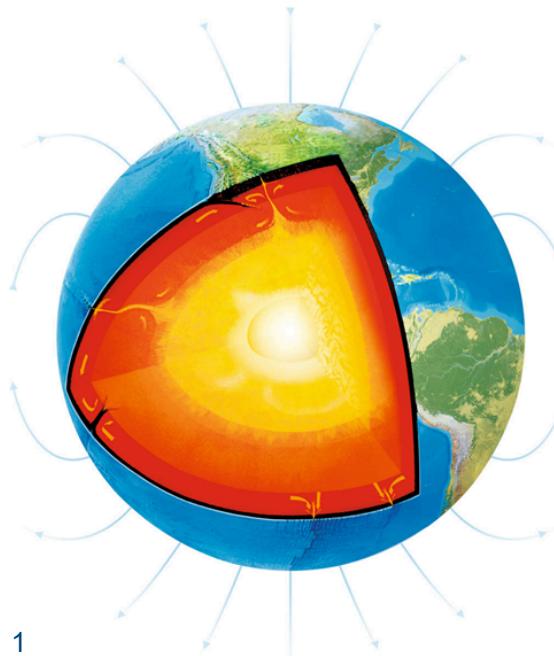


Einführung in die Geophysik

Teil 13: Ende Seismik & andere Methoden

2. BSc Geophysik und Geoinformatik (BGIP)



Thomas Günther
(thomas.guenther@geophysik.tu-freiberg.de)

Previously on AnGy

1. Gravimetrie (1.5)
2. Geomagnetik (2.5)
3. Geoelektrik+Inversion (3)
4. Induktive Elektromagnetik (1.5)
5. Georadar (0.5)
6. Seismik (2.5)
7. Weitere Methoden (0.25)
8. Workflow und Gemeinsame Interpretation (0.25)

Termine

Vorlesungen

- 1.7. Neue Erkundungsmethoden (Überblick)
- 8.7. Zusammenfassung und Fragestunde

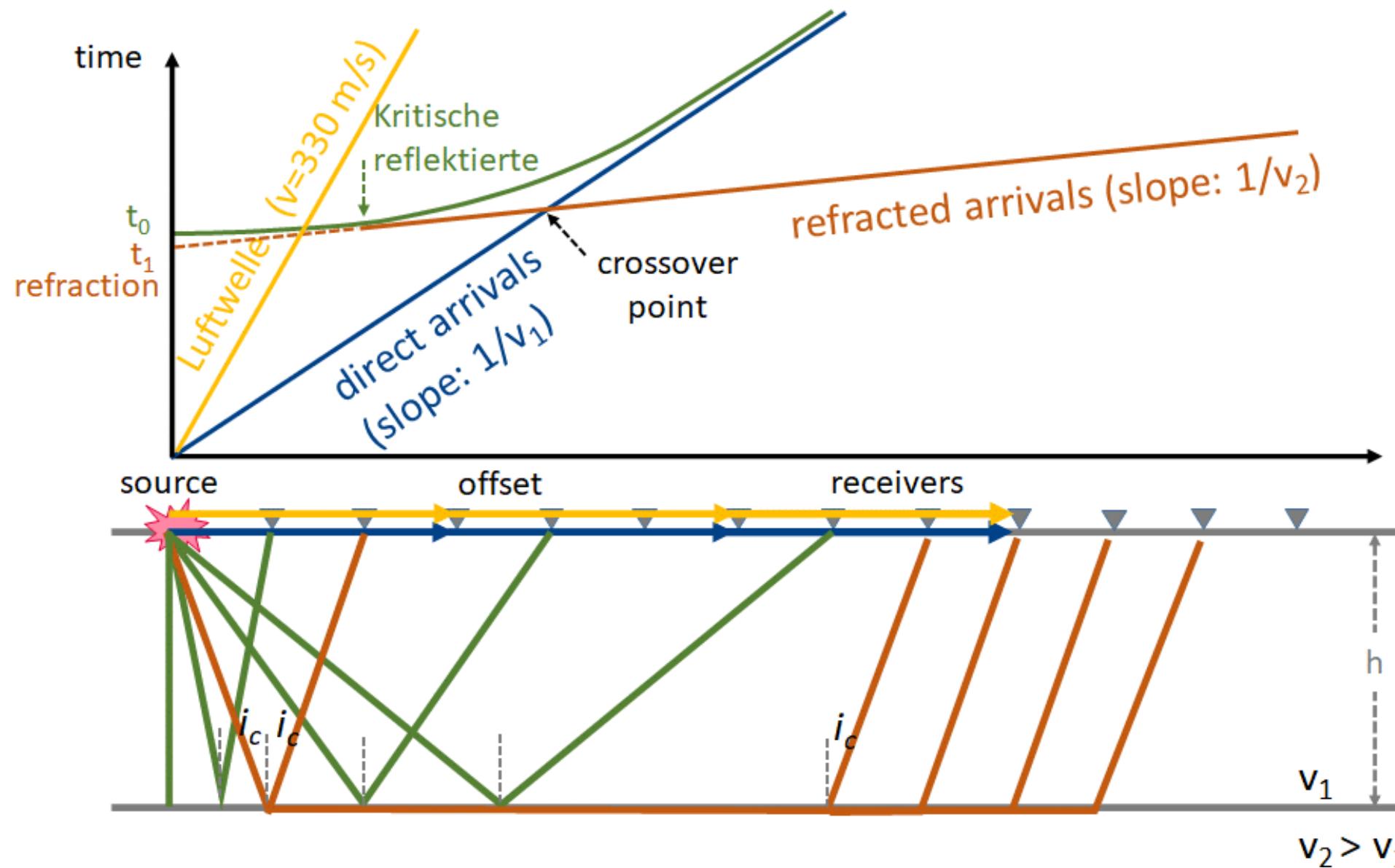
Übungen jeweils Freitags, 08-09:30 Uhr

- 04.07. Auswertung EM + Seismik: Linux-Pool
- 11.07. Zusammenfassung der Belege

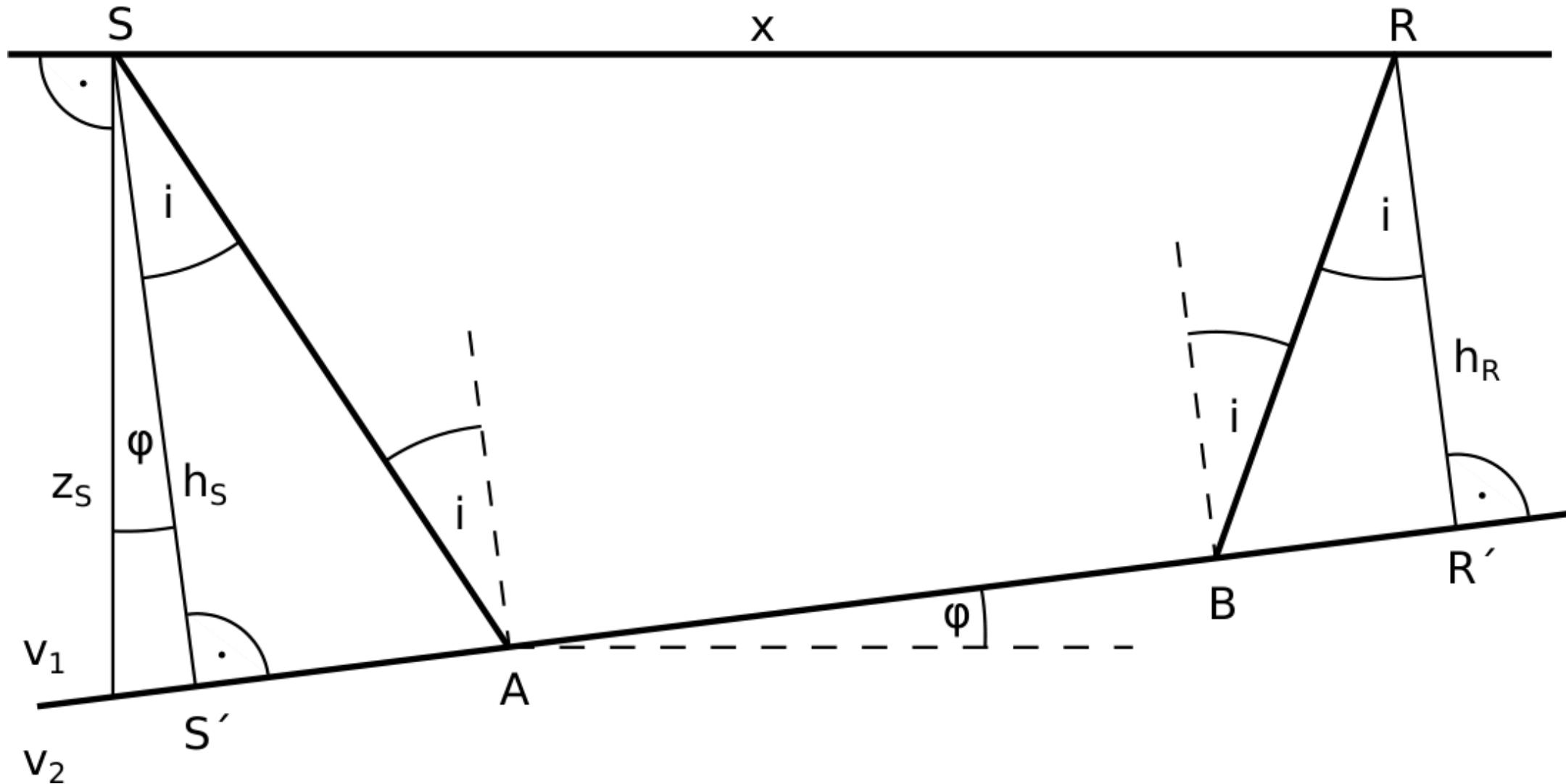
Recap Seismik

- Wellentypen: Raumwellen (P, S), Oberflächen (Love, Rayleigh)
- Reflexion und Transmission, Brechungsgesetze
- Reflektions- und Refraktionsseismik, Bohrloch
- Wellenausbreitung und Laufzeitkurven
- Refraktion: ebener und geneigter Refraktor

