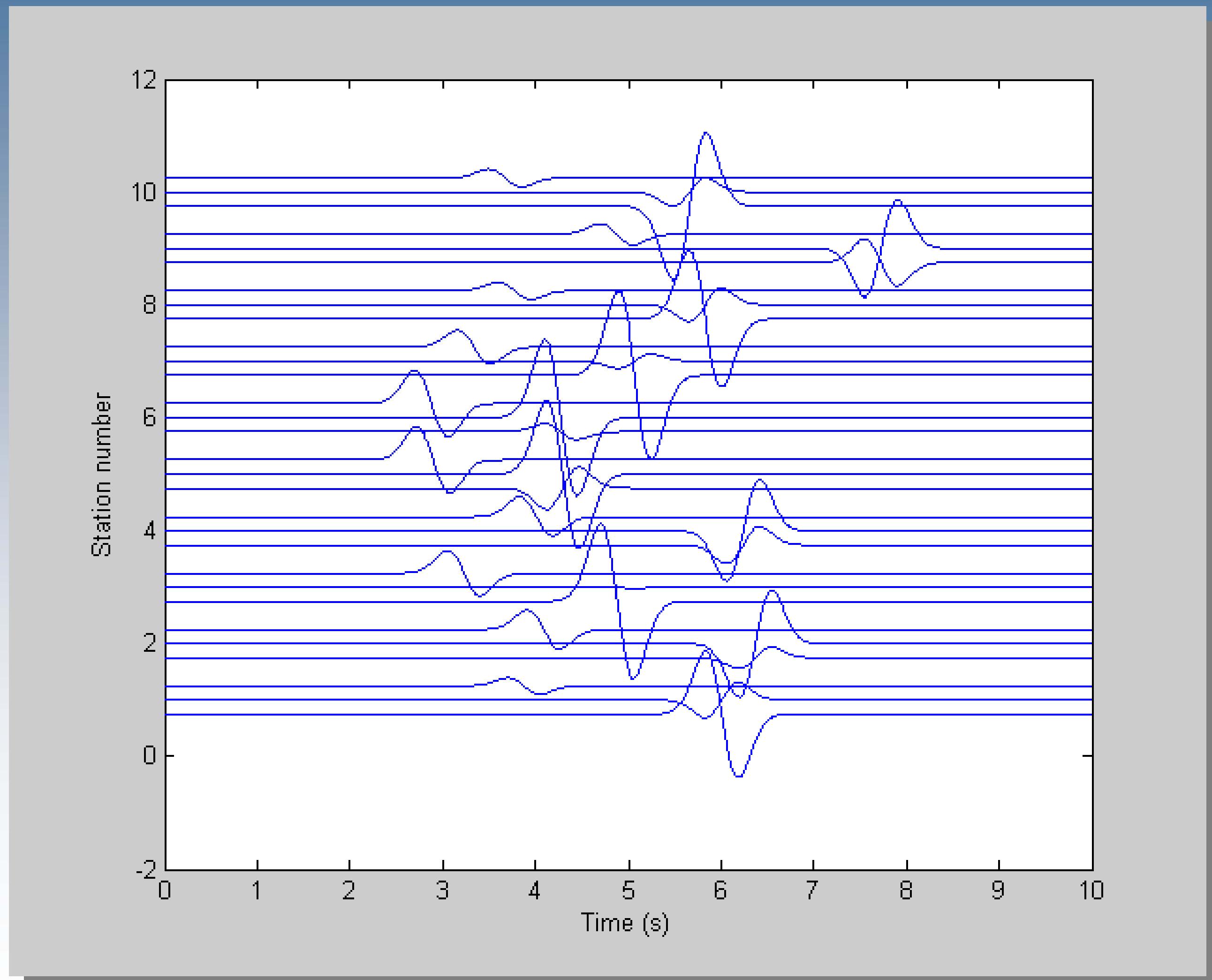


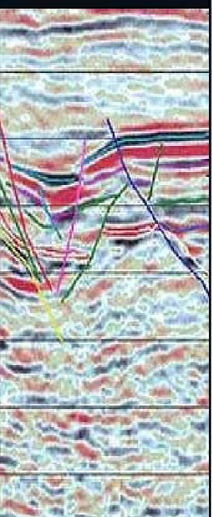
Die seismische *Impuls-Antwort*



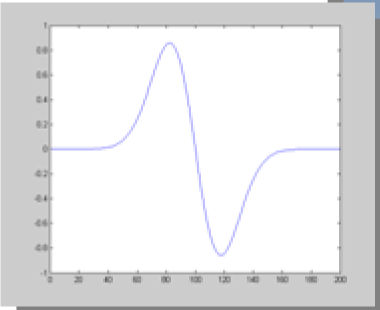

Die gefilterte (gefaltete) Antwort





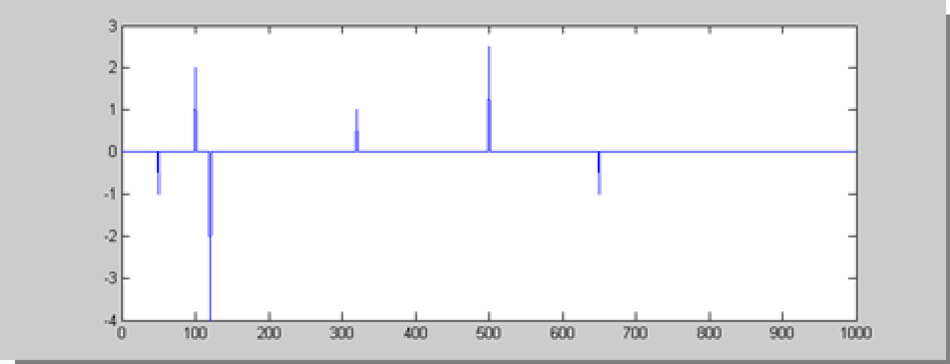
1D Konvolutionsmodell einer seismischen Spur

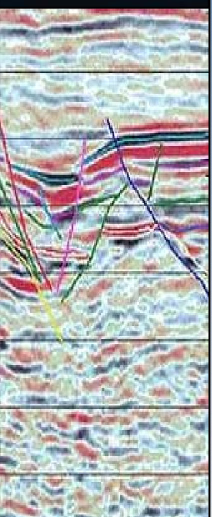
Das Seismogramm eines geschichteten Mediums kann ebenso mit einem Konvolutionsmodel berechnet werden ...



$$u(t) = s(t) * r(t) + n(t)$$

u(t)	Seismogramm
s(t)	Quellfunktion (Anregungsfunktion)
n(t)	Rauschen
r(t)	Reflektivität

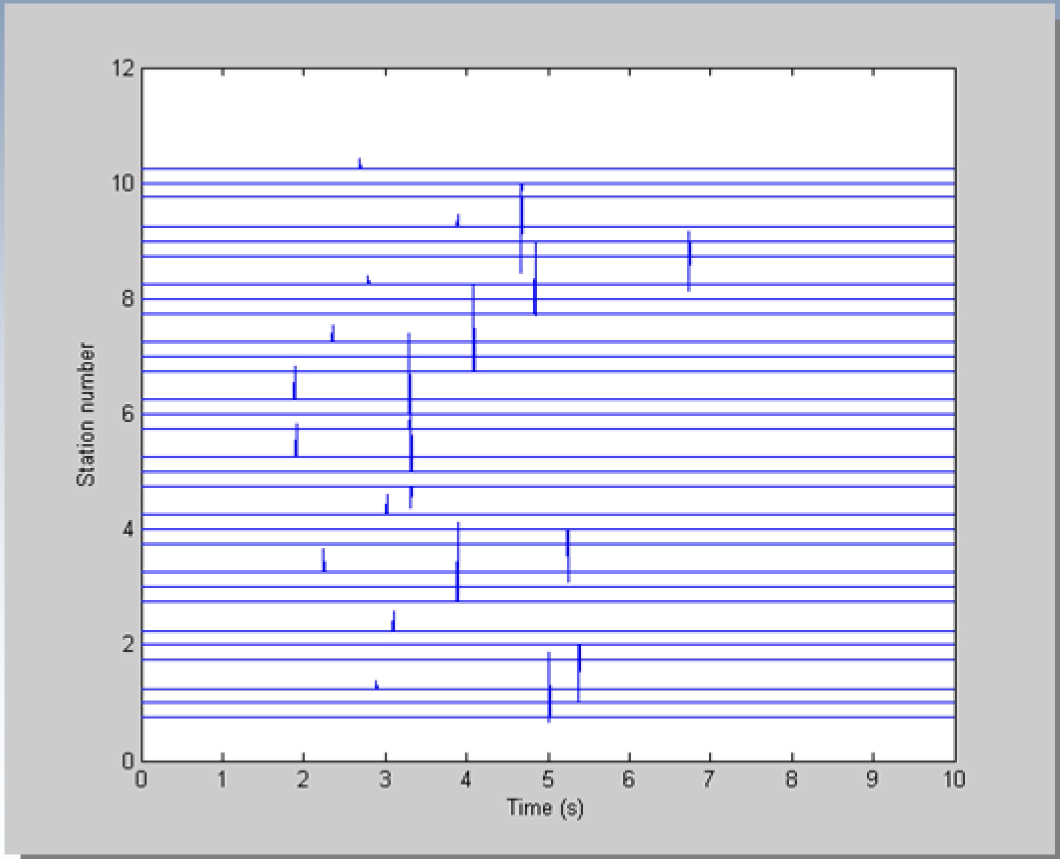


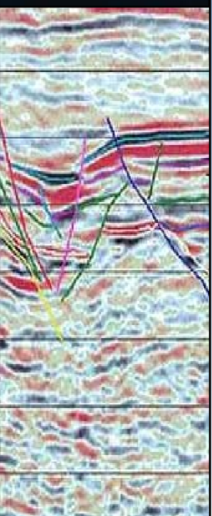




Dekonvolution

Dekonvolution ist die Inversion der Konvolution.

Wann ist eine Dekonvolution nützlich?




Korrelation

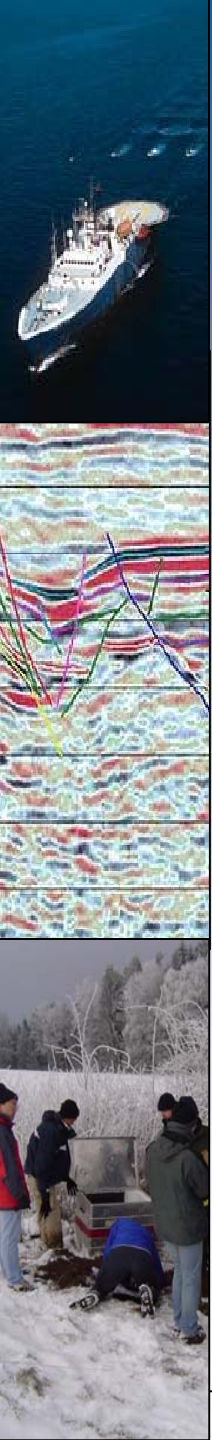
Korrelation spielt eine zentrale Rolle bei der Studie von Zeitreihen. Normalerweise gibt die Korrelation eine quantitative Abschätzung der Ähnlichkeit zweier Funktionen und den zeitlichen/räumlichen Versatz zwischen ihnen an. Die Korrelation zwischen den Vektoren g und f (beide mit n Elementen) ist definiert durch:

$$r_k = \sum_{i=1}^{n} f_{k+i} g_i$$

$$k = -m, \ldots, 0, \ldots, m$$

$$m = n - 1$$

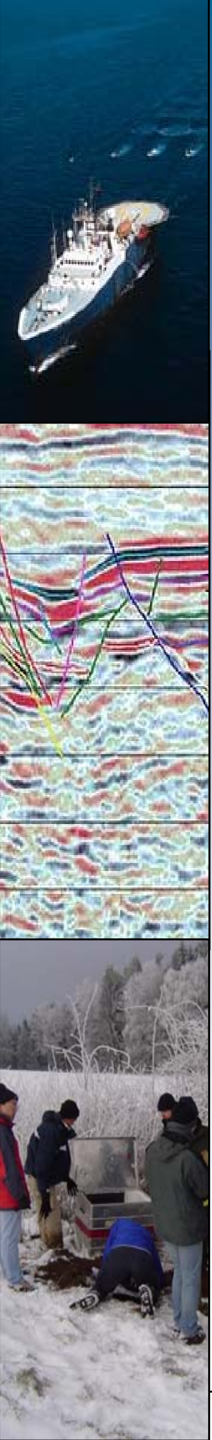
m nennt man auch max lag (Verzögerung)

