

Drahtlose Messsysteme für die Erkundung und Observation von Objekten auf und unter der Erde mittels akustischer Wellen

Dr. Rüdiger Giese

Helmholtz - Zentrum Potsdam
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Zentrum für CO₂- Speicherung /Wissenschaftliches Bohren



2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009

Helmholtz-Zentrum Potsdam

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Erforschung des **Systems Erde** in einem
fachübergreifenden Forschungsansatz

Die Königlich Preussischen Observatorien bei Potsdam auf dem Telegraphen-Berge (um 1892)

Geodätisches Institut
mit Observatorium für
Winkelmessungen

Astrophysikalisches Observatorium

Magnetisch-Meteorologisches
Observatorium

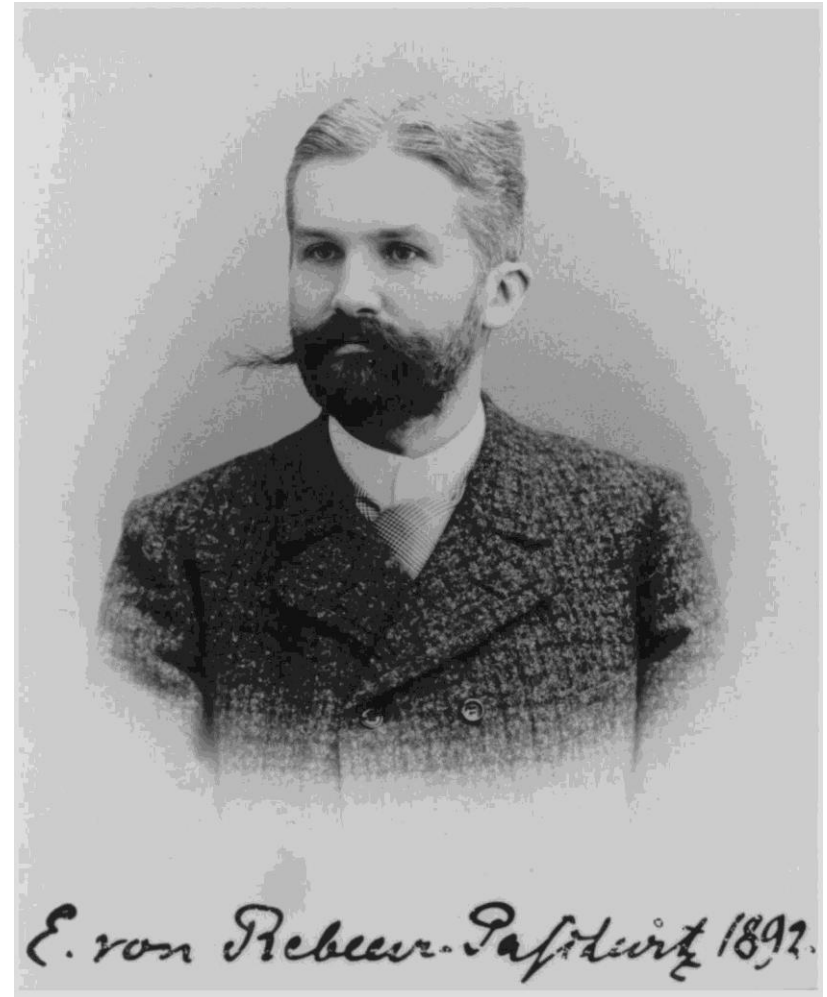