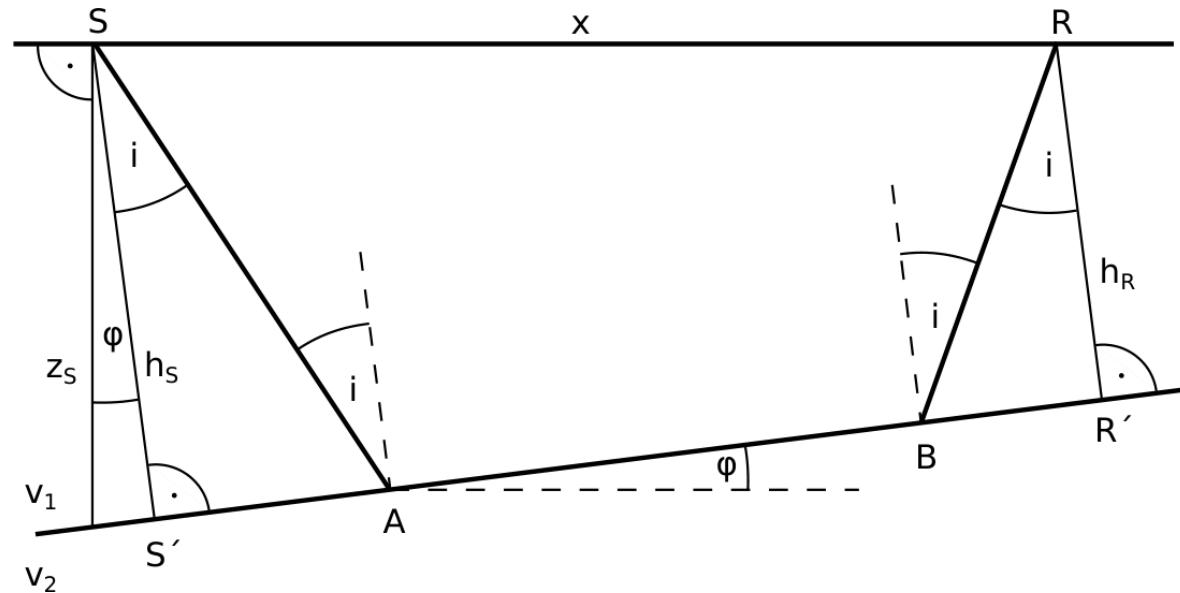
Ausbreitungswege und Laufzeitkurven



Der geneigte Refraktor



Refraktion am geneigten Refraktor



$$t = \frac{\overline{SA}}{v_1} + \frac{\overline{AB}}{v_2} + \frac{\overline{BR}}{v_1}$$

$$t = \frac{\overline{SA}}{v_1} + \frac{\overline{AB}}{v_1} \sin i + \frac{\overline{BR}}{v_1}$$

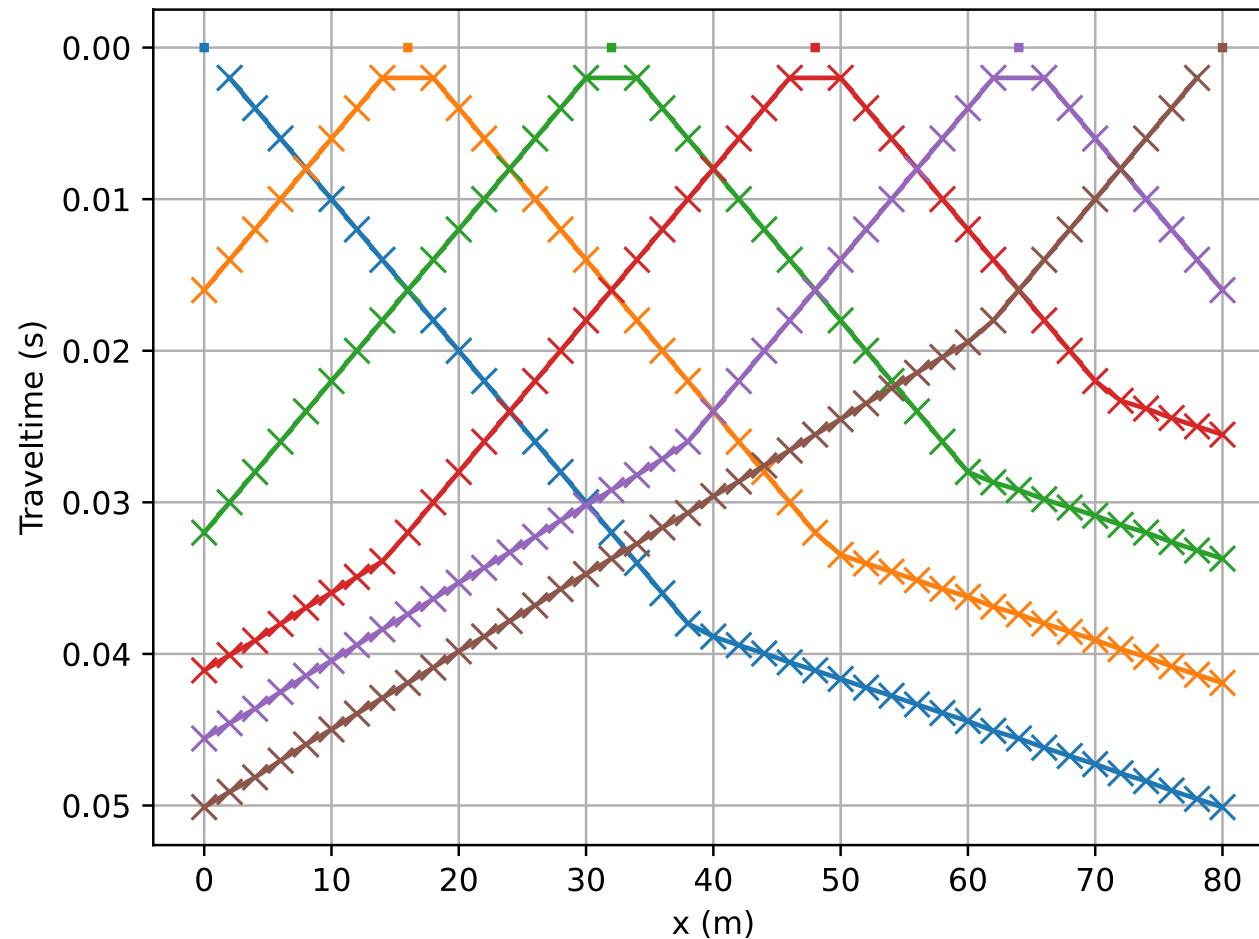
$$tv_1 = 2z_S \cos i \cos \phi + x \sin(i - \phi)$$

Bestimmung Neigung direkte Welle (v_1) und refraktierte für Hin- und Rückschuss

$$\text{Hinschuss } t^+ = t_i^+ + x \frac{\sin(i-\phi)}{v_1}$$

$$\text{Rückschuss } t^- = t_i^- + x \frac{\sin(i+\phi)}{v_1}$$

Beispiel Notebook



Steigung Hin- != Rückschuss!

Hinschuss: $\frac{\sin(i-\phi)}{v_1} = \frac{1}{v_2^H}$,

hier $37\text{m}/10\text{ms}=3700\text{m/s}$

Rückschuss: $\frac{\sin(i+\phi)}{v_1} = \frac{1}{v_2^R}$,

hier $20\text{m}/10\text{ms}=2000\text{m/s}$

Hin+Rückschuss

Hinschuss: $\sin(i - \phi) = \frac{v_1}{v_2^H}$, Rückschuss: $\sin(i + \phi) = \frac{v_1}{v_2^R}$

$$\sin(i \pm \phi) = \sin(i) \cos(\phi) \pm \cos(i) \sin(\phi) \approx \sin(i) \pm \phi \cos(i)$$

Addition der beiden Gleichungen ergibt $2 \sin i$

$$\sin(i) = \frac{v_1}{v_2} \approx \frac{v_1}{2} \left(1/v_2^R + 1/v_2^H \right) \Rightarrow \frac{1}{v_2} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{v_2^H} + \frac{1}{v_2^R} \right)$$

= harmonisches Mittel der Scheingeschwindigkeiten (Slowness-Mittel)