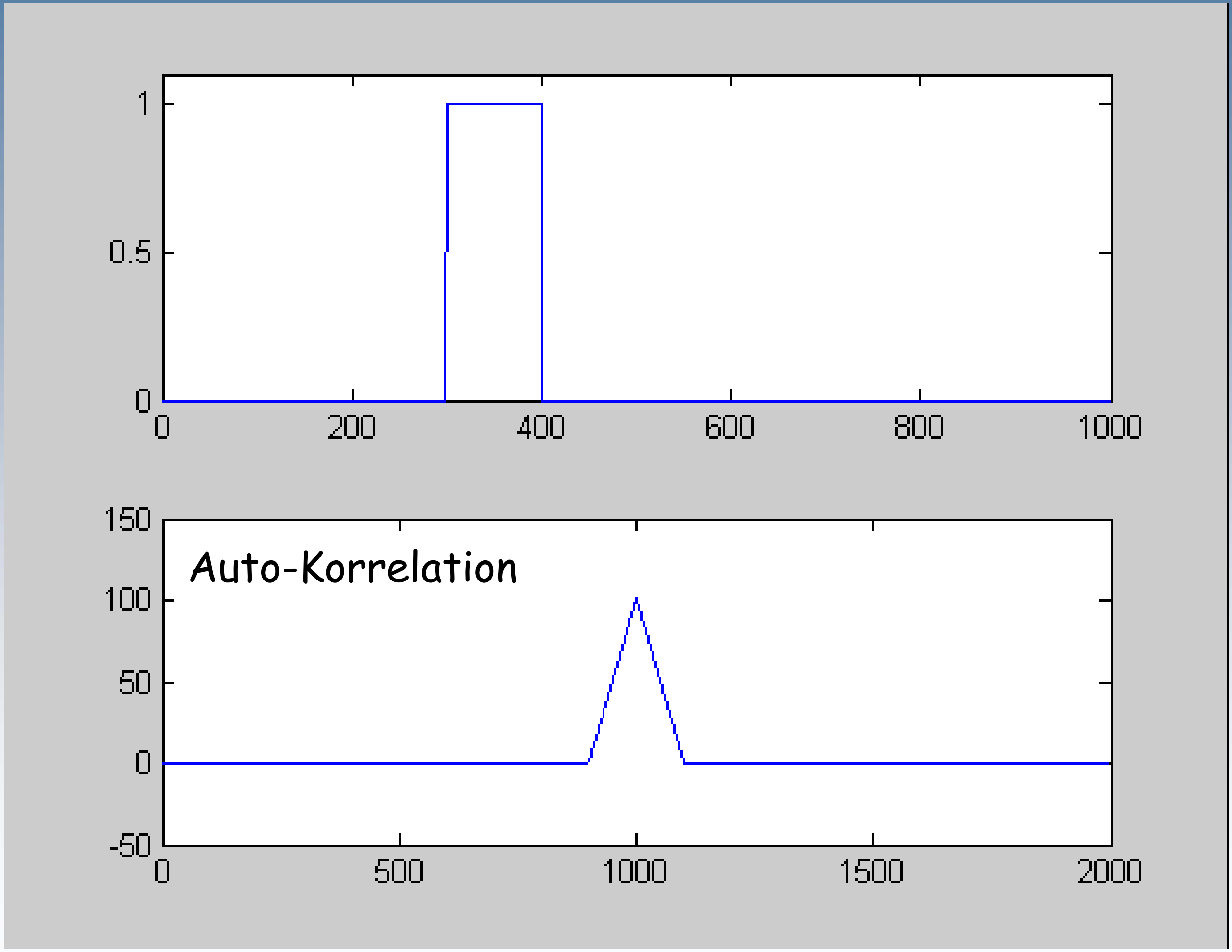


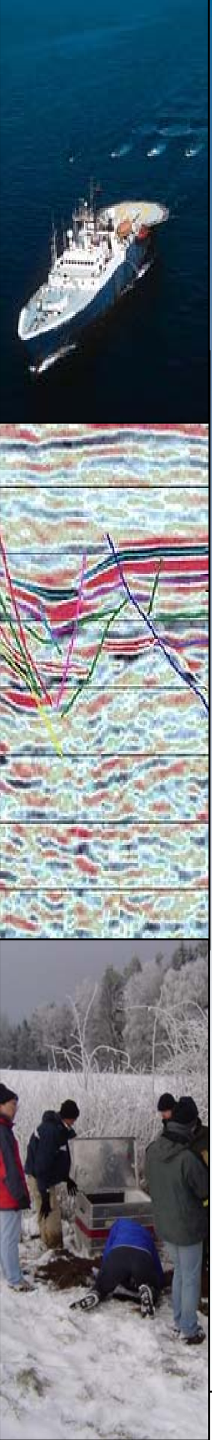
Beispiel (Matlab)

```
>> x=[1 3  2]
x =
    1     3     2
>> y=[1  2 1]
y =
    1     2     1
>> xcorr(x,y)
ans =
   1.0000    5.0000    9.0000    7.0000    2.0000
>>
```