Zusammenfassung geneigter Refraktor

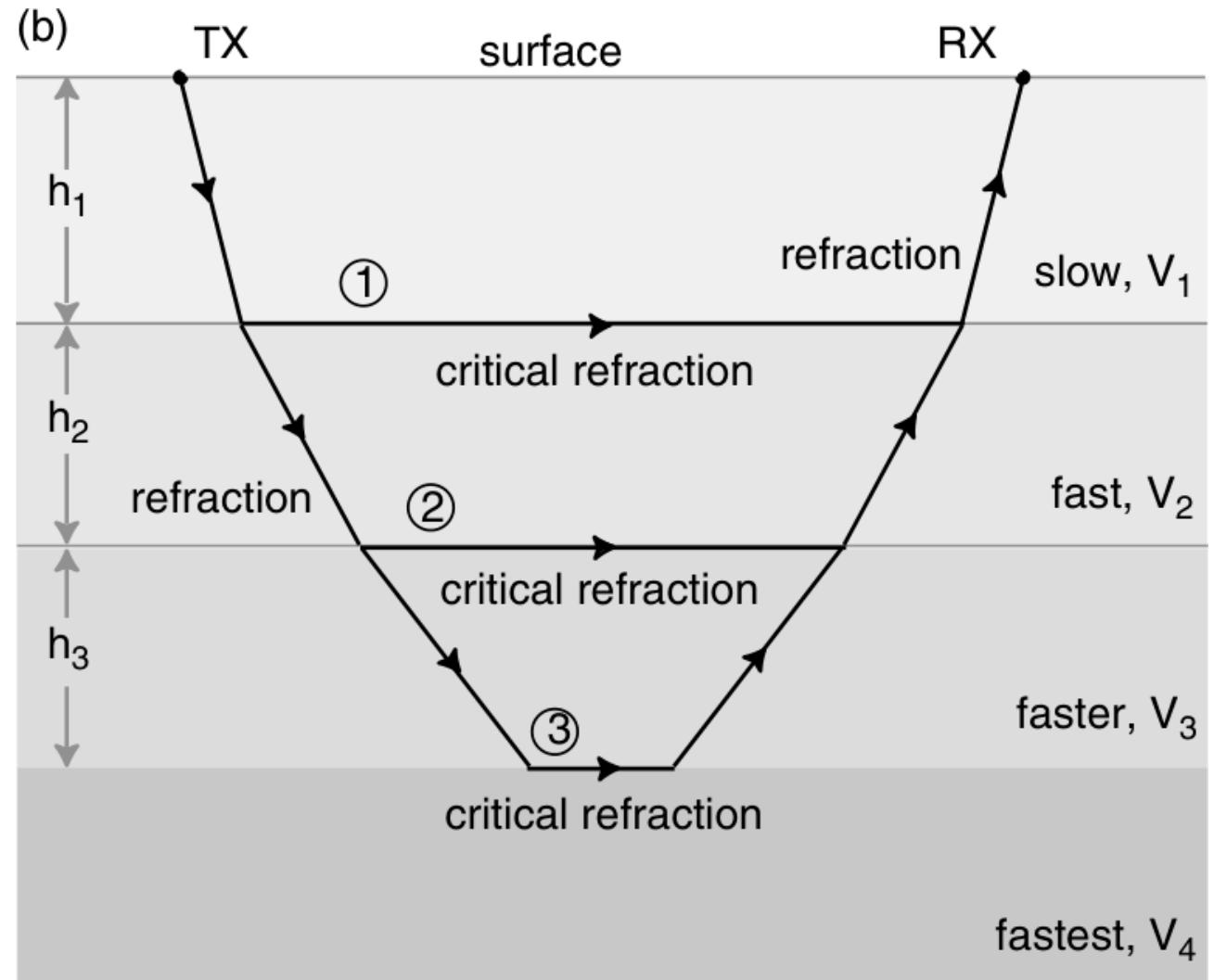
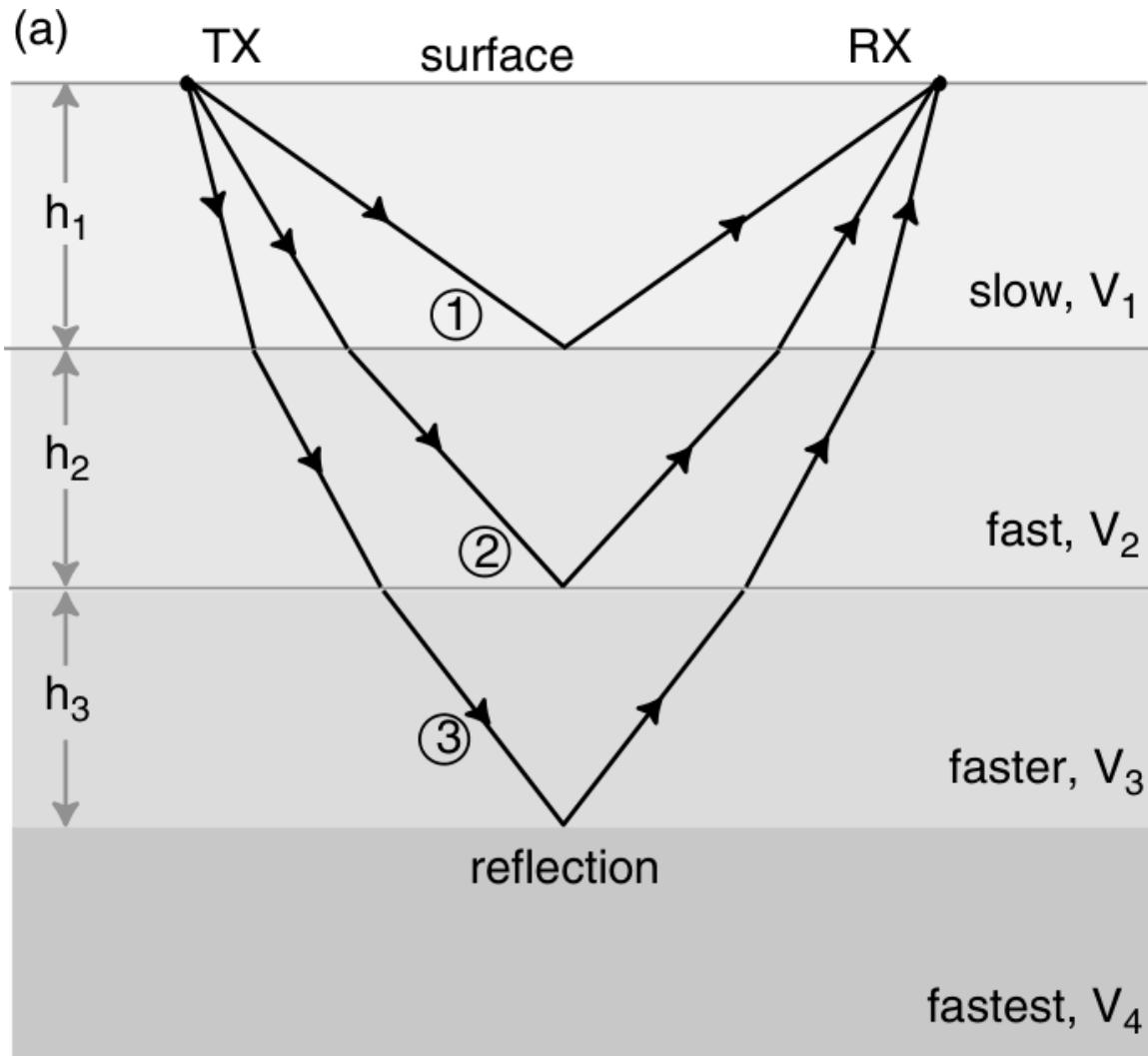
1. Bestimmung von v_1 über Steigung der direkten Welle
2. Bestimmung v_2 aus Scheingeschwindigkeiten der Refraktierten

$$\frac{1}{v_2} \approx \frac{1}{2} \left(\frac{1}{v_2^S} + \frac{1}{v_2^R} \right)$$

3. Schichtmächtigkeiten unter Schusspunkten aus Interceptzeiten:

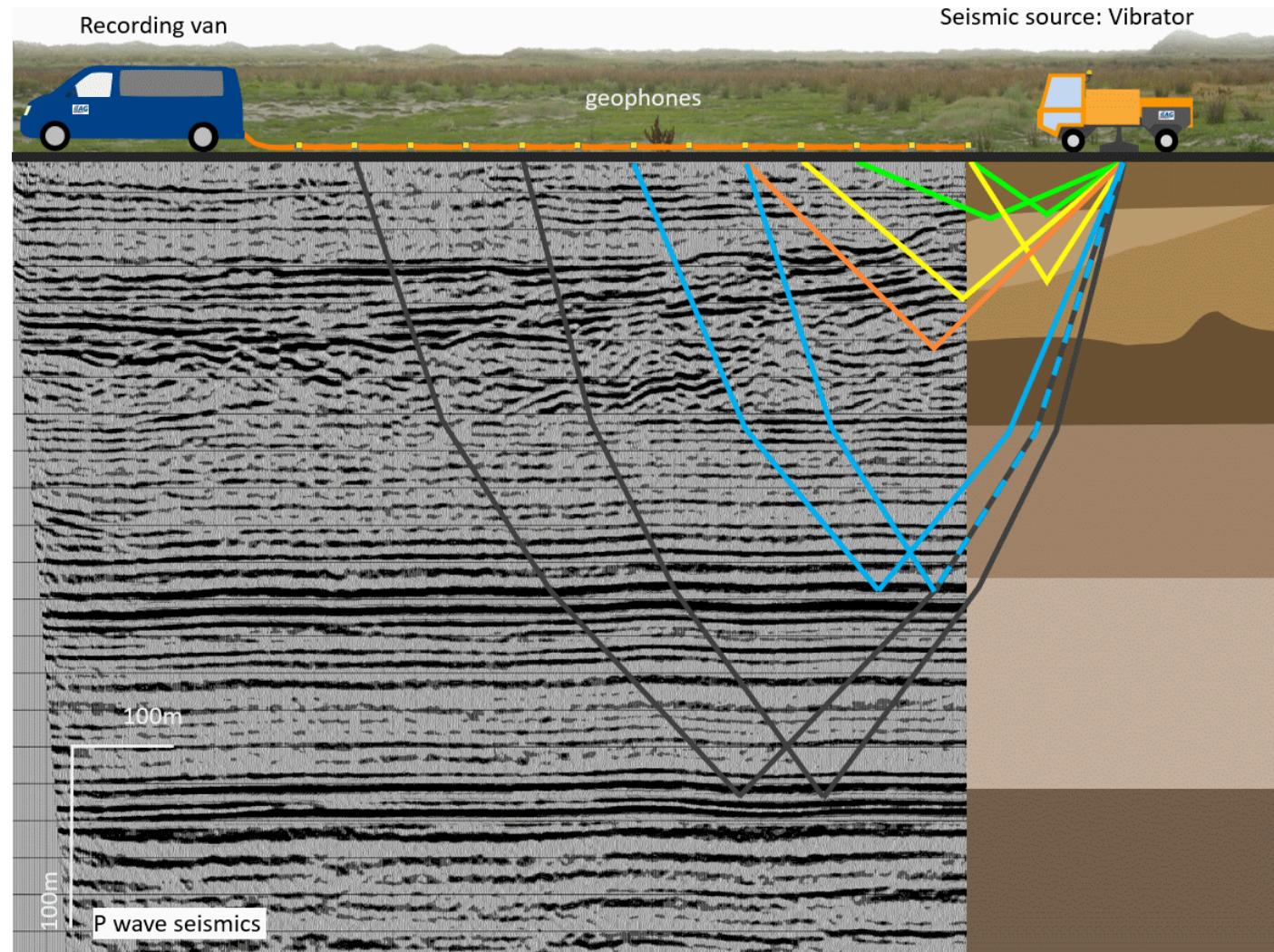
$$i = \sin^{-1} \frac{v_1}{v_2}, \phi = \frac{1}{2} \left(\sin^{-1} \frac{v_1}{v_2^S} - \sin^{-1} \frac{v_1}{v_2^R} \right) \text{ & } z_{S/R} = \frac{v_1 t_i^{S/R}}{2 \cos i \cos \phi}$$

Refraktion vs. Reflektion



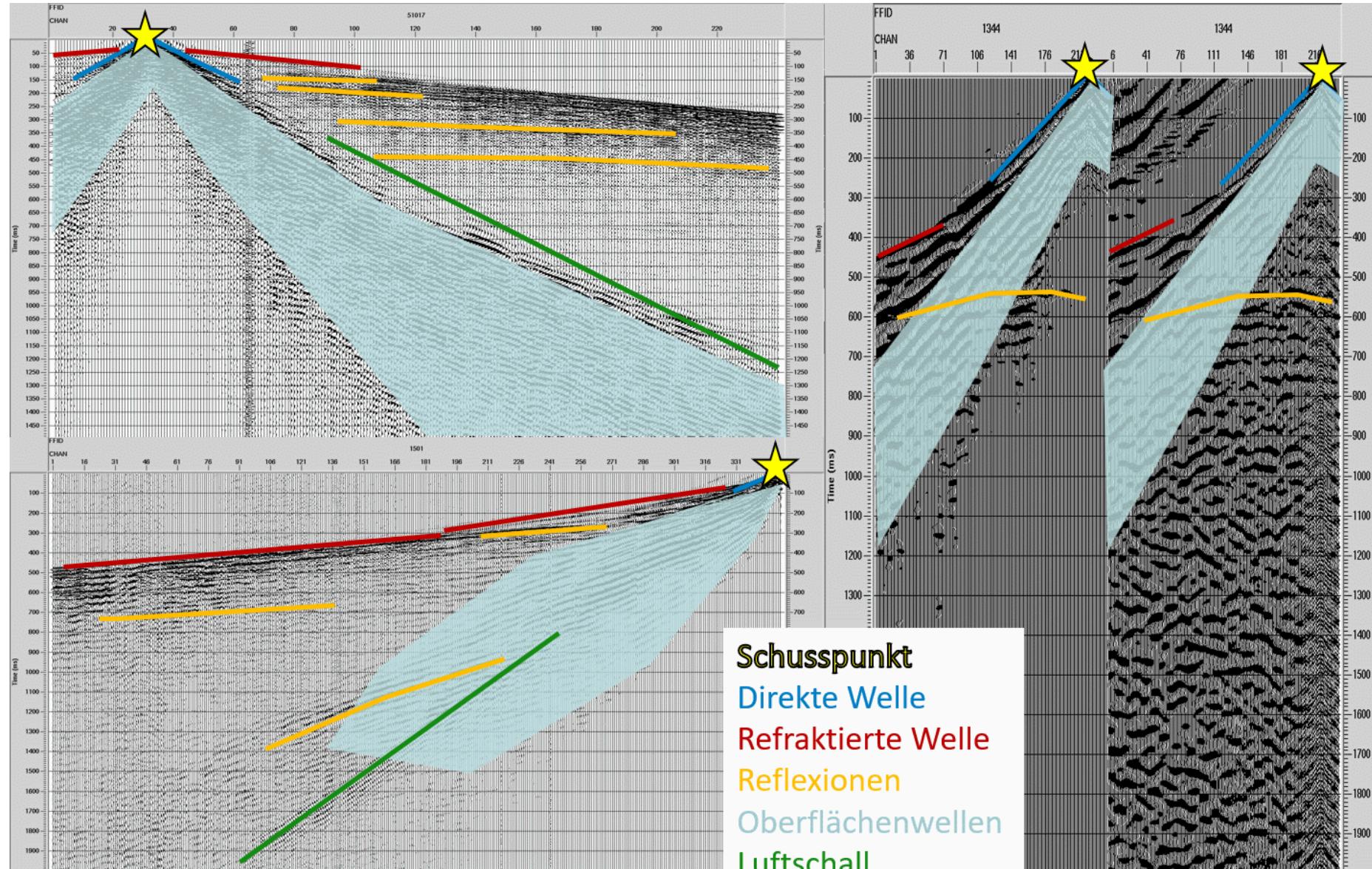
Strahlwege bei 3-Schicht-Fall (Everett, 2013)

Reflektions-Seismik

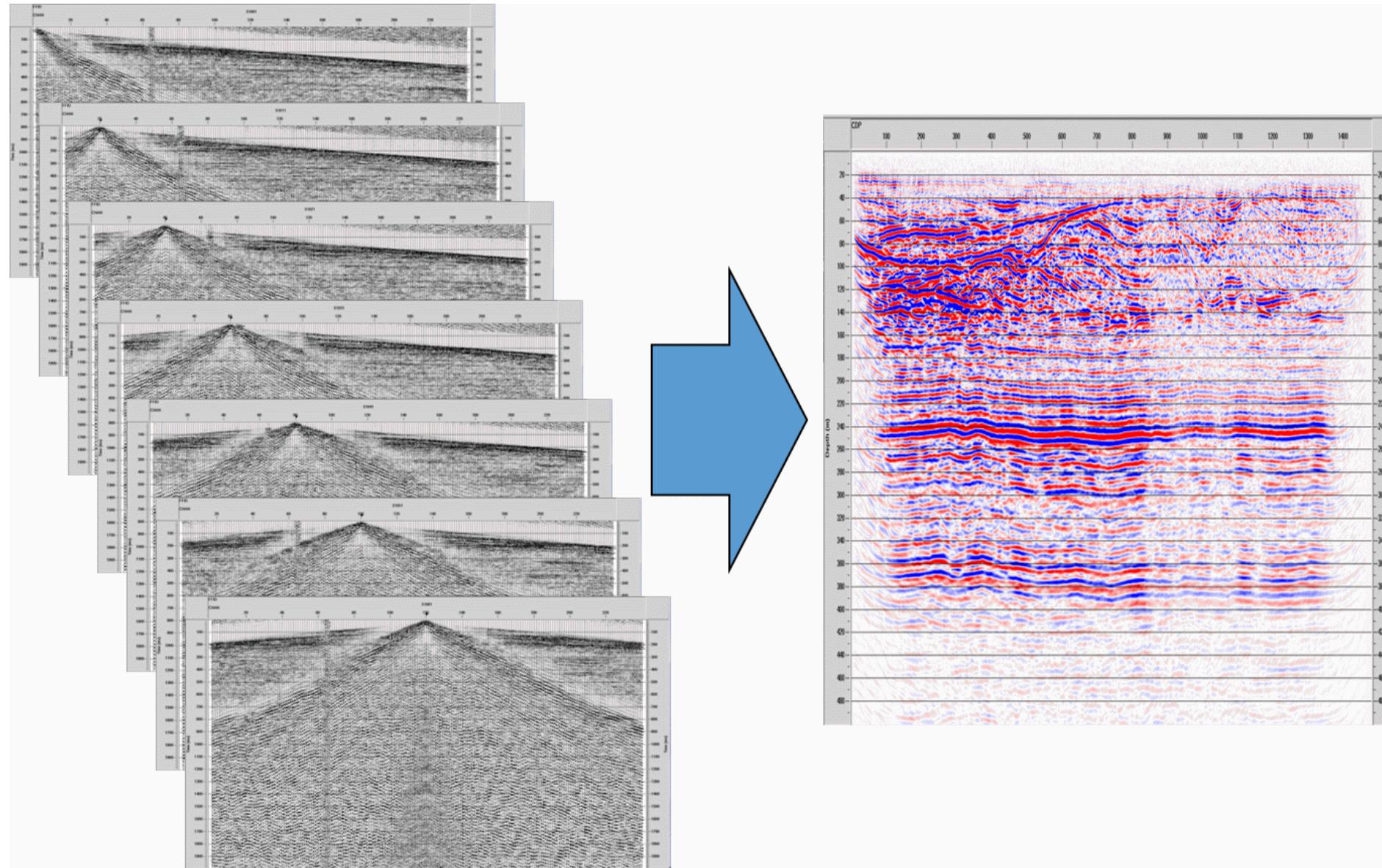


- hochauflösende Strukturbilder
- aufwändiges Prozessing
- Laufzeiten \Rightarrow Geschwindigkeiten \Rightarrow Tiefen
- 2D oder 3D Abbildung, Land/marin
- Kohlenwasserstoffsuche, Endlager, Geothermie