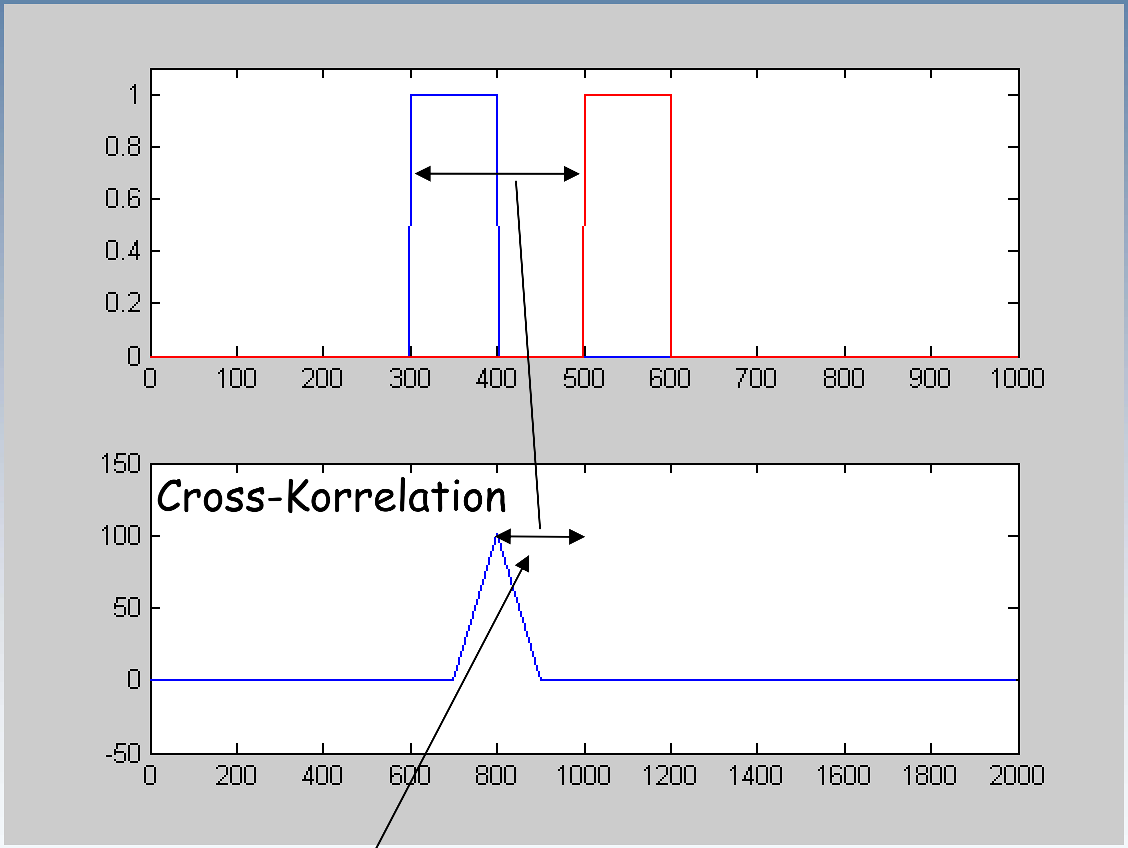
Auto-Korrelation



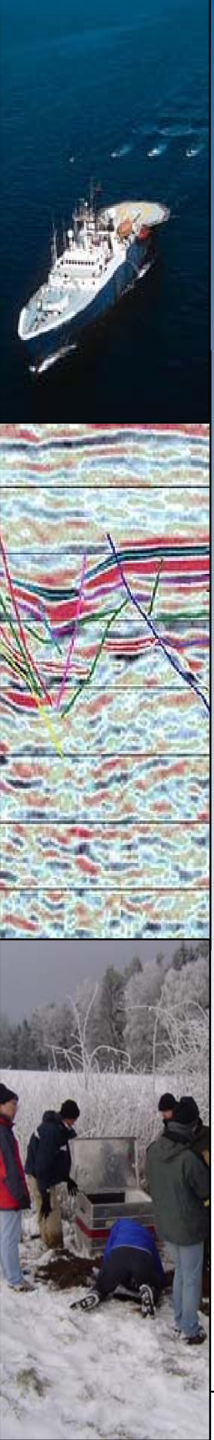




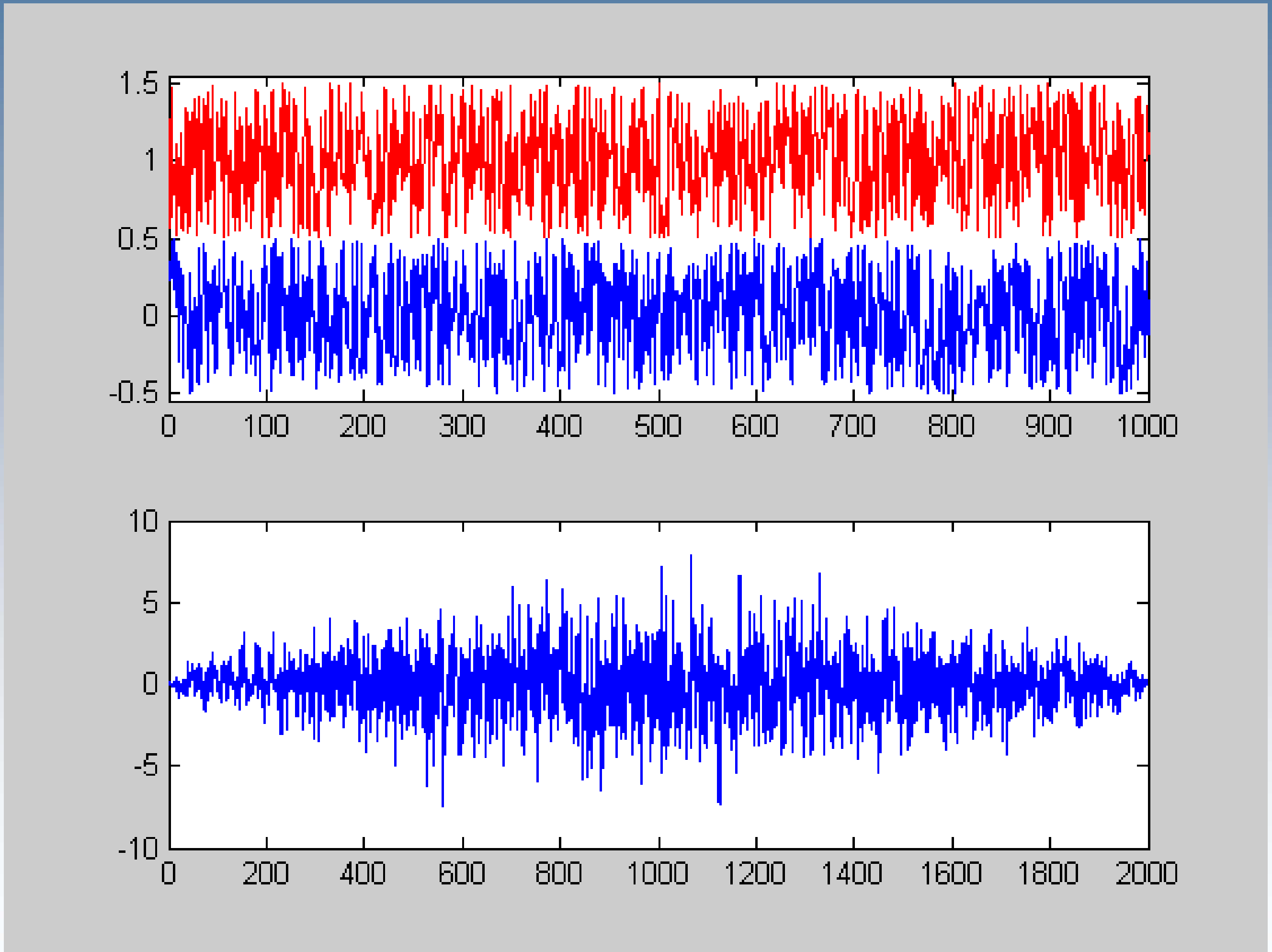
Kreuz-Korrelation

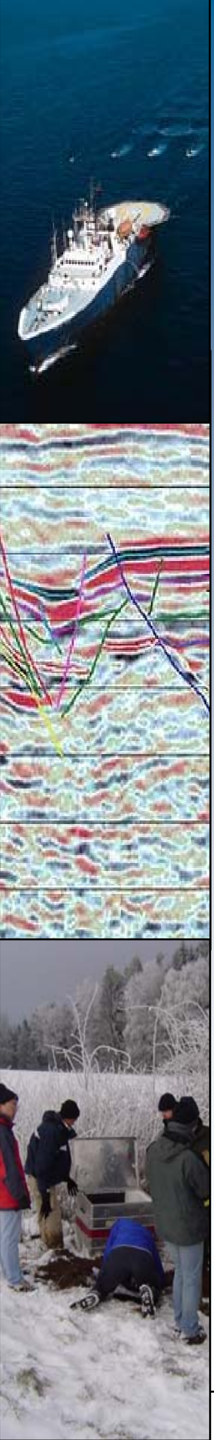


Lag (in diesem Fall 200) zwischen zwei Funktionen

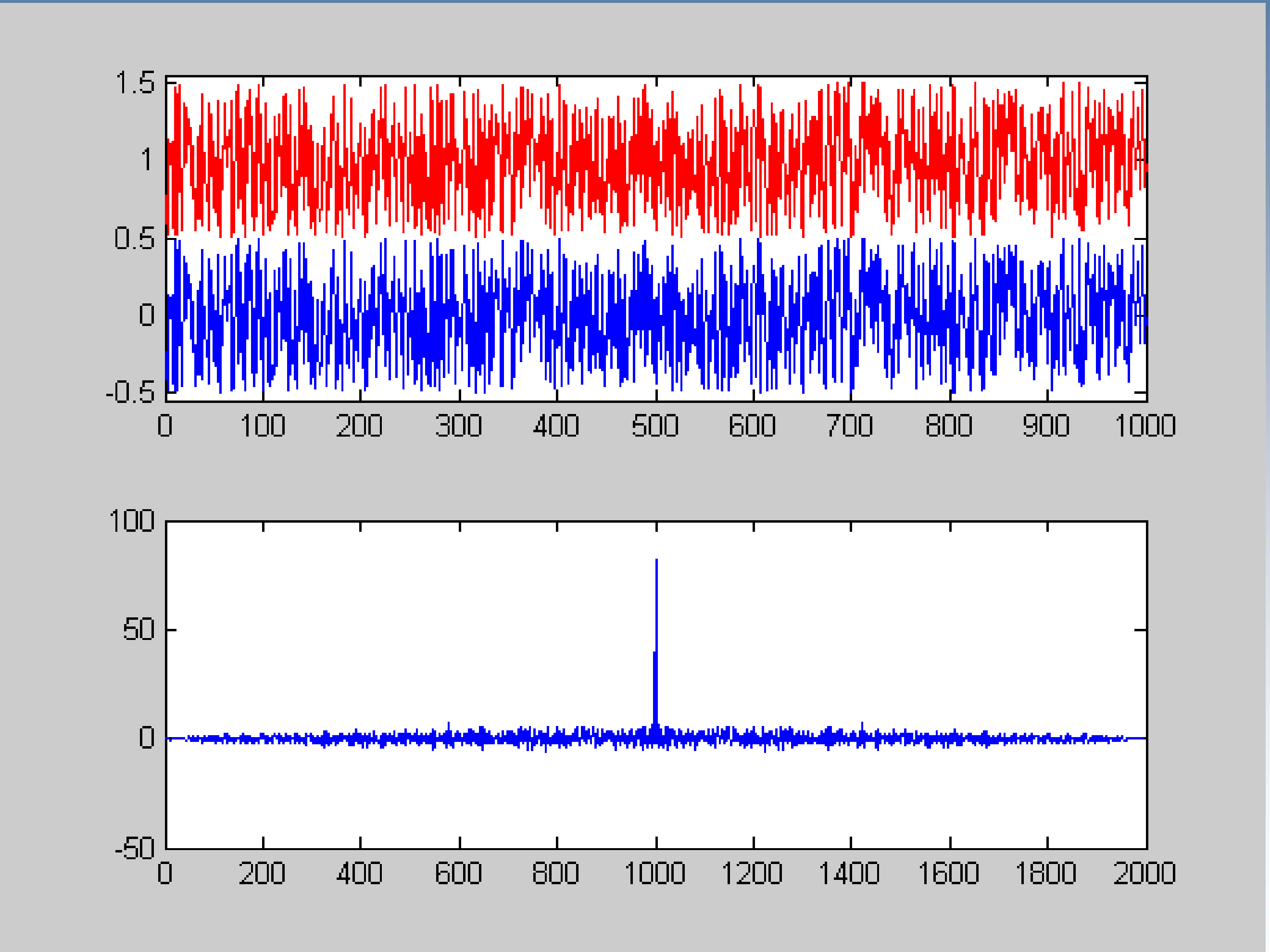


Kreuz-Korrelation
Zufallsfunktionen

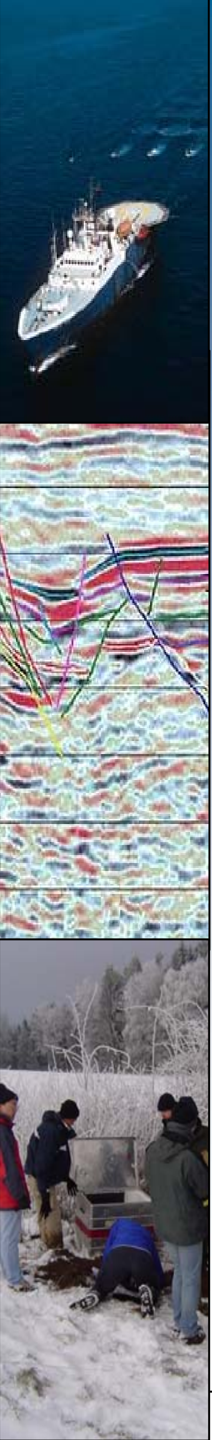


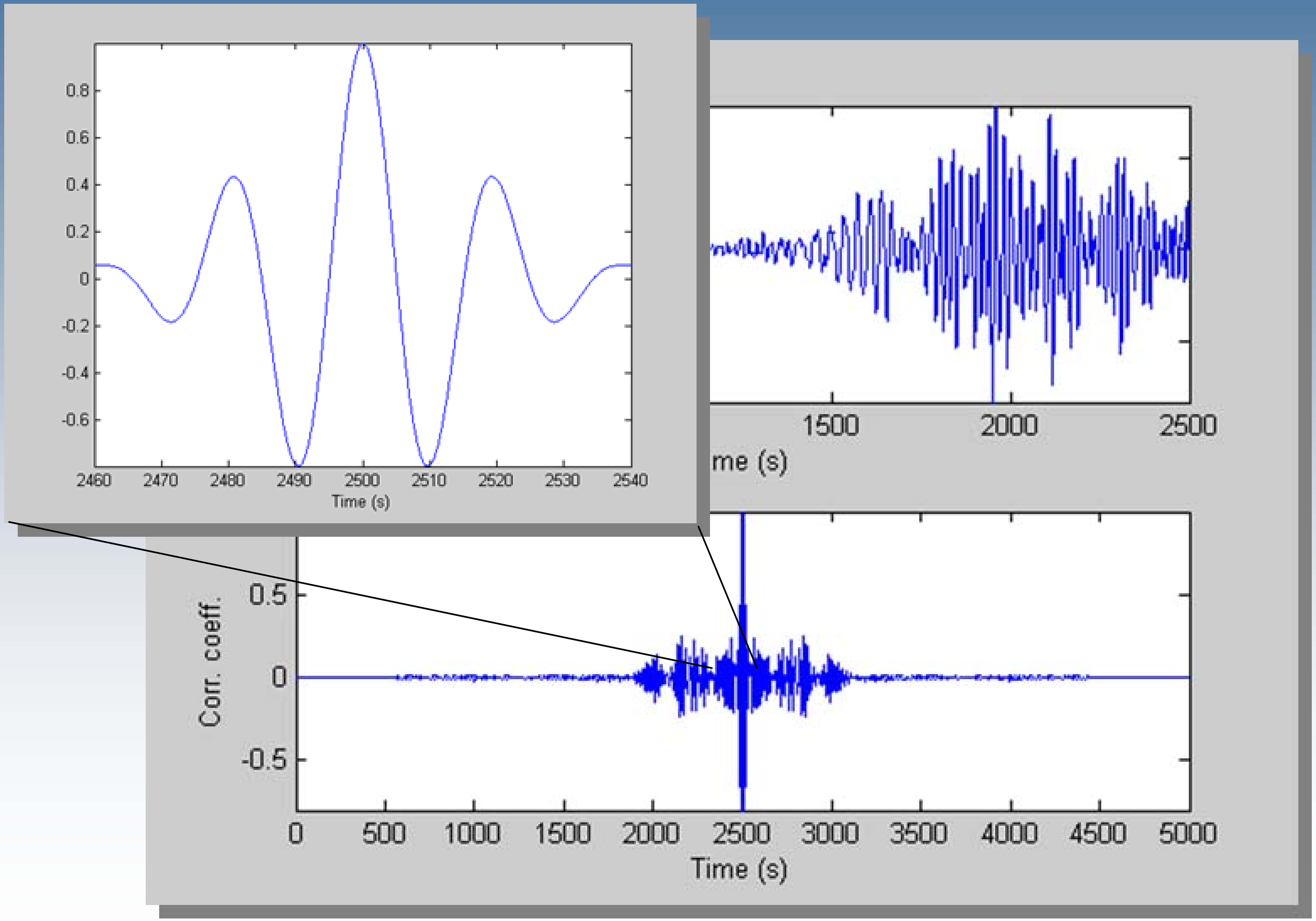


Auto-Korrelation
Zufallsfunktion

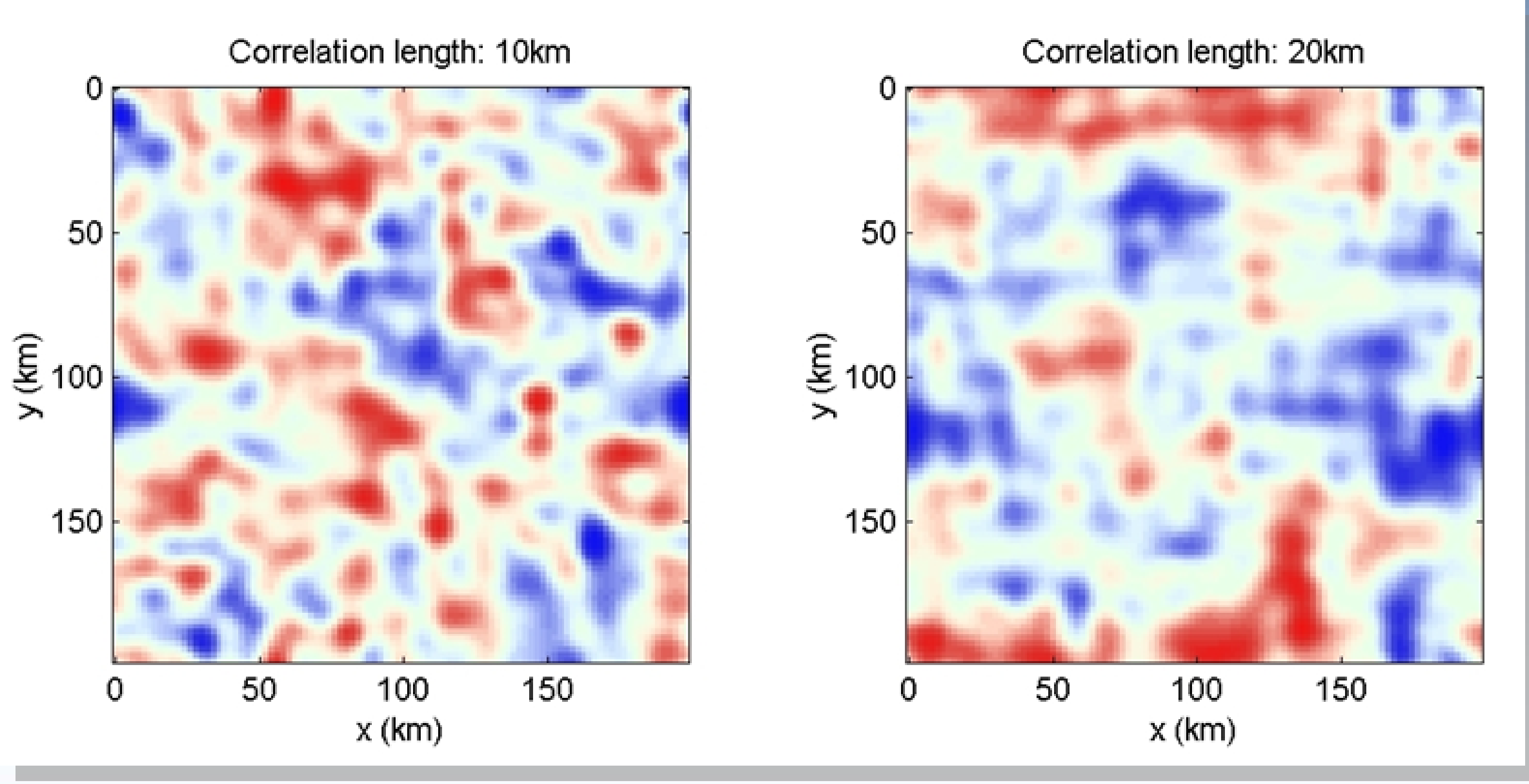


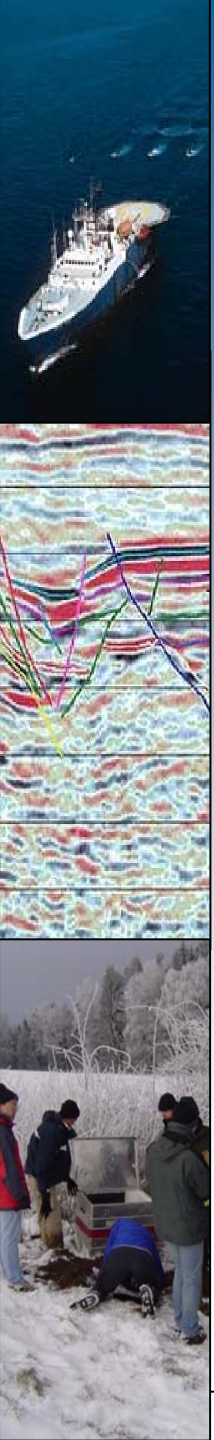
Auto-Korrelation
Seismisches Signal



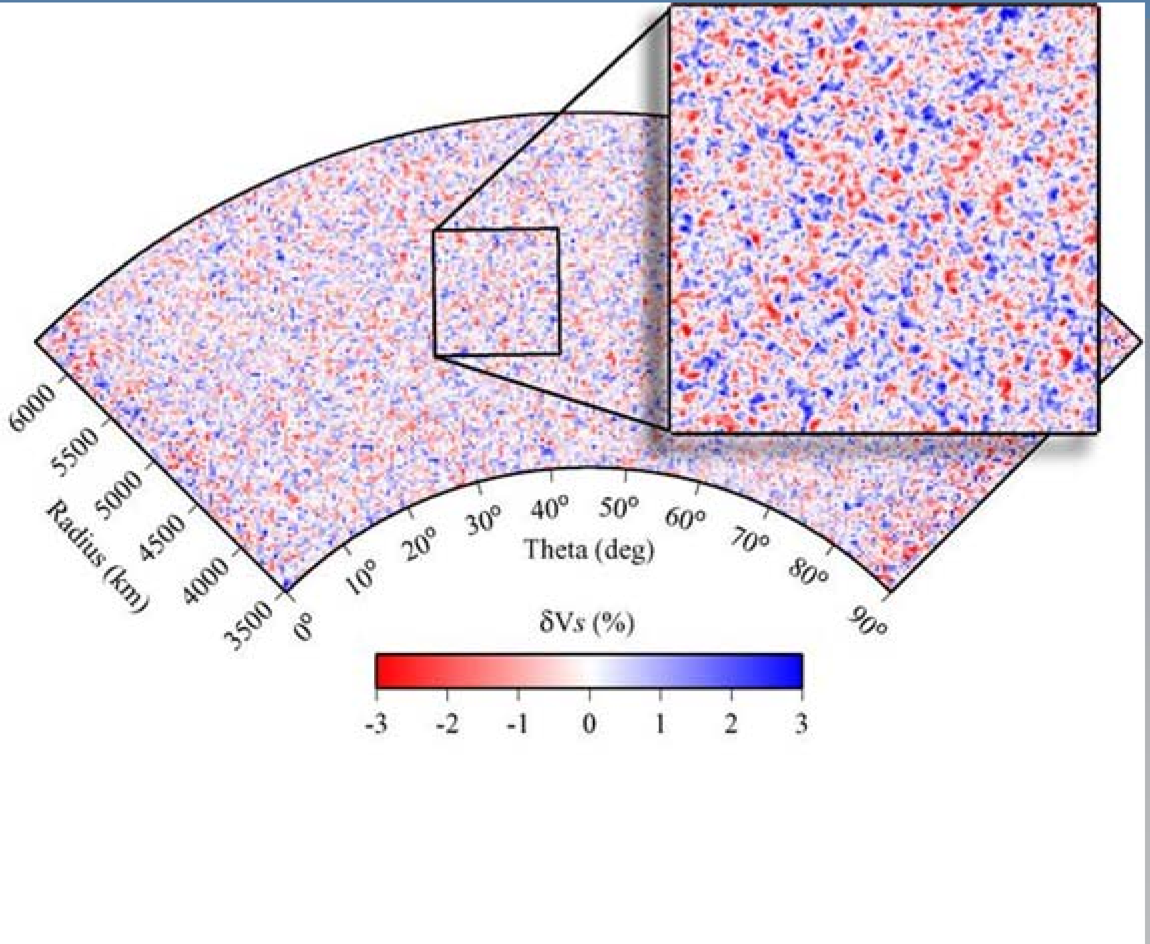


Korrelationslänge „Zufallsmedium"

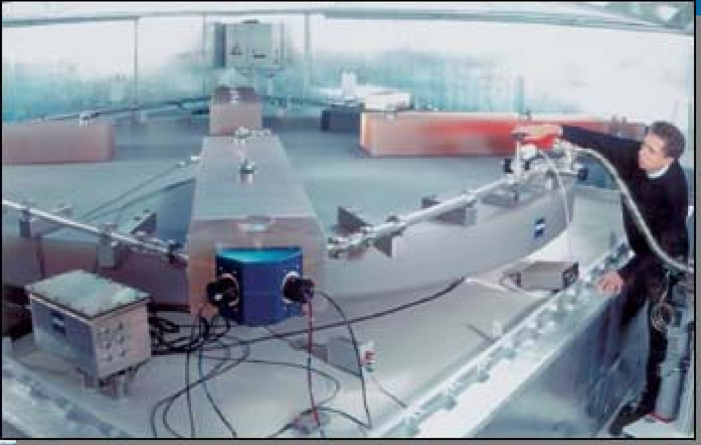




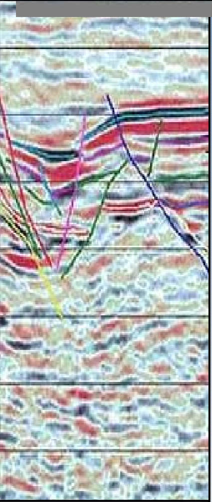
Korrelationslänge „Zufallsmedium“

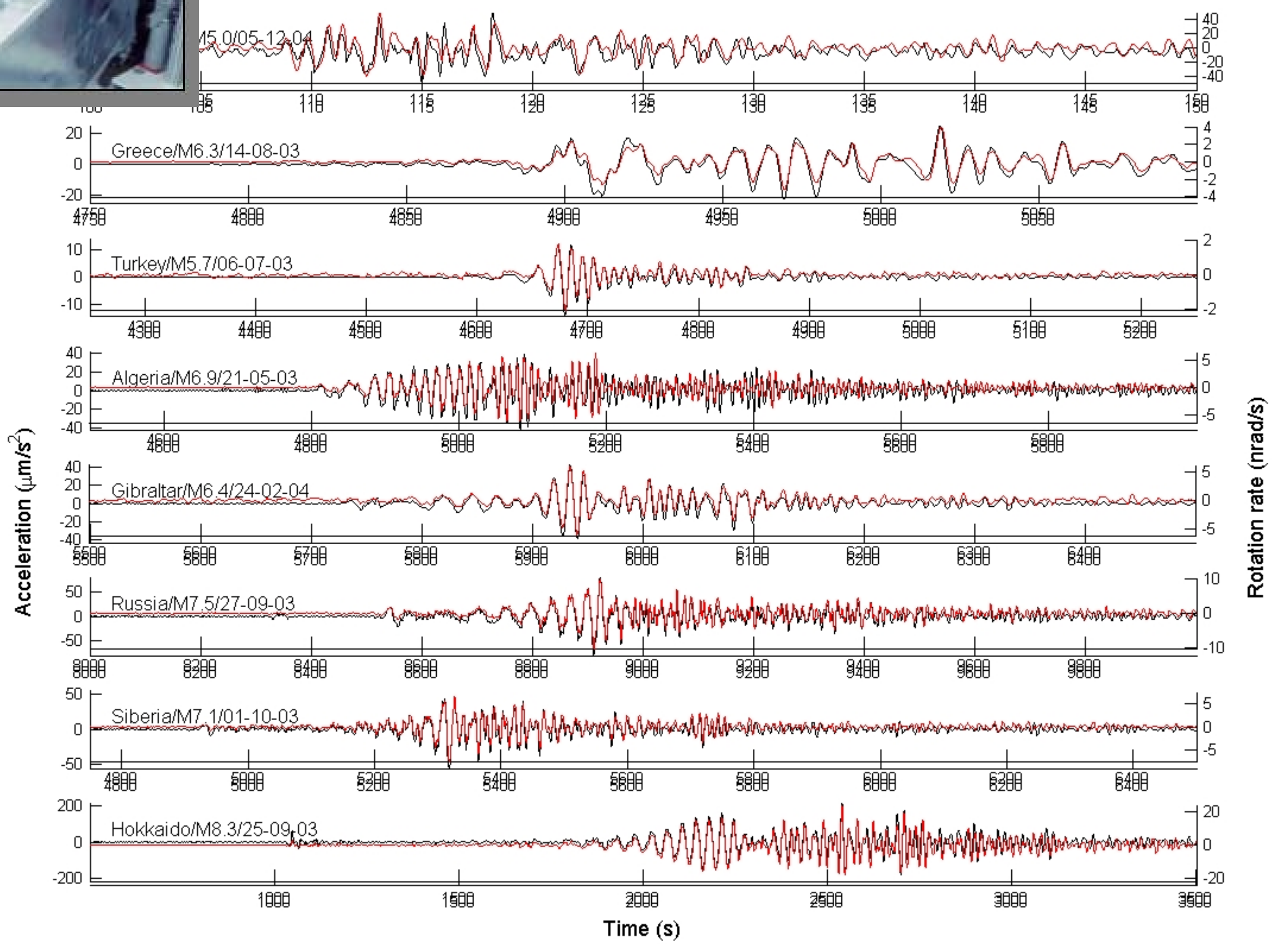


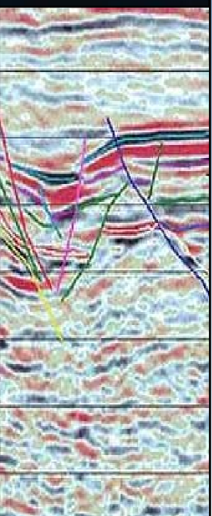
Exponential autocorrelation function. autocorrelation wavelength 32 km.
RMS S-wave velocity perturbation 1%.



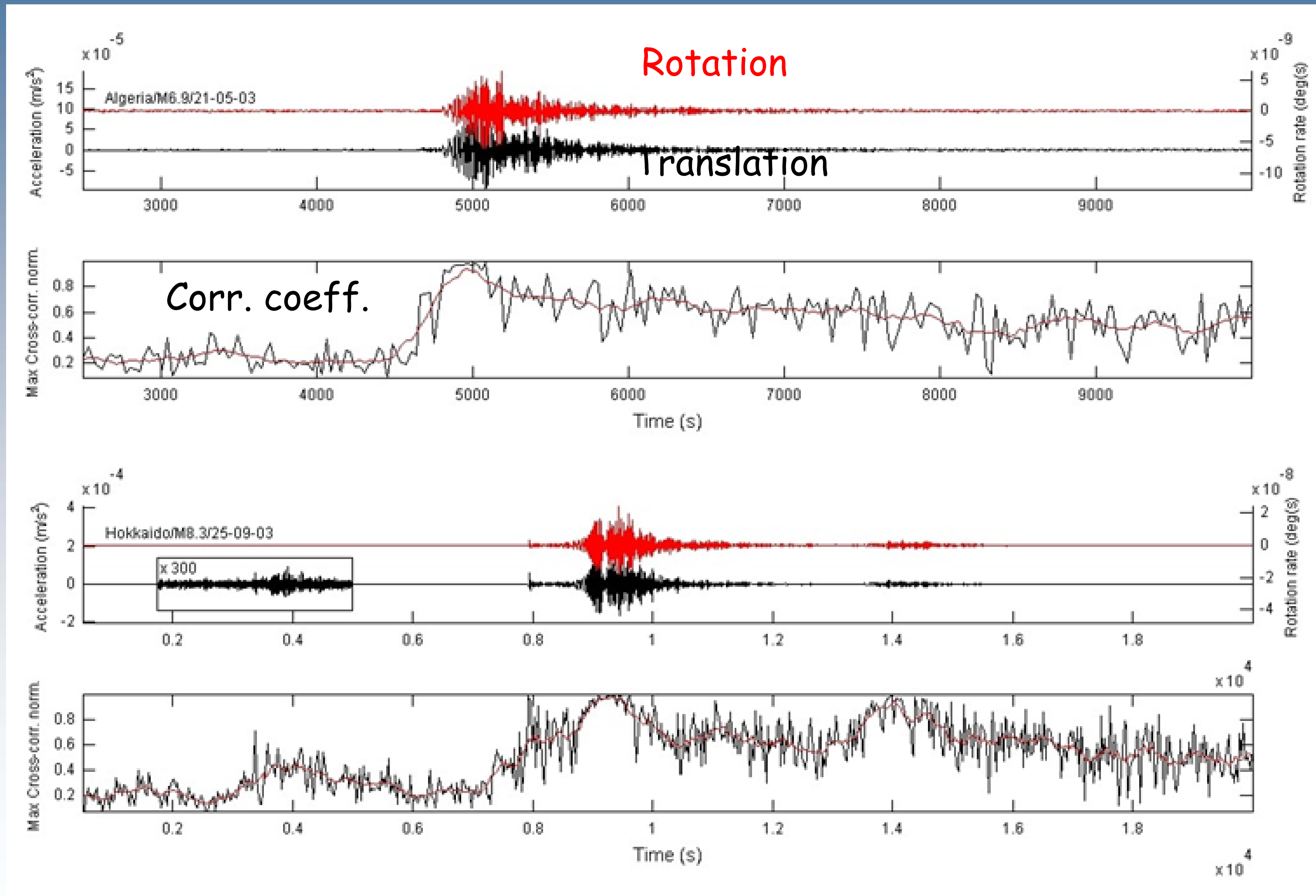
Ähnlichkeit Rotationsrate und transversale Beschleunigung



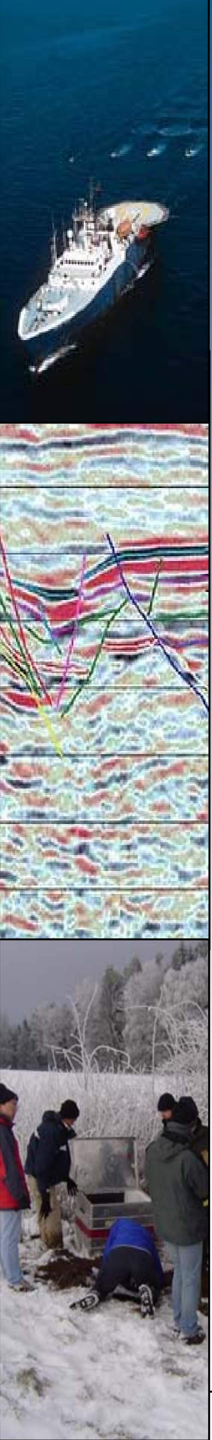




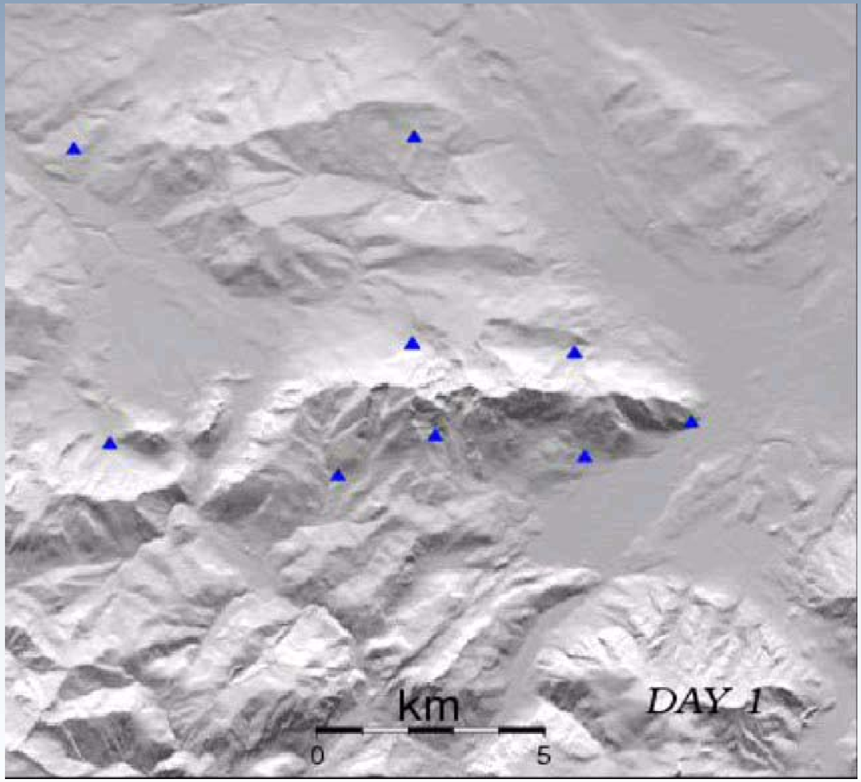
Kreuz-Korrelation
ein Beispiel – “Ähnlichkeit”



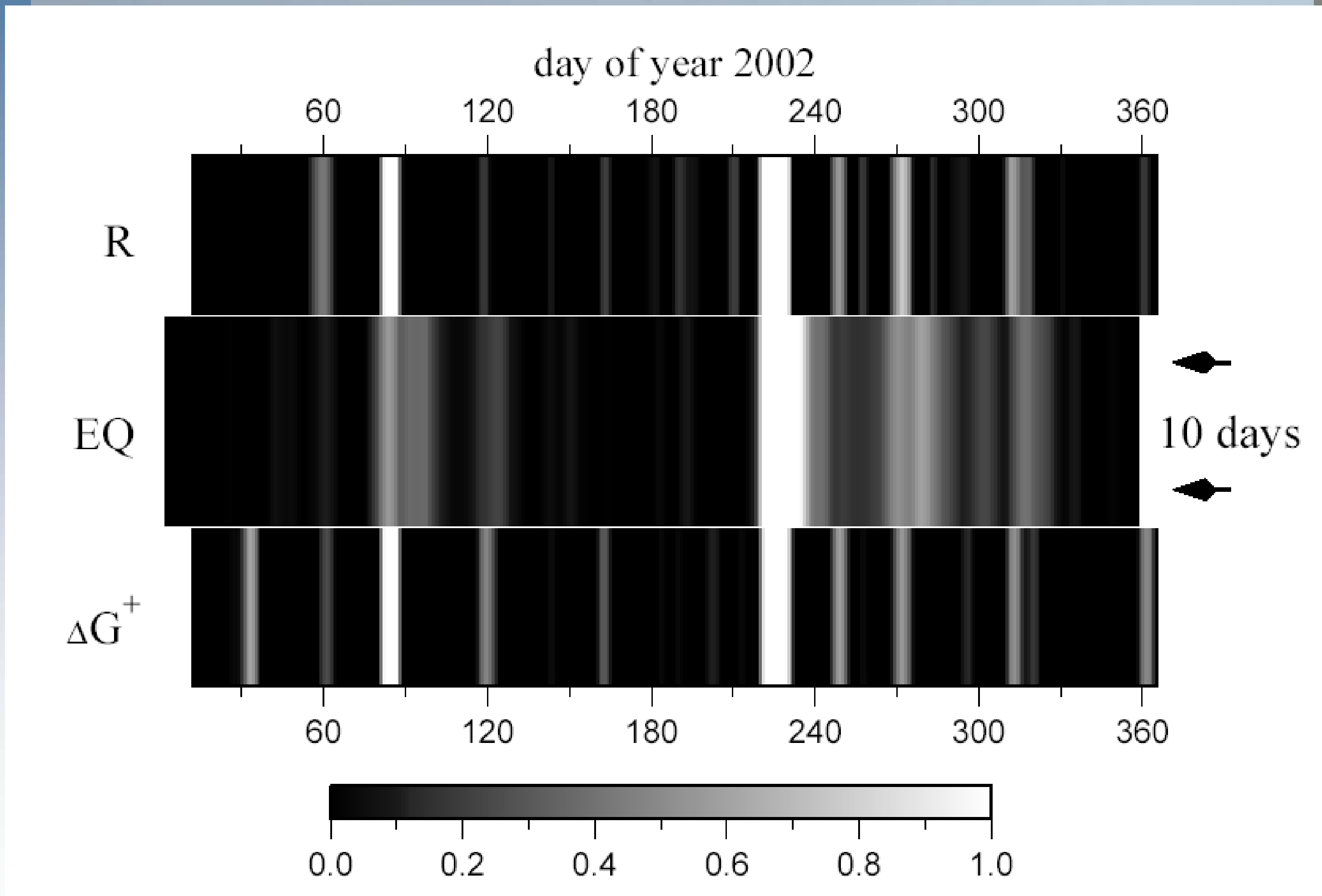
Seismizität 2002



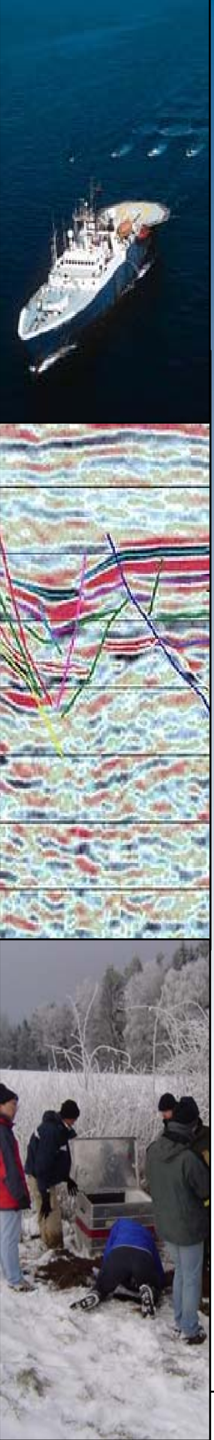
... Die Regenfälle, die im August zum Hochwasser führten, hatten ihren Höhepunkt am Tag 218 ...