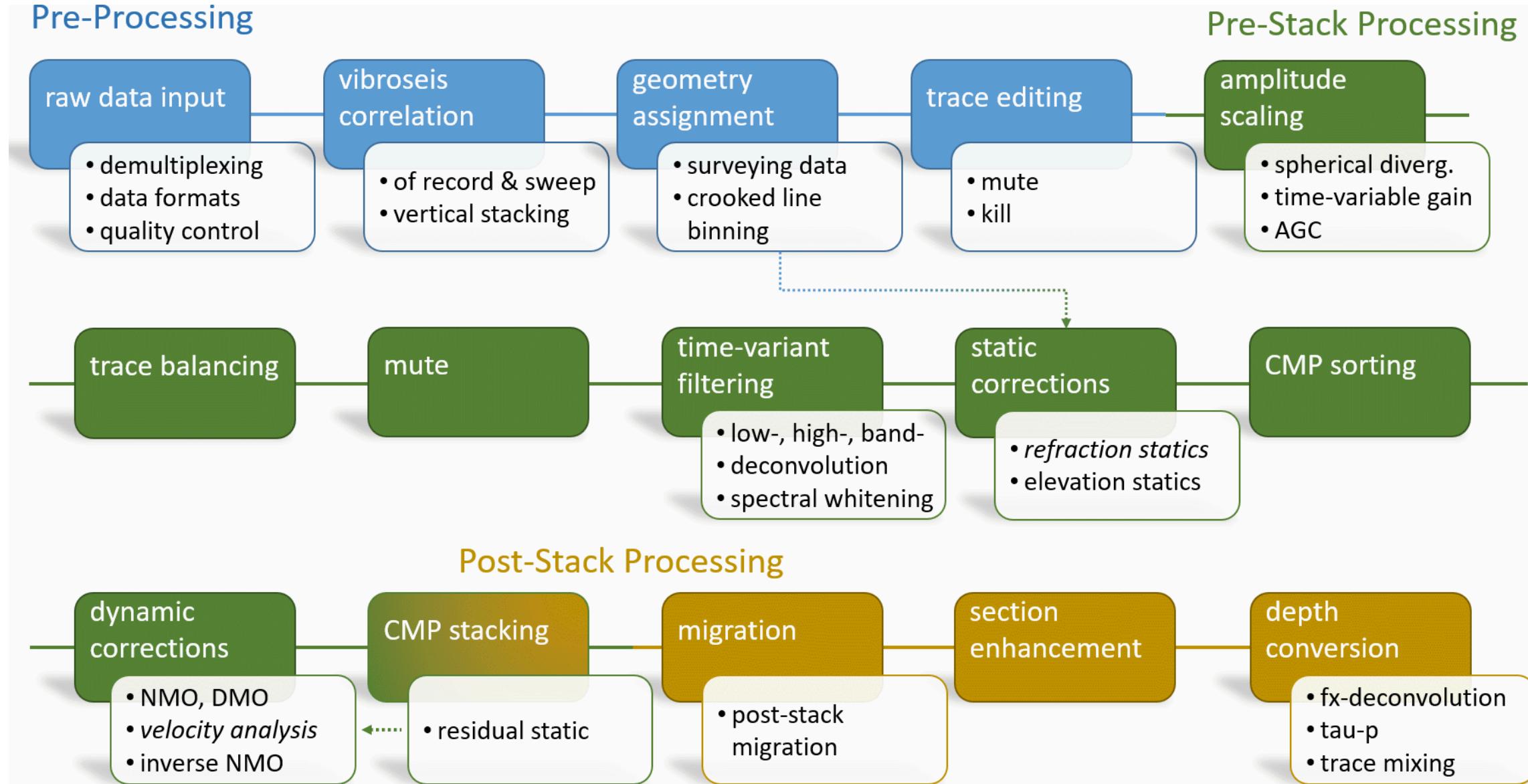
Wellenfeld



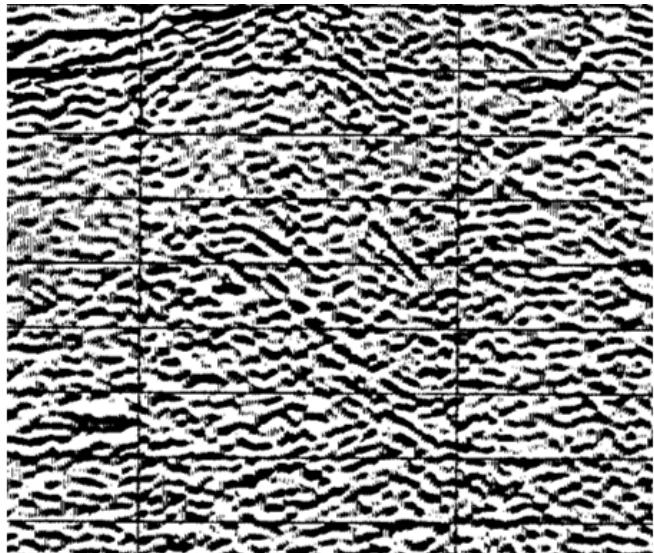
Stapelung



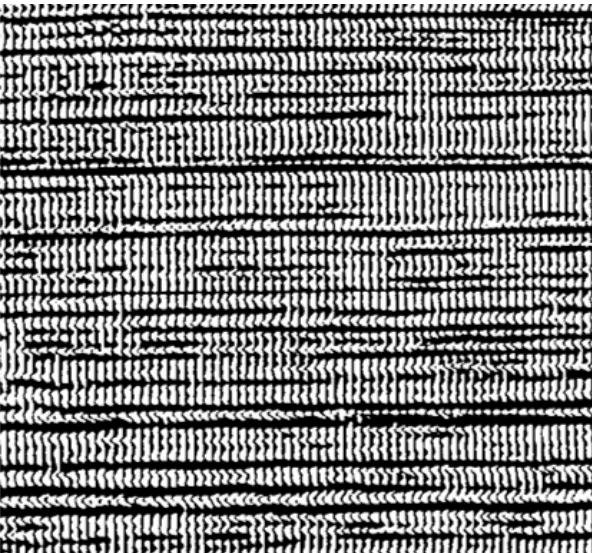
Reflexions-Seismik - Prozessing



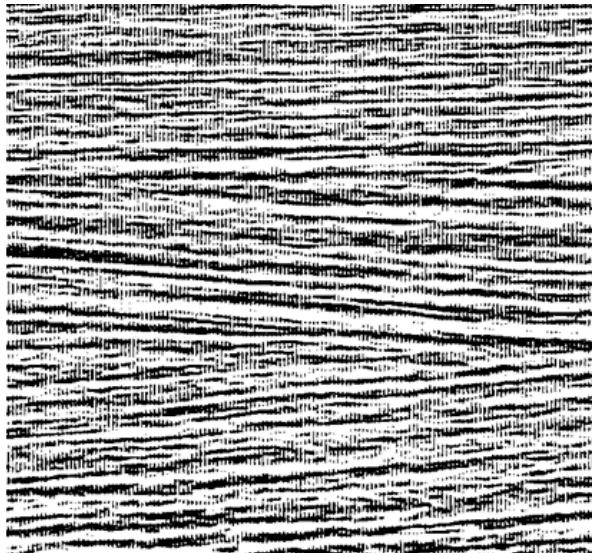
Stapelung



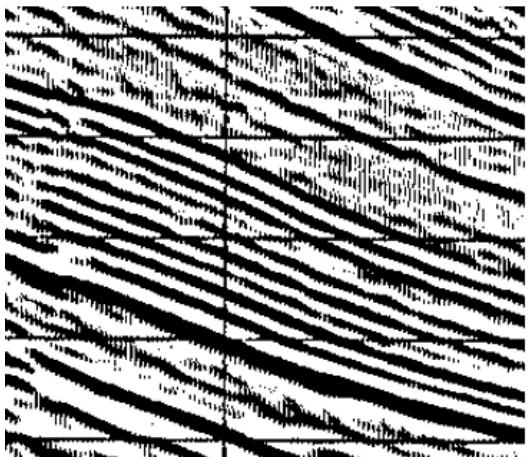
chaotisch



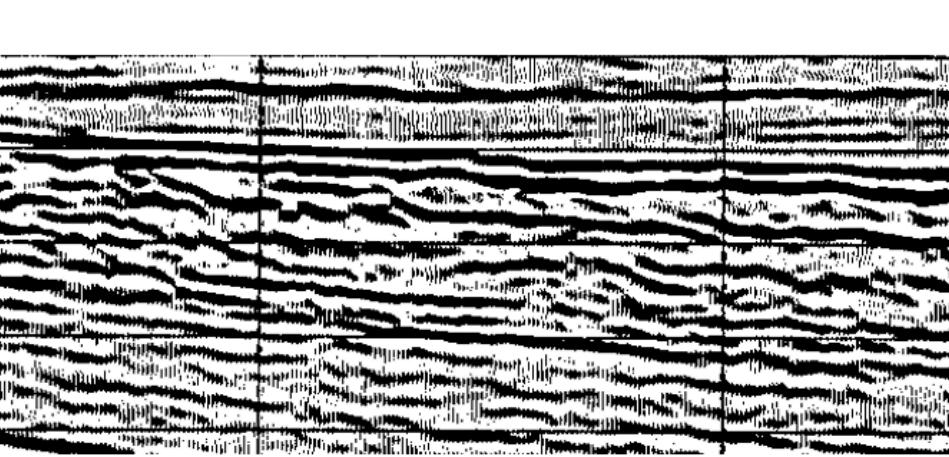
horizontal geschichtet



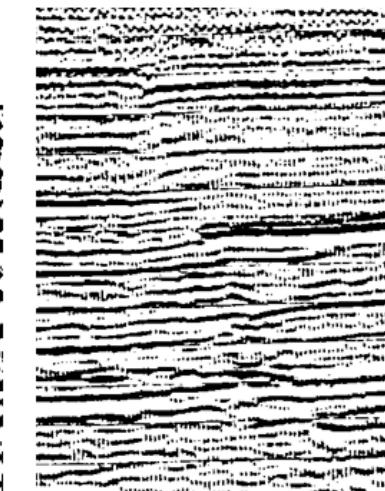
schräg geschichtet



kohärentes Reflektorenmuster

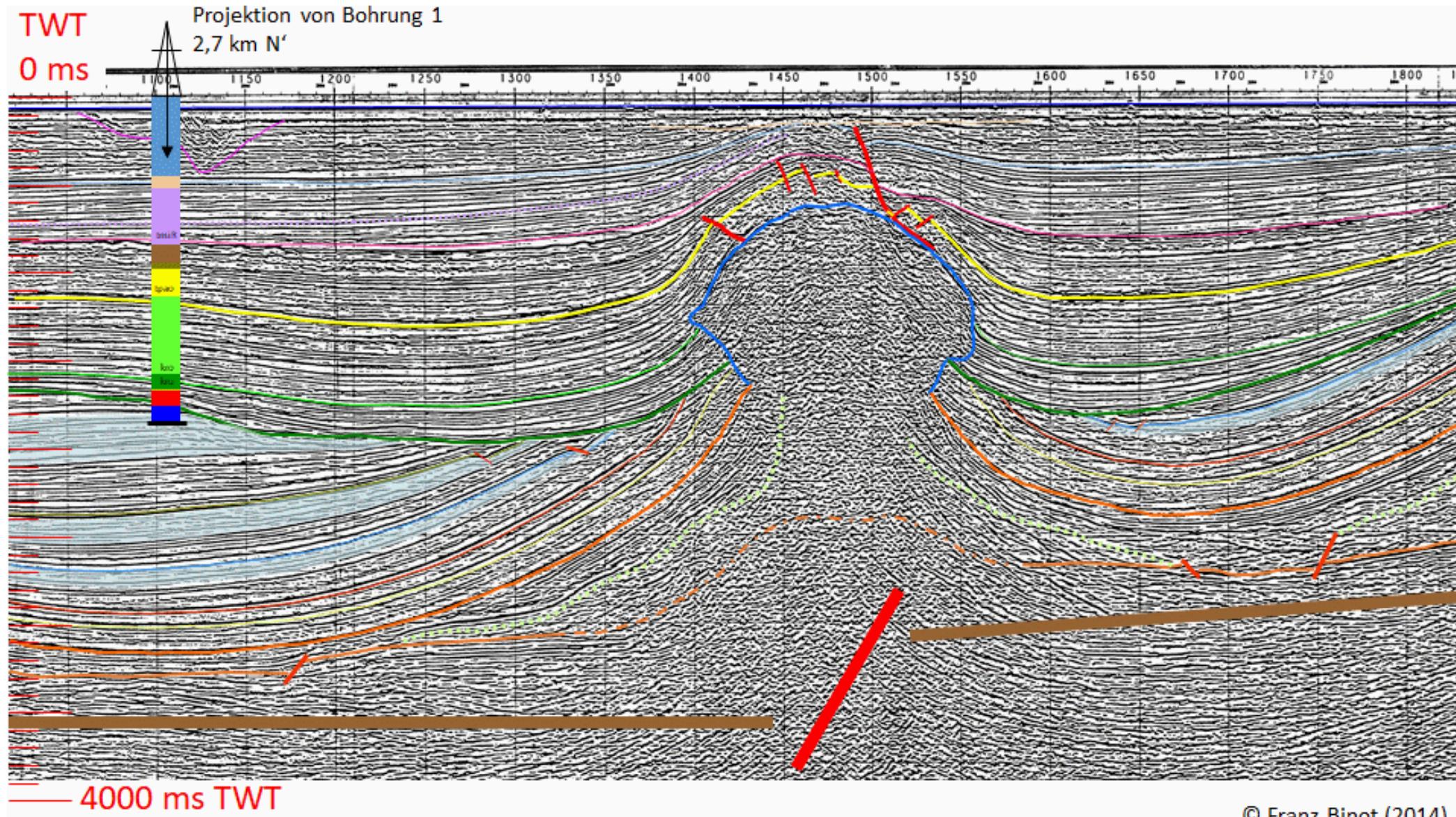


inkohärentes Reflektorenmuster

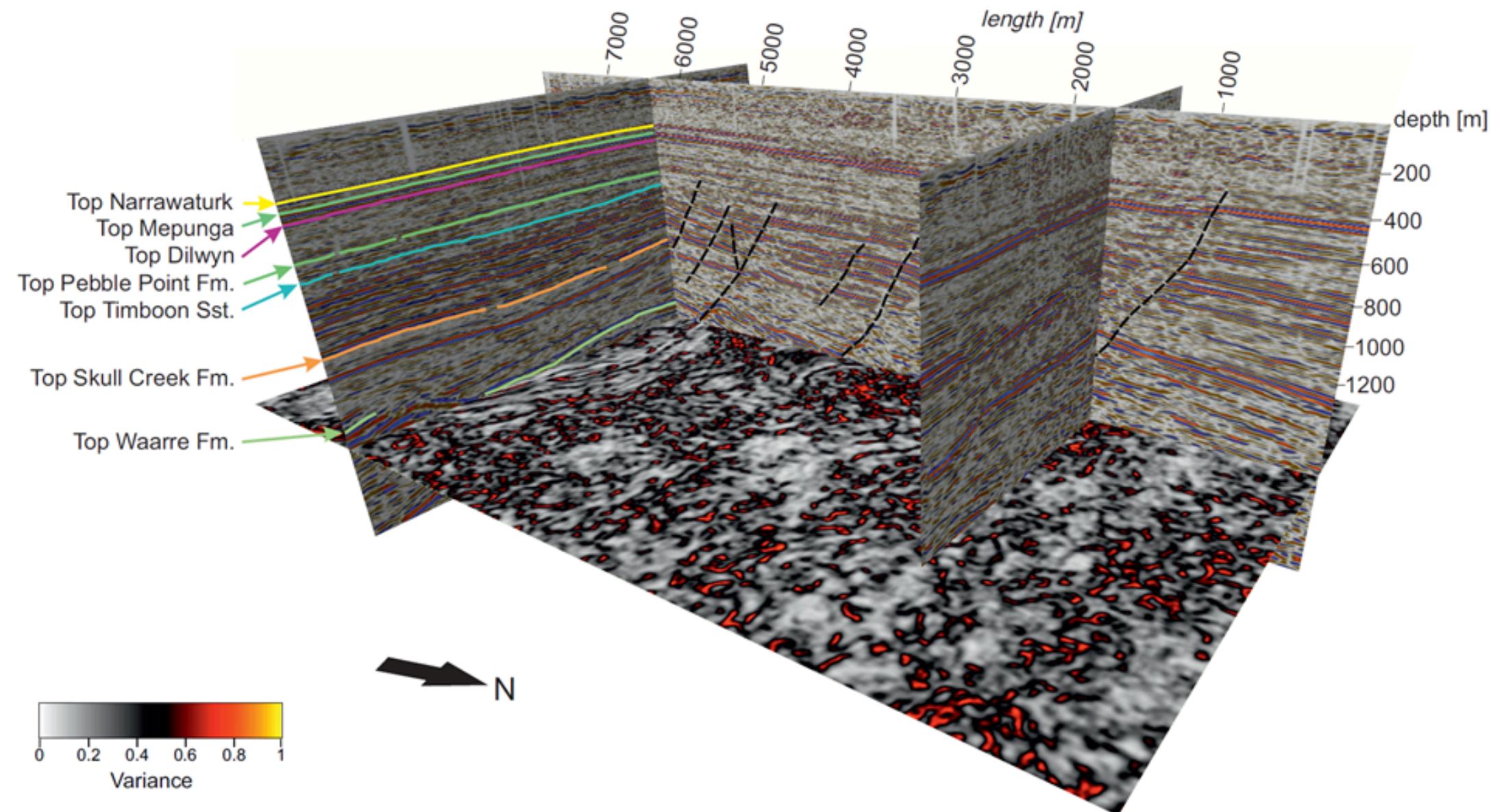


Reflektoren mit Versatz

Reflexions-Seismik (2D)



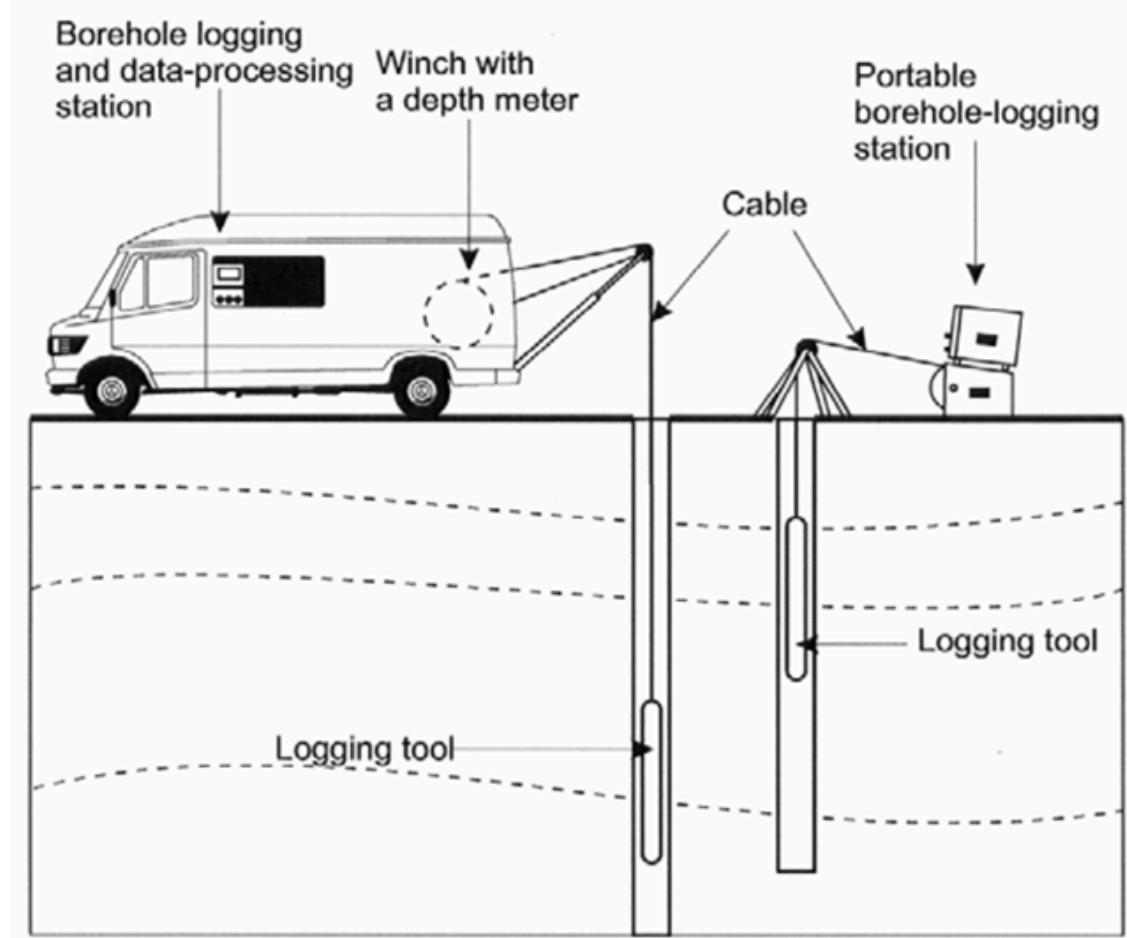
Reflexions-Seismik (3D)