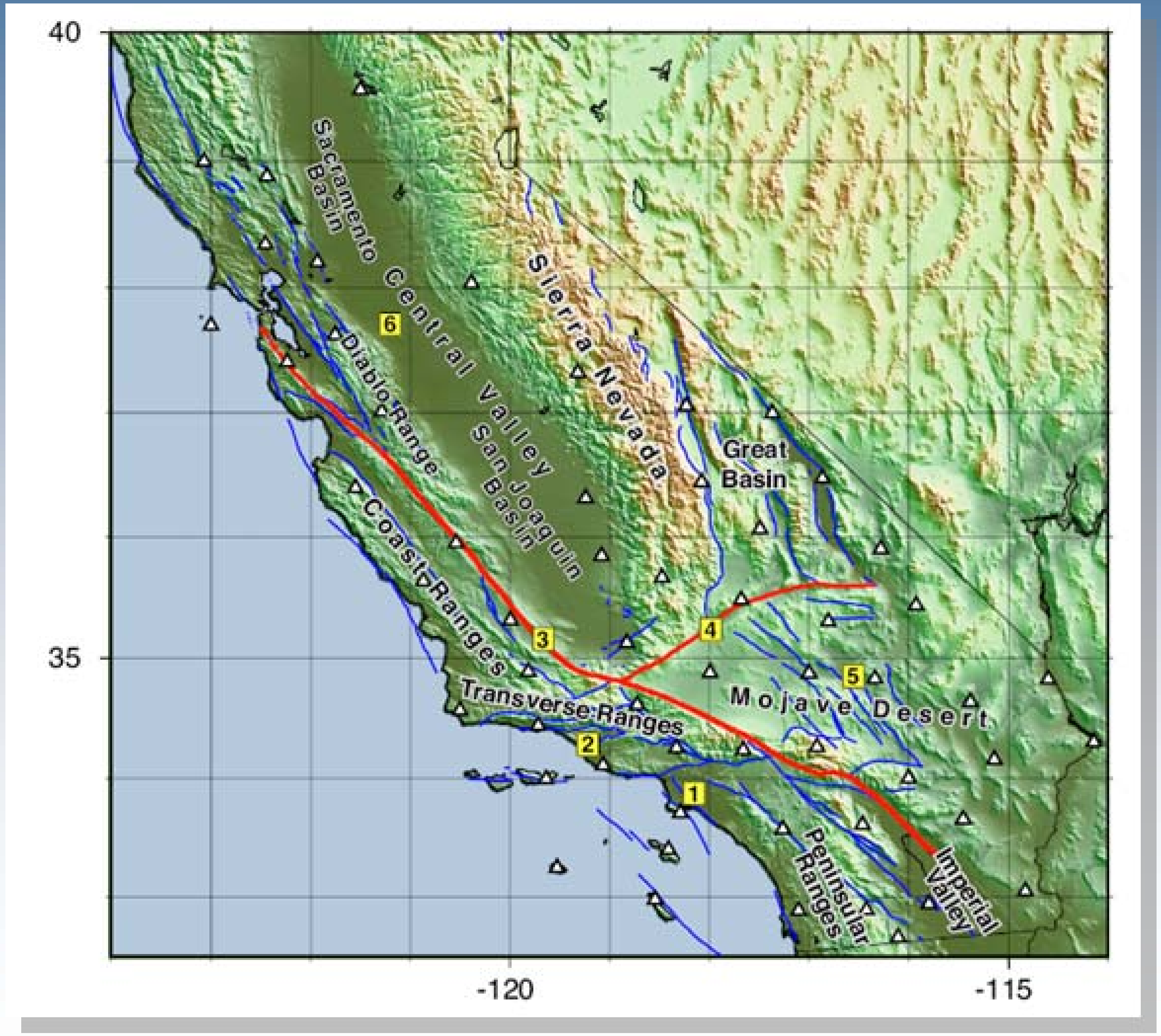


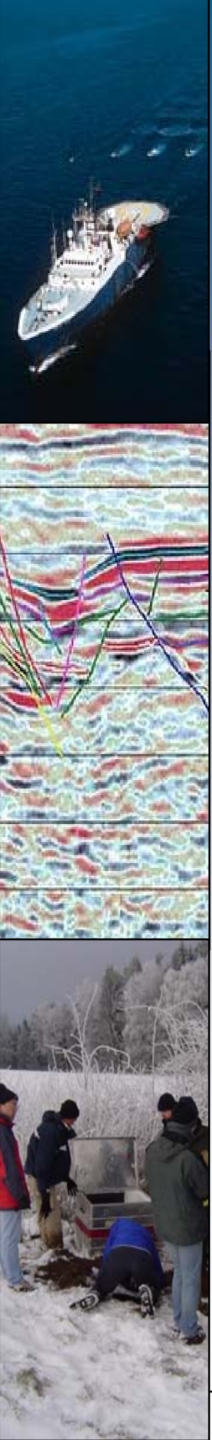
Externer Einfluss auf Erdbeben?



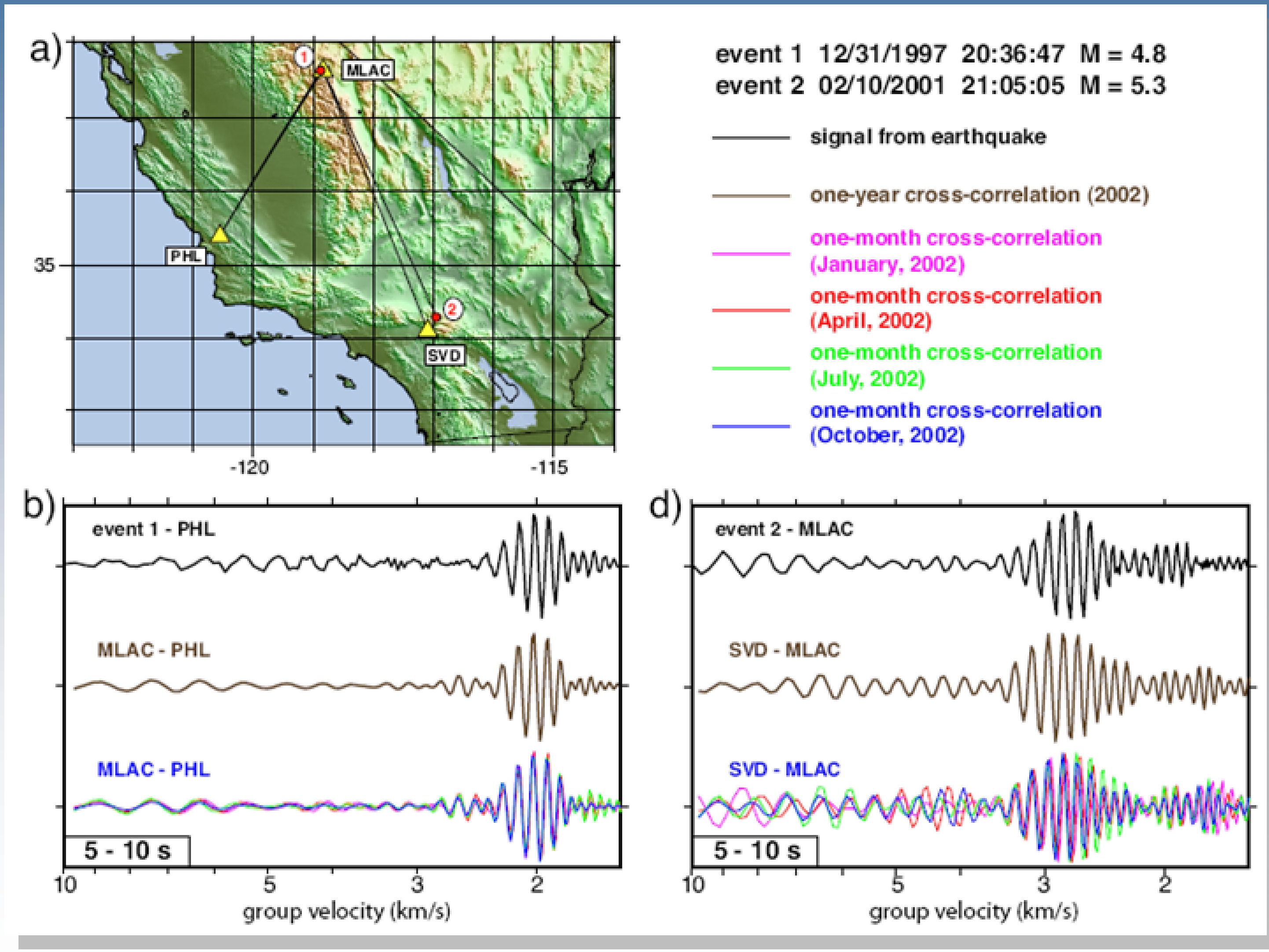
Tomografie mit Kreuzkorrelation

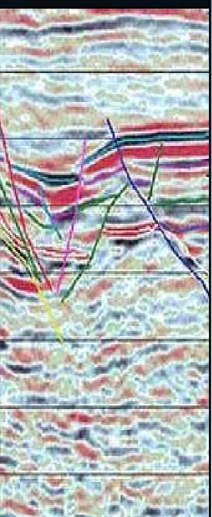




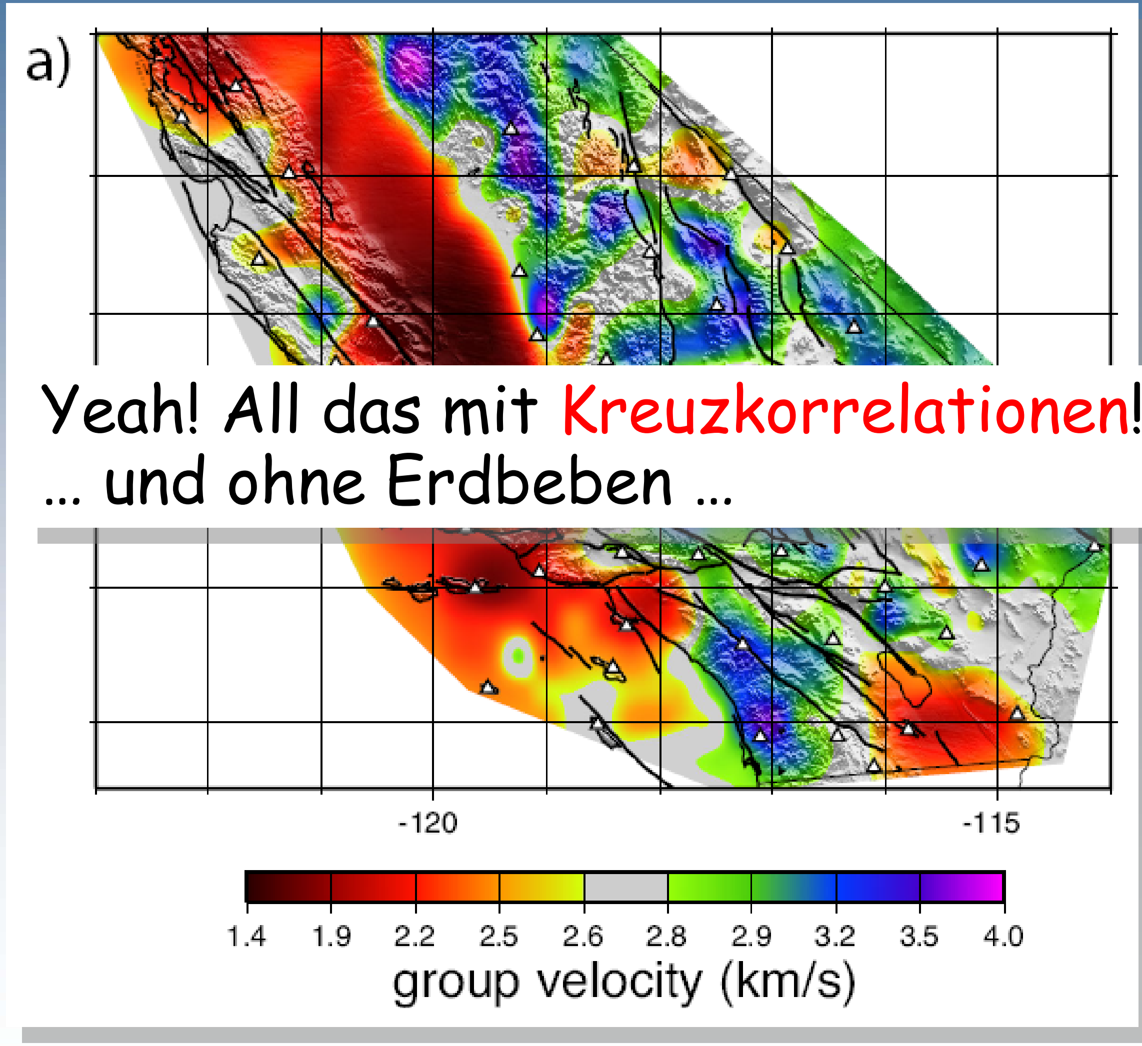


Green's Funktionen aus 1 Jahr „Rauschen": Vergleich mit Erdbeben (Shapiro et al., Science, 2005)