Weitere Methoden

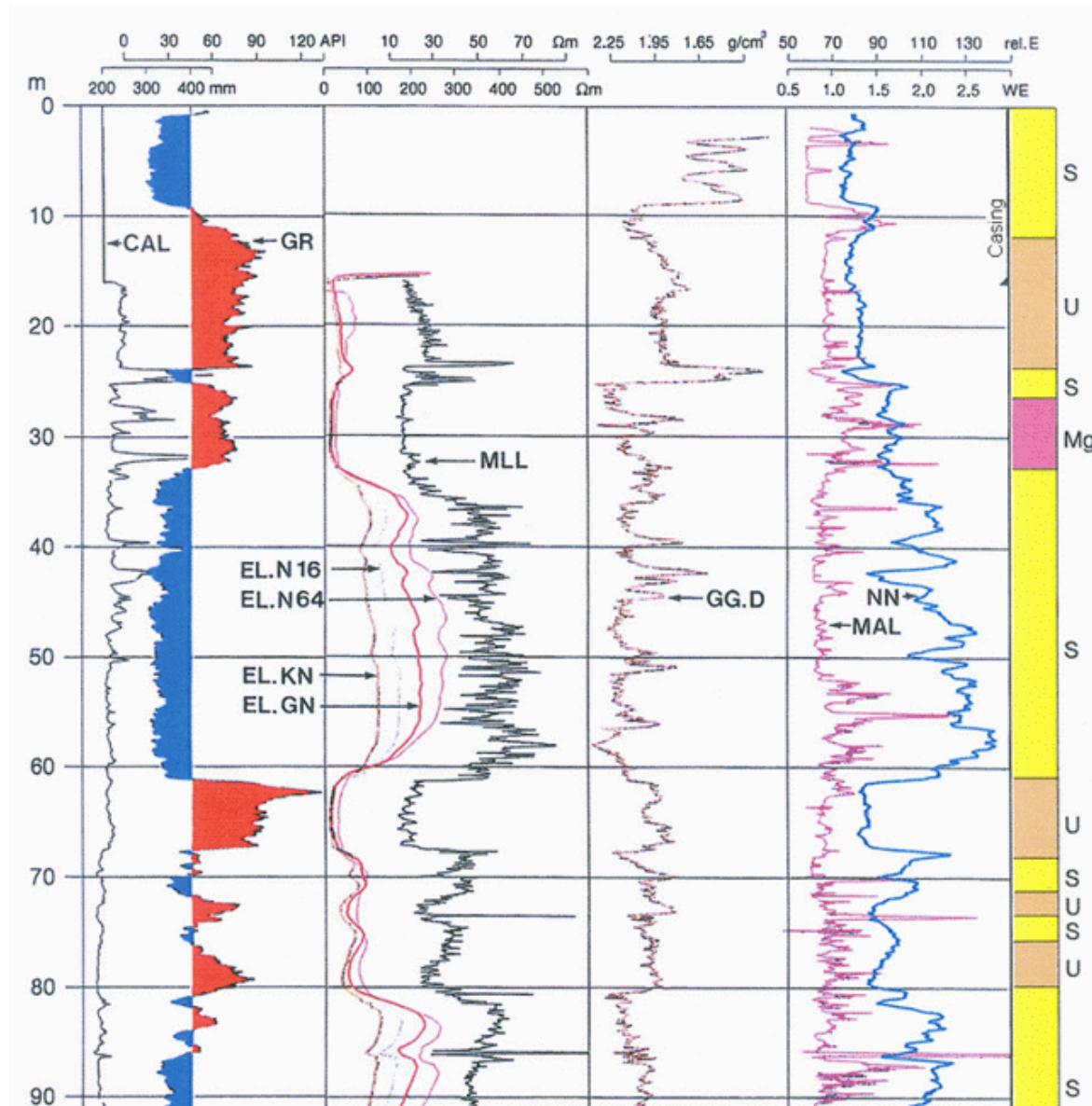
1. Bohrlochgeophysik
2. Nuklear-Magnetische Resonanz
3. Radiometrie
4. Eigenpotential
5. Geothermik
6. Fernerkundung

Bohrlochgeophysik



- Kaliper & Bohrlochabweichung
- Fluid (Temperatur, pH, sal)
- Natürliche γ -Strahlung (spektral)
- Neutron-Log (Wassergehalt)
- Dichte (γ - γ) Log
- Elektrische & Eigenpotential-Logs
- EM-Induktions-Logs (AI)
- Sonic (Ultraschall) Logs
- Optische & Akustische Televiwer

Bohrlochgeophysik - Beispiel

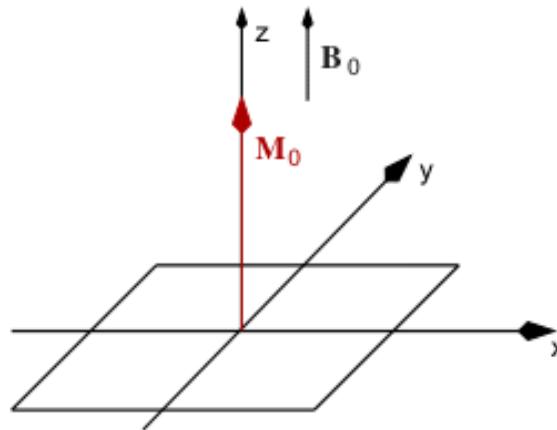


Bohrung Schöneiche:

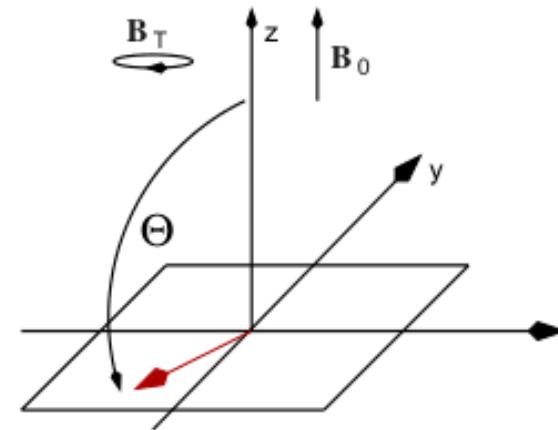
- Kaliber (CAL): BL-Ausbrüche
- γ (GR): Ton (Schluff, Mergel)
- Widerstand (EL*, MLL): Ton/Sand, Fluid
- γ - γ Dichte (GG): Kompaktion
- Neutron-Neutron (NN): Wassergehalt
- Magnetik (MAL)

Nuklear-Magnetische Resonanz (NMR)

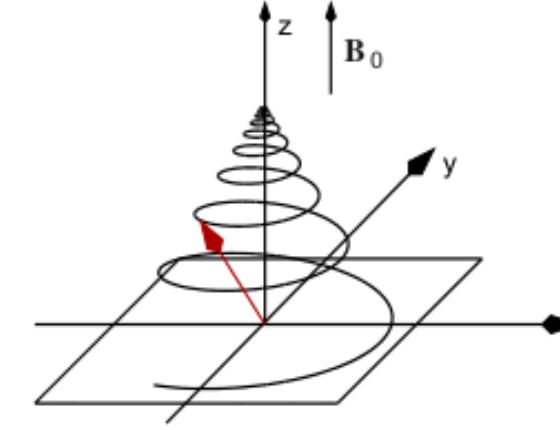
Equilibrium



Excitation



Relaxation



$$\Theta \sim \text{pulse moment} = I\tau$$

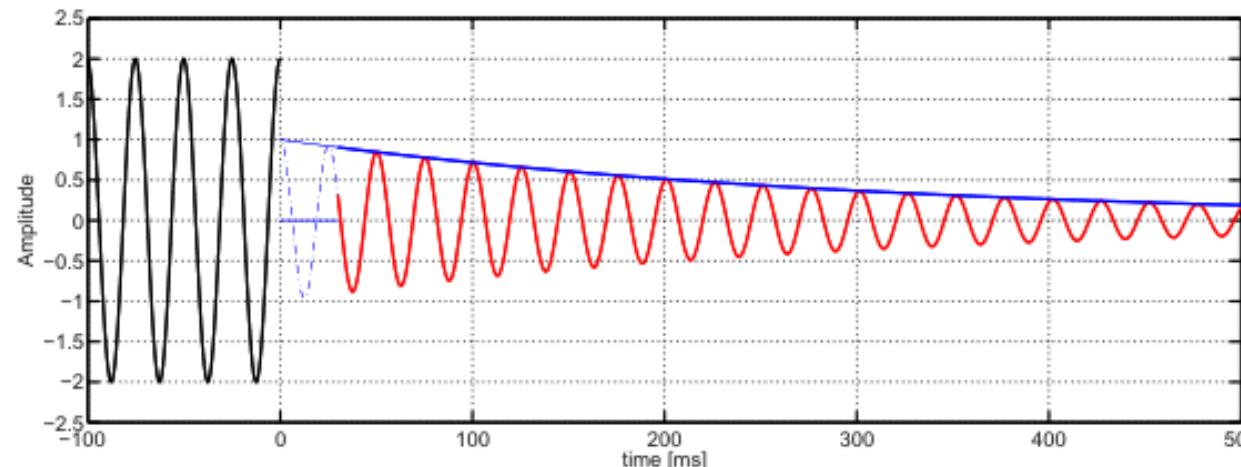
(Müller-Petke et al.
2011)

Amplitude:
Wassergehalt

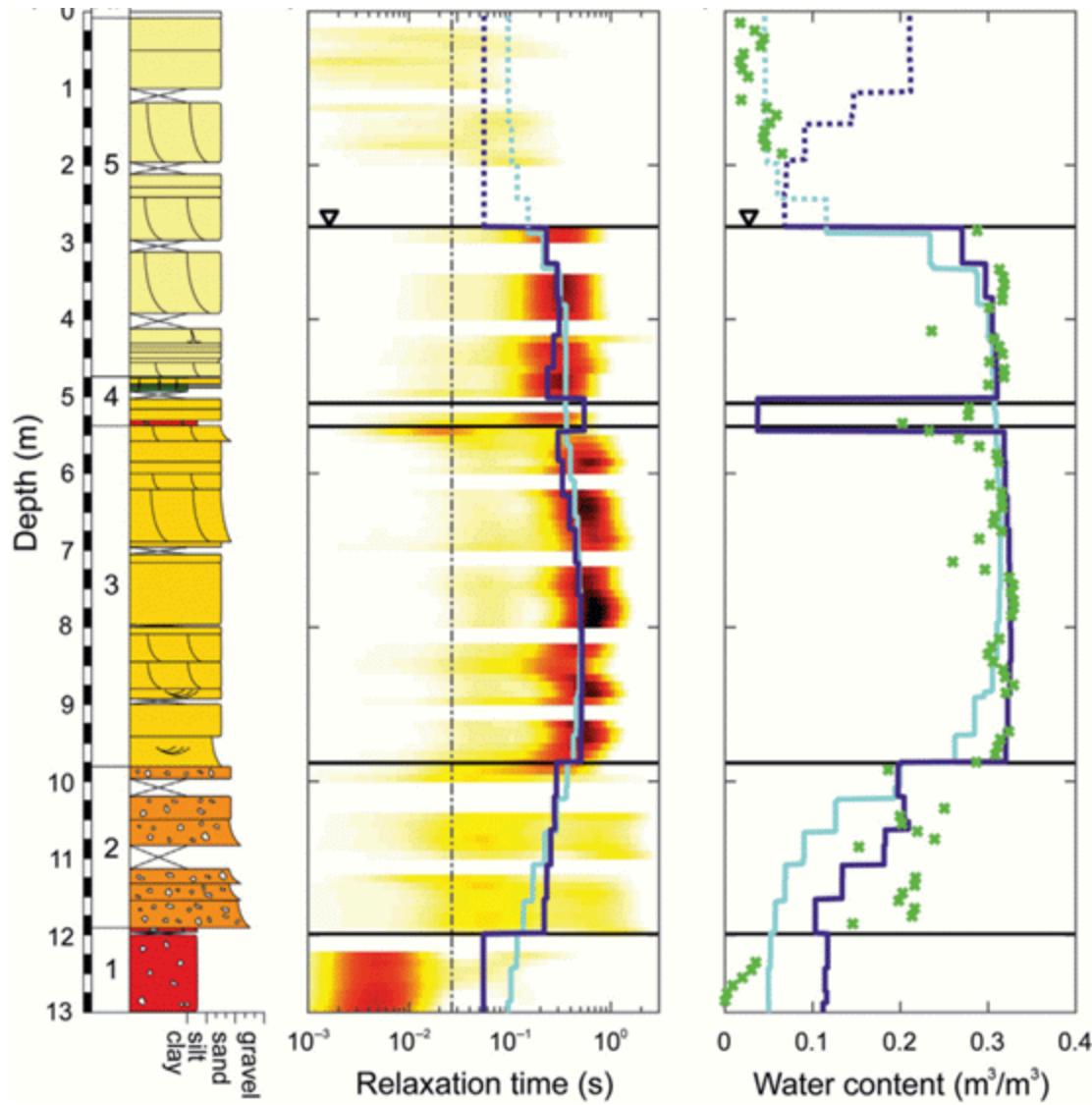
Abklingzeit: Porengröße

Excitation pulse

Relaxation record



Labor- und Bohrloch-NMR

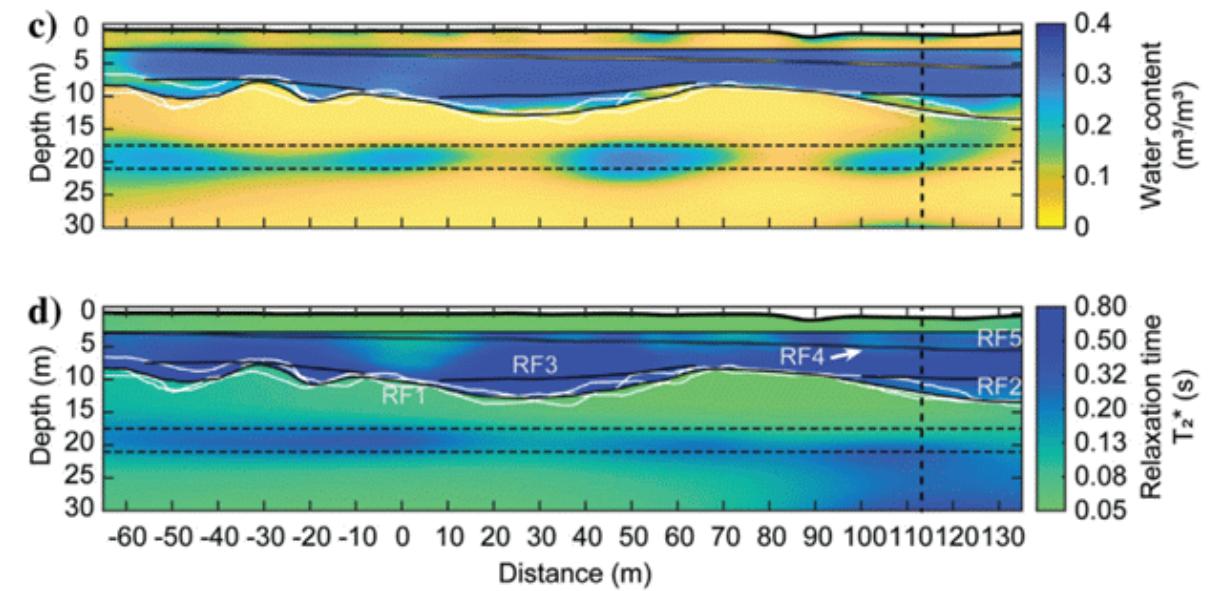
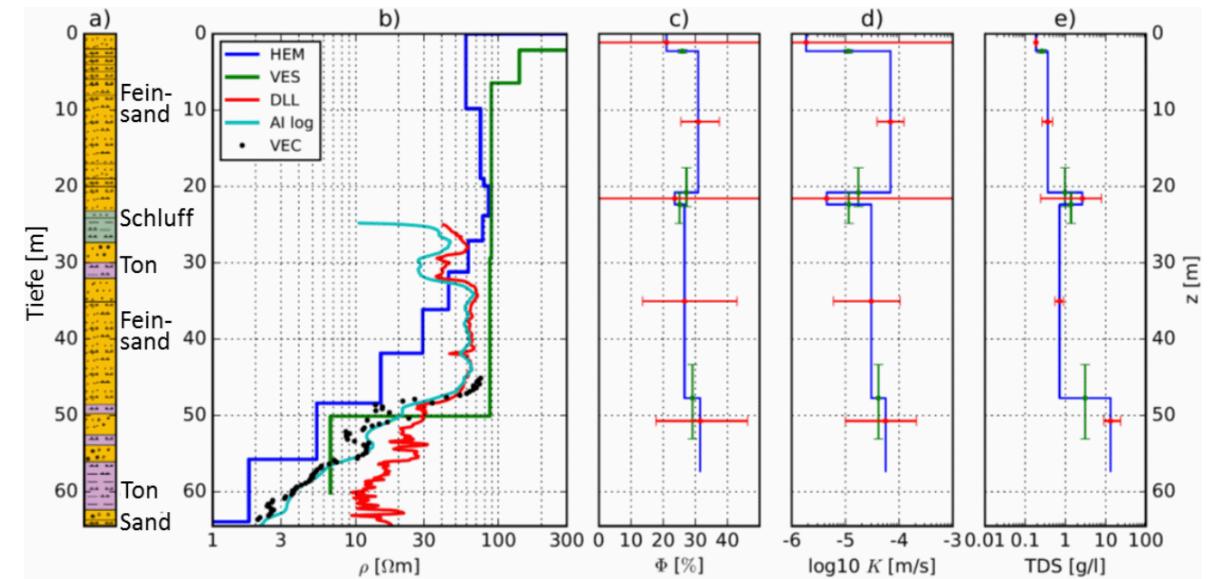
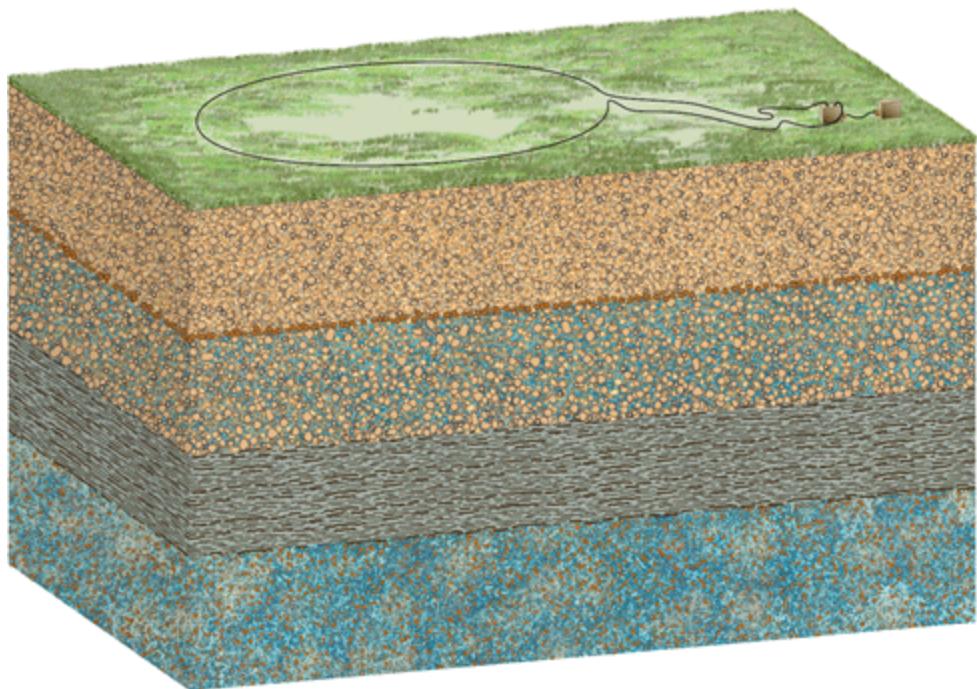


Hydrogeophysikalische Testsite
Schillerslage (Jiang et al., 2020)

- Labor-/Bohrloch/Oberfläche
- Wassergehalt/Porosität
- Relaxationszeit \Rightarrow Porengröße
 \Rightarrow hydraulische Leitfähigkeit

Oberflächen-NMR

große Spule zum Anregen und Empfangen (nV)



Geophysikalische Erkundung

1. Planung und Organisation
2. Durchführung der Messkampagne
3. Datenanalyse (Prozessing, Inversion)
4. Ergebnis-Interpretation (Plots,)
5. Dissemination (Bericht, Daten)

Geophysikalischer Erkundungs-Workflow

1. Recherche von Hintergrunddaten (Karten, Datenbanken)
2. Konzeptualisierung (Methoden, Experimentdesign, Modellierung)
3. Vorerkundung (Begehung, Dokumentation, Vormessungen)
4. Planung & Genehmigung (Skizzen, Behörden, Öffentlichkeit)
5. Geräte & Personal (Logistik, Zeitplanung, Schulung, Angebot)
6. Datenerhebung (geophysikalisch, Vermessung, Dokumentation)
7. Datenanalyse und Interpretation (Modellierung, Inversion, Plots)
8. Offenlegung (Bericht, Präsentation, Ausblick, Datenfreigabe)

Auswertung Geoelektrik

s. Notebook

Beleg zusammen mit EM38 und Georadar