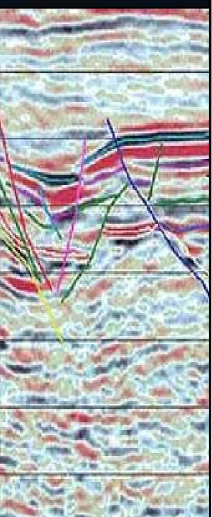




Tomografie von Kalifornien
7.5 s Rayleigh Wellen



Yeah! All das mit Kreuzkorrelationen!
… und ohne Erdbeben …

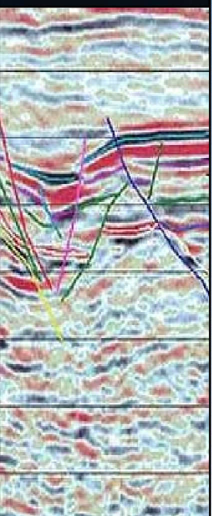




Digitales Filtern

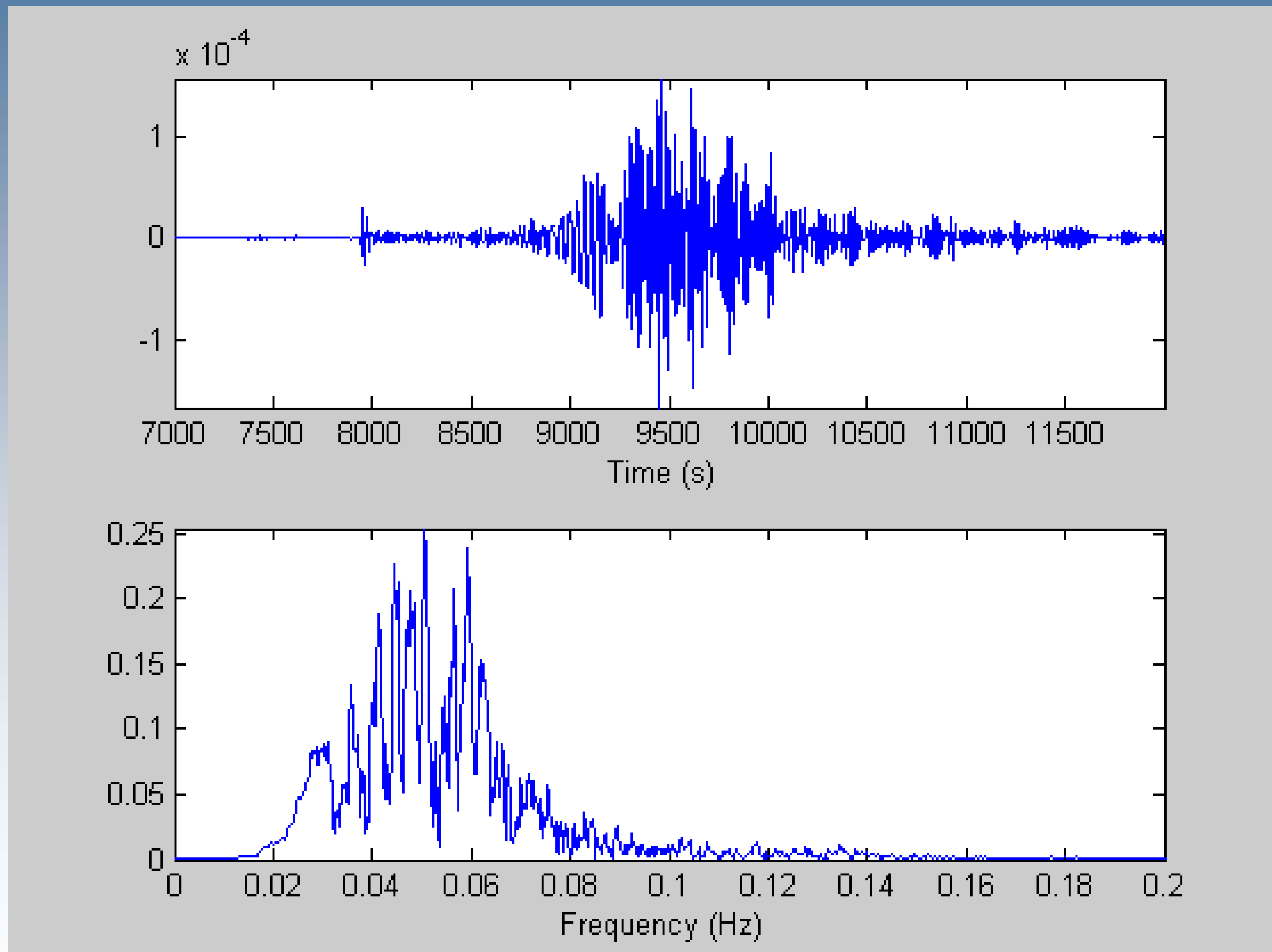
Oftmals beinhaltet ein aufgezeichnetes Signal eine Fülle von Informationen, an denen wir nicht interessiert sind (Rauschen, Störsignale). Um uns des Rauschens zu entledigen fügen wir einen Filter im Frequenzraum hinzu.

Die wichtigsten Filter sind:

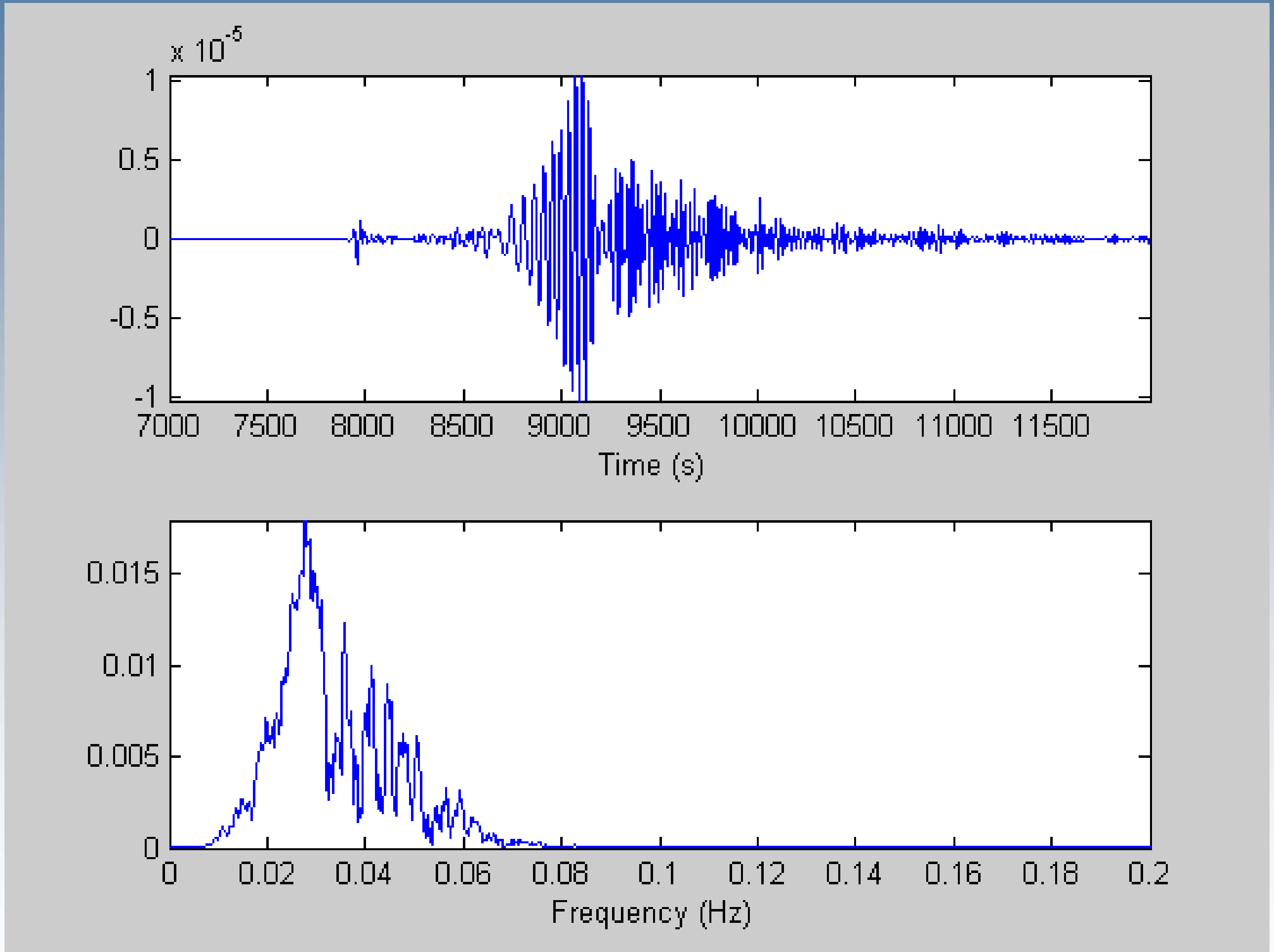
- Hochpass: schneidet niedrige Frequenzen ab
- Tiefpass: schneidet hohe Frequenzen ab
- Bandpass: schneidet hohe und tiefe Frequenzen heraus, und hinterlässt ein Band von mittleren Frequenzen
- Bandfilter: schneidet bestimmte Frequenzen heraus und hinterlässt alle anderen Frequenzen



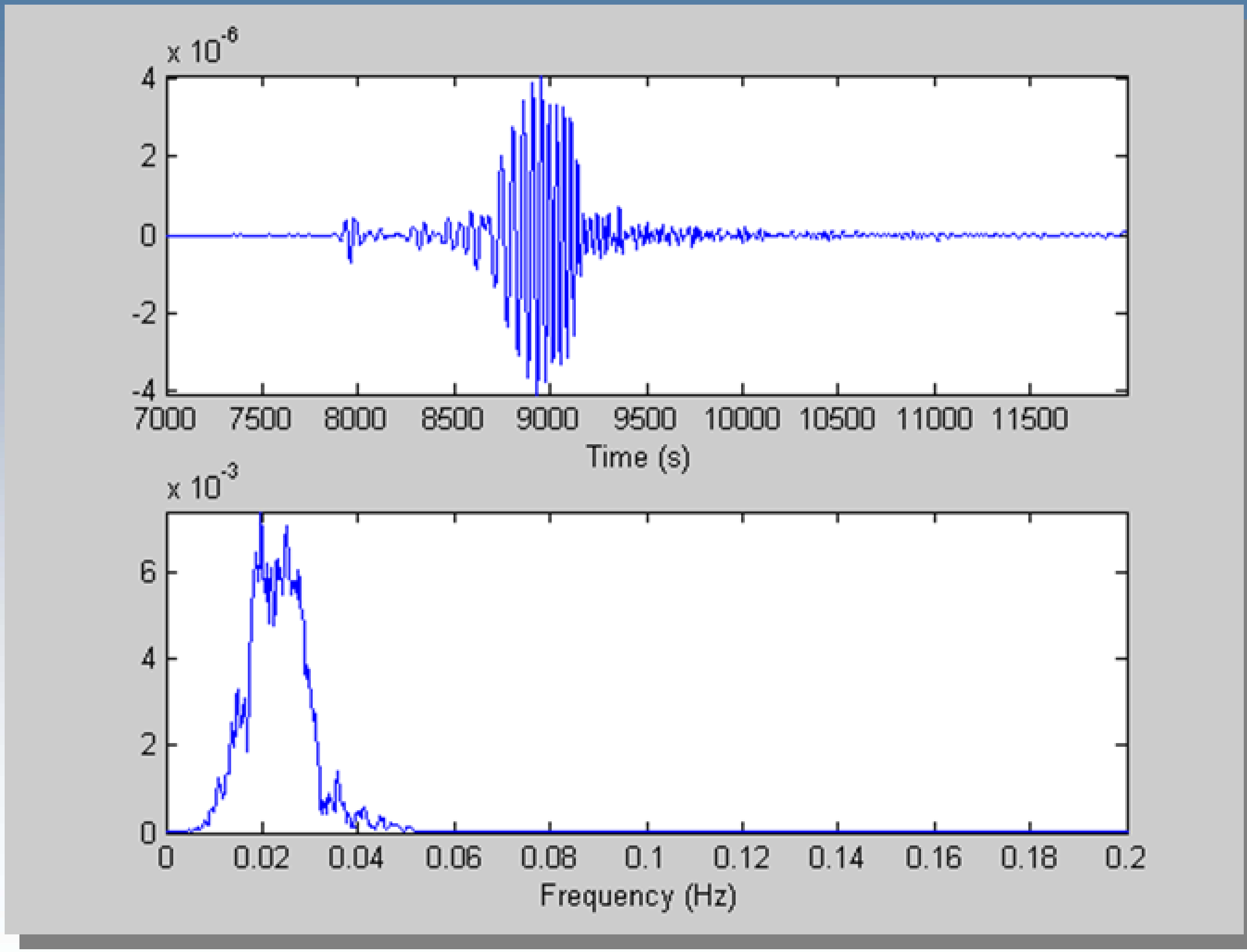
Digitales Filtern



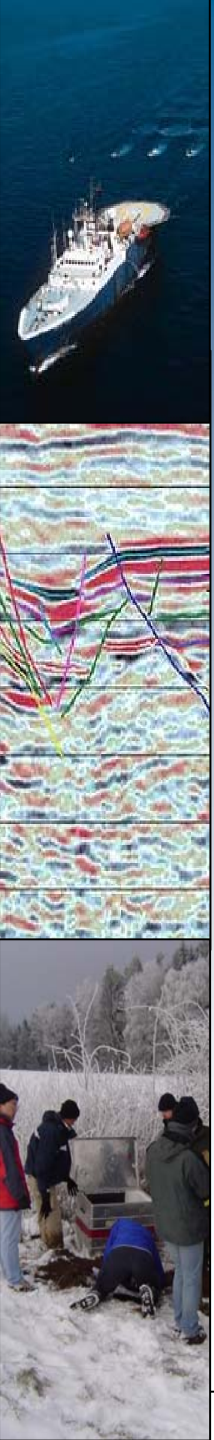
Tiefpass Filterung

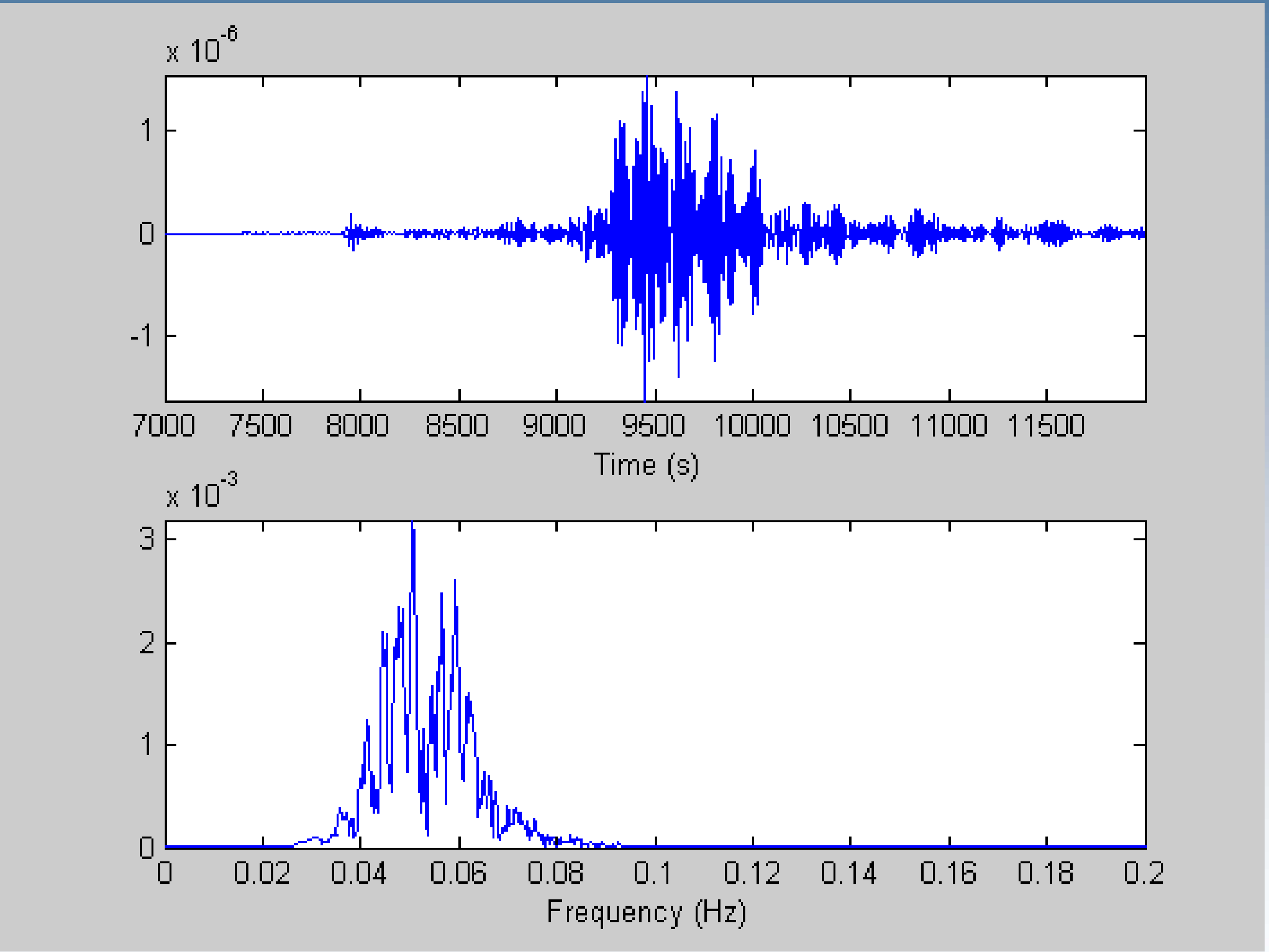


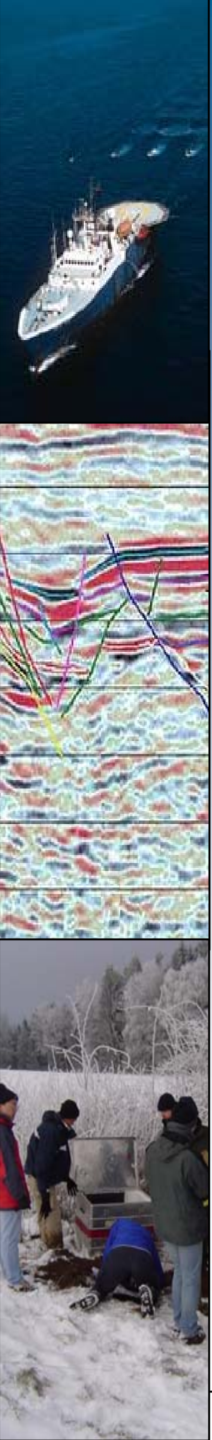
Tiefpass Filterung



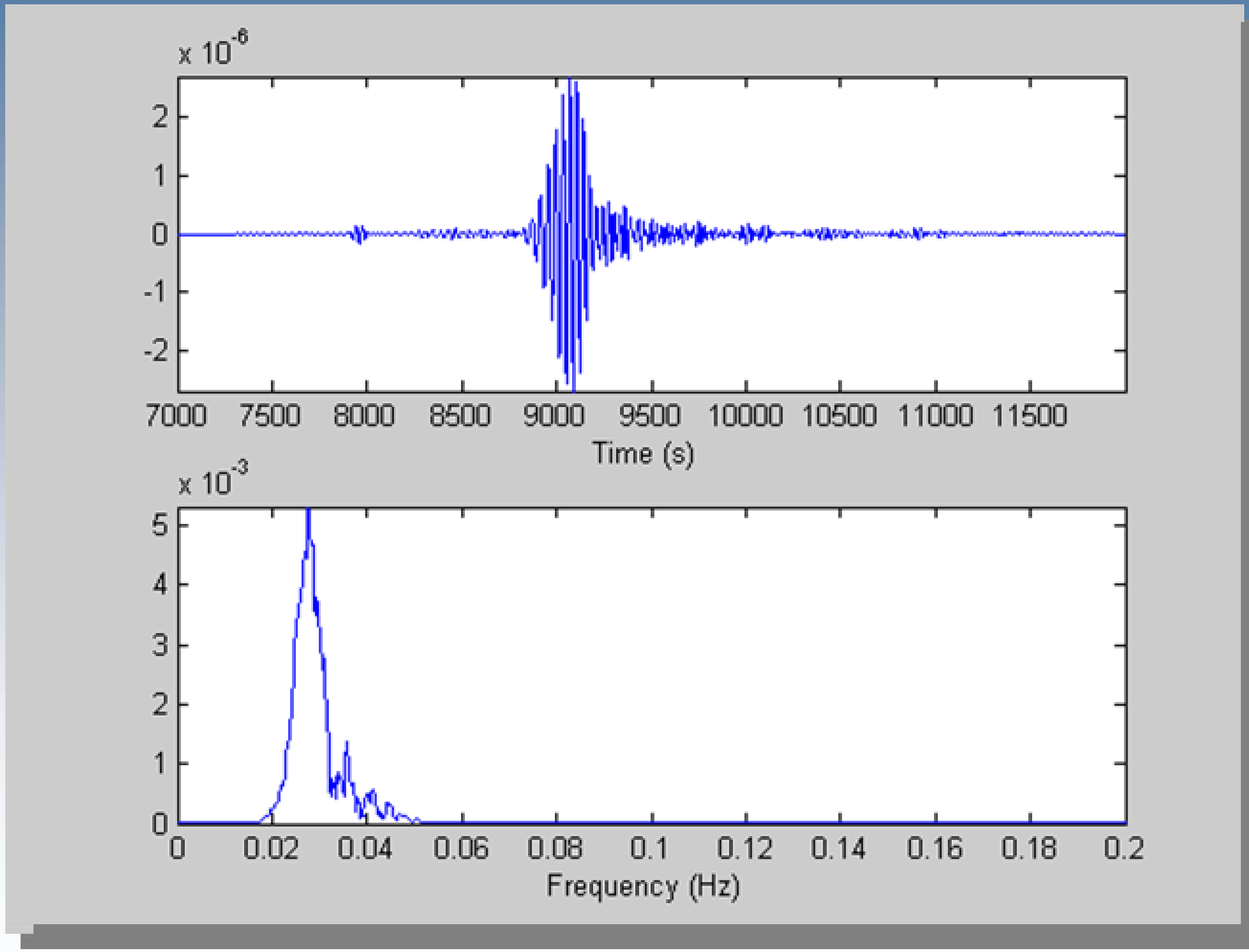
Hochpass Filter

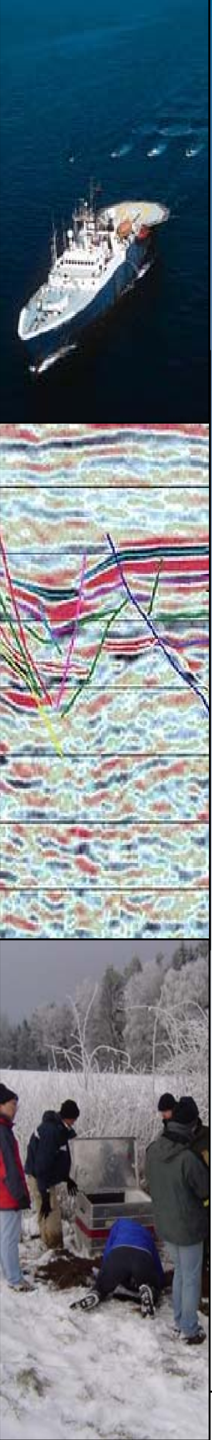




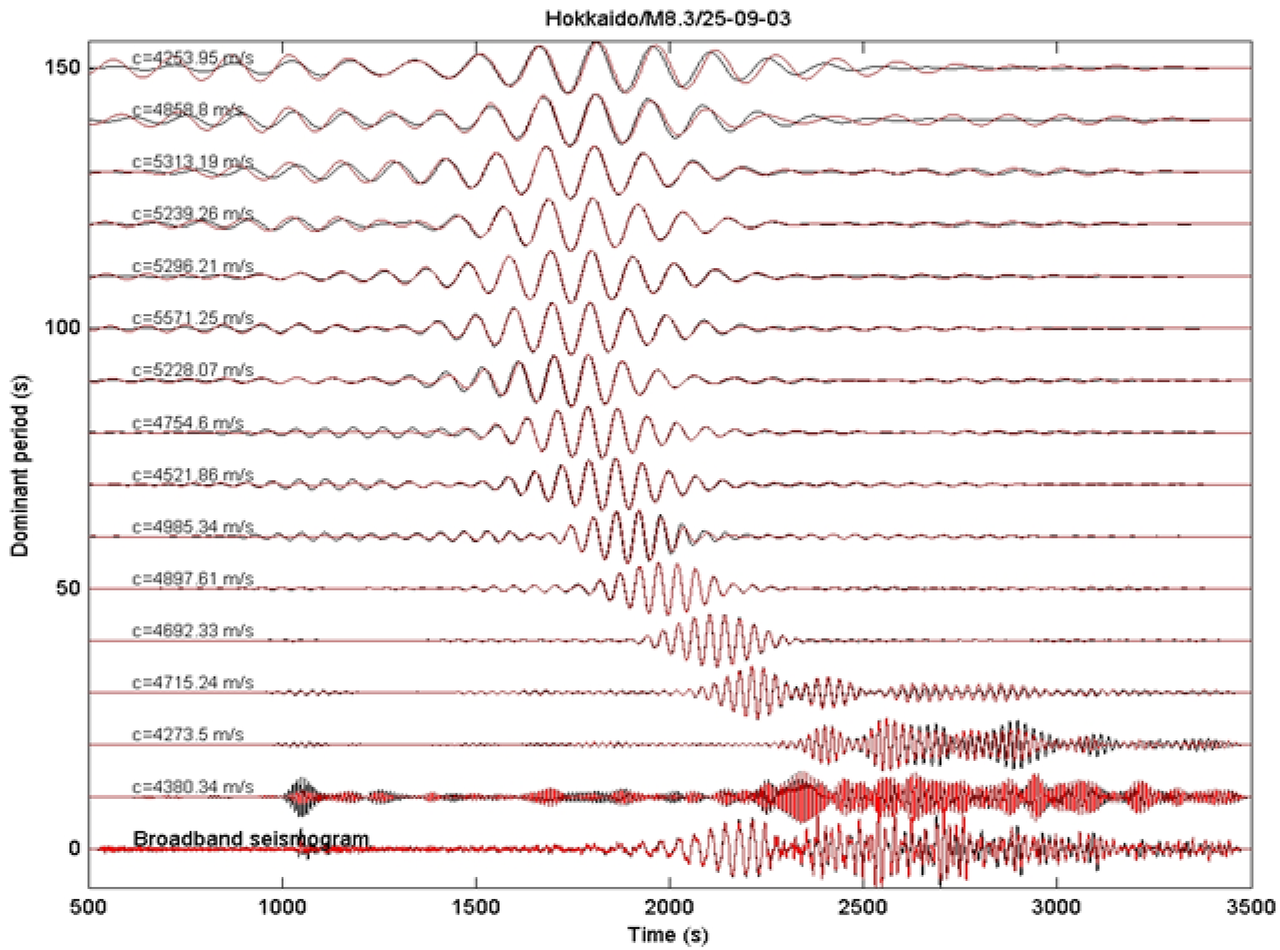


Bandpass Filter

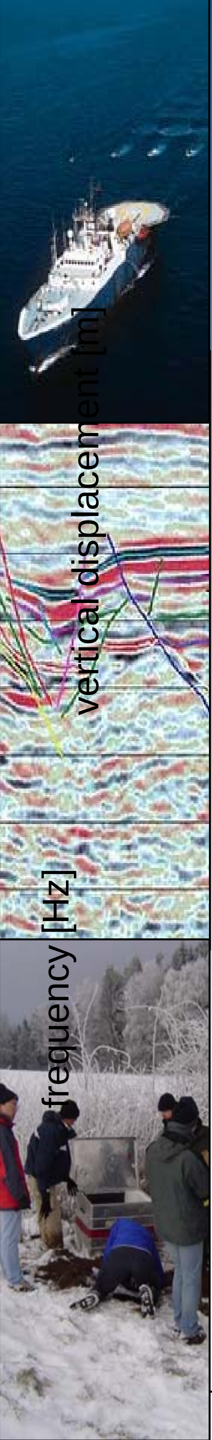


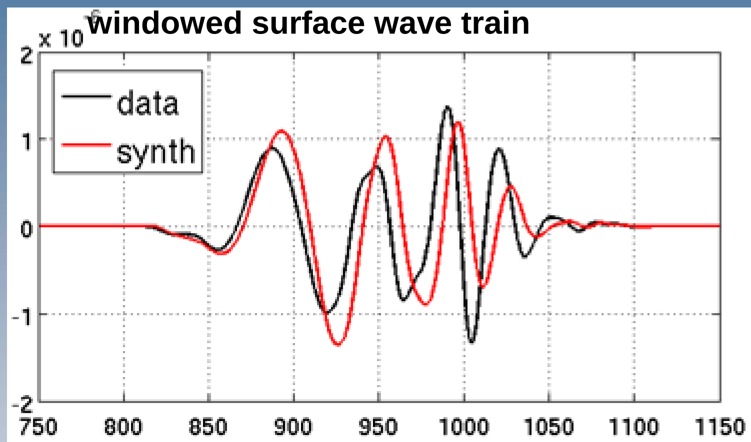


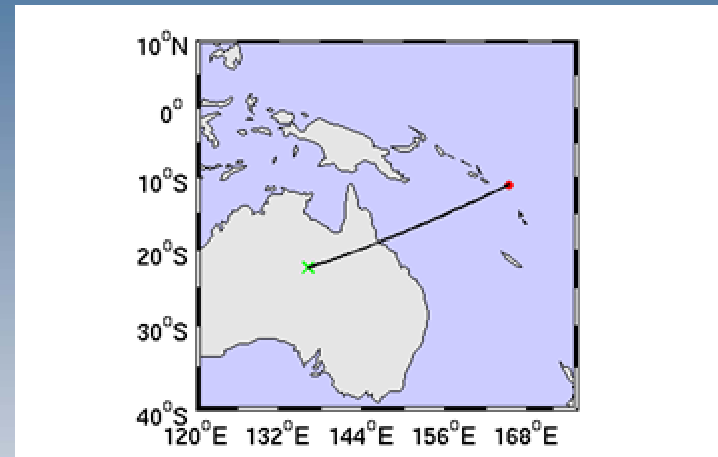
Bandpass Filter

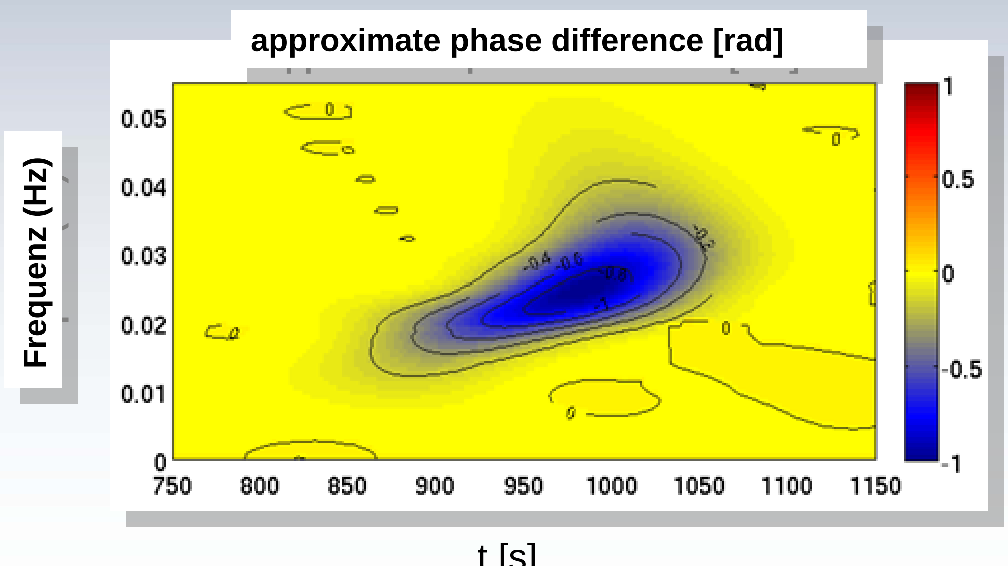


Seismische Tomografie:
Frequenzabhängige Korrelation (Laufzeitunterschiede)

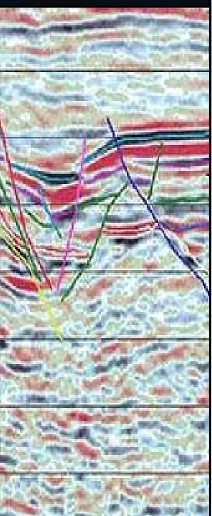




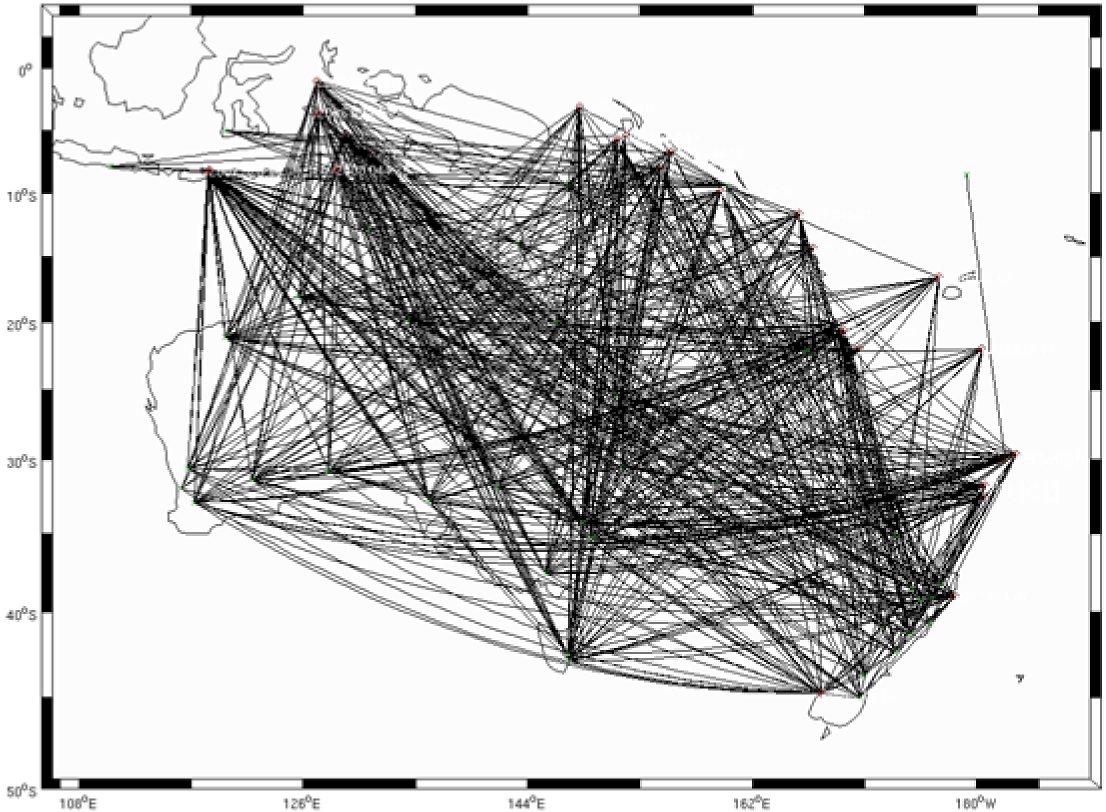




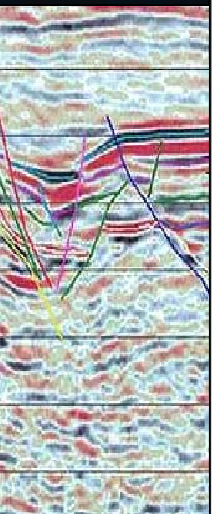
Quelle: A. Fichtner



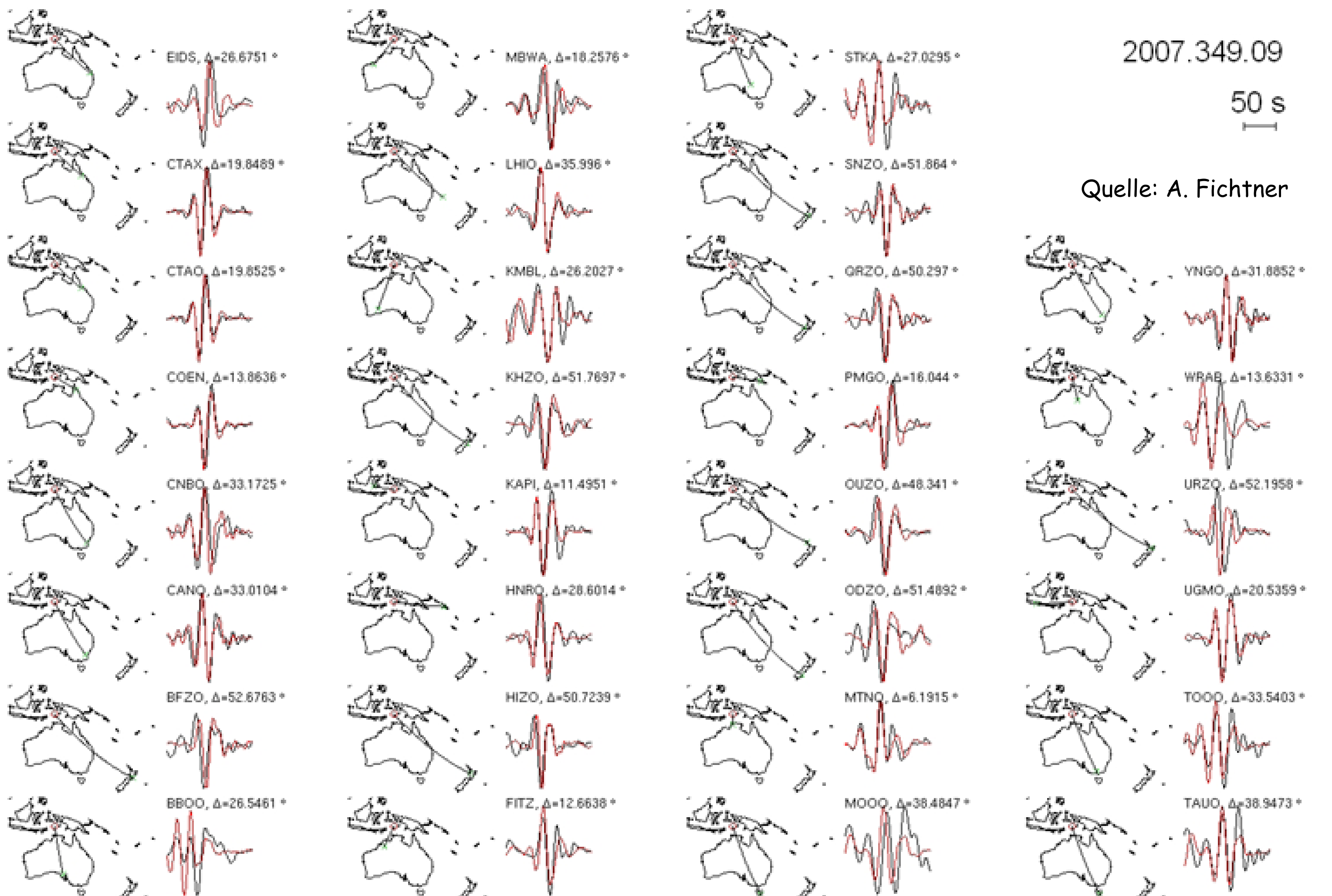
Wellenform Inversion: Beispiel Australien



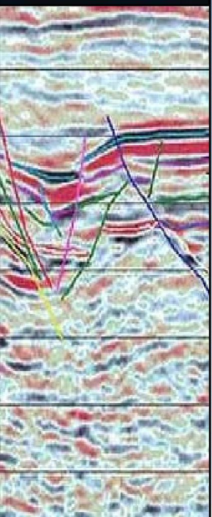
Quelle: A. Fichtner



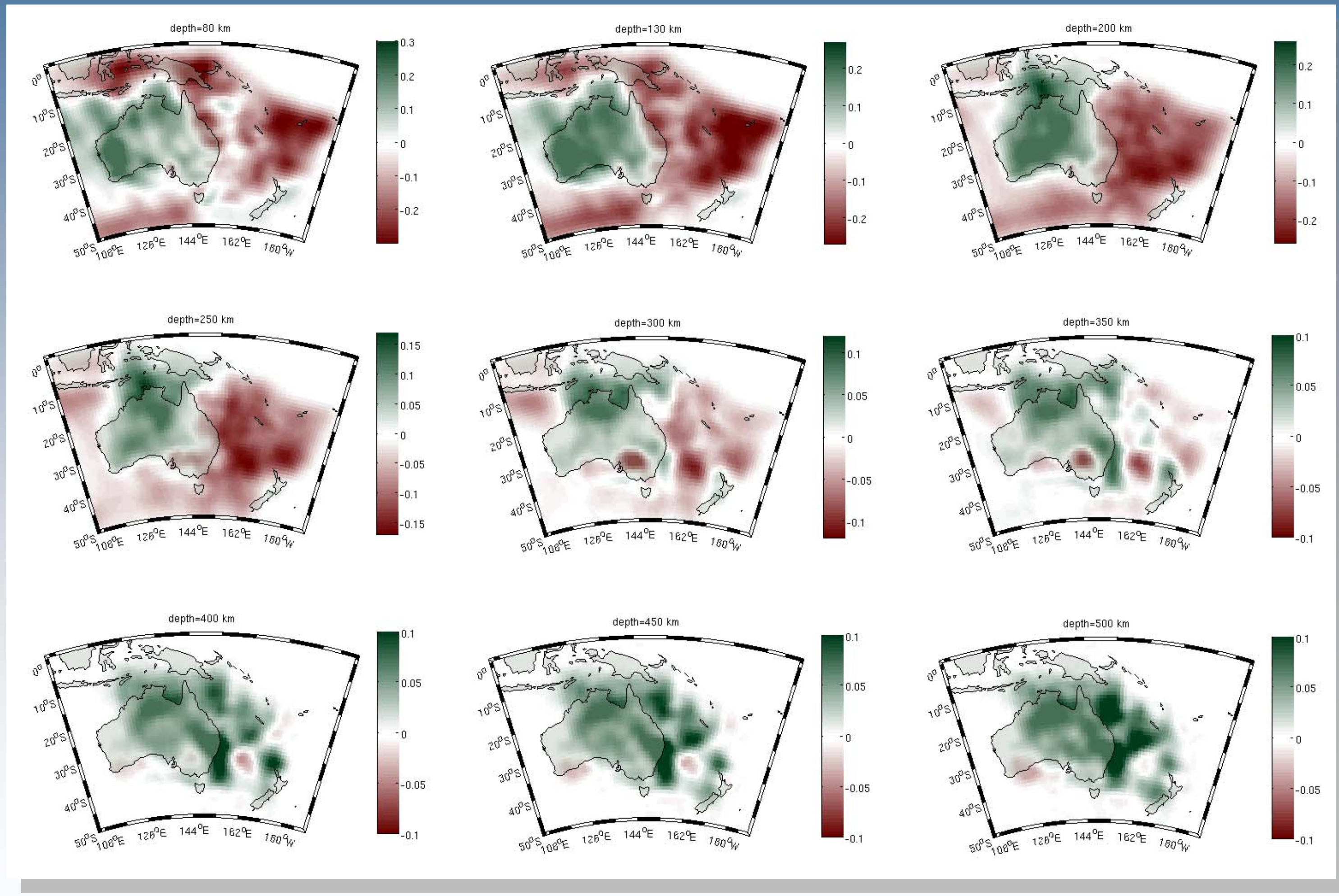
Wellenform Inversion: Beispiel Australien



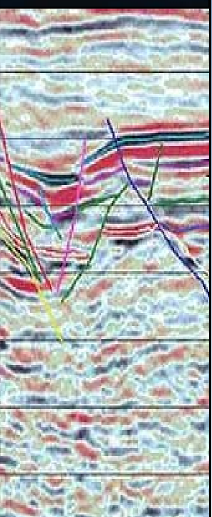
Quelle: A. Fichtner



Wellenform Inversion: Beispiel Australien



Quelle: A. Fichtner


Zusammenfasung

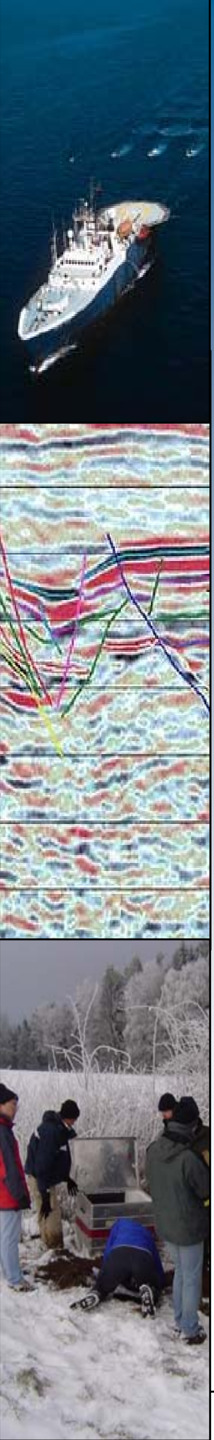
Heute beinhalten fast alle Datenanalysen die Spektral- und Filterungs- Methoden.

Die Konzepte sind:

(De-) Konvolution –> um die Response eines Systems auf einen bestimmte Eingabe zu erhalten

Korrelation -> um Signale nach ihrer Ähnlichkeit zu vergleichen und ihre Verschiebungen festzustellen. (Phasen Delays)

Fourier Transformation – Spektren - Filterung -> um bestimmte Frequenzen herauszuschneiden, und die interessanten Signale hervorzuheben.



Geschwindigkeit

Wie schnell breitet sich eine elastische Welle entlang der Seite einer Gitarre aus (a', ca. 500Hz)

a) 5 m/s
b) 500 m/s
c) 5 km/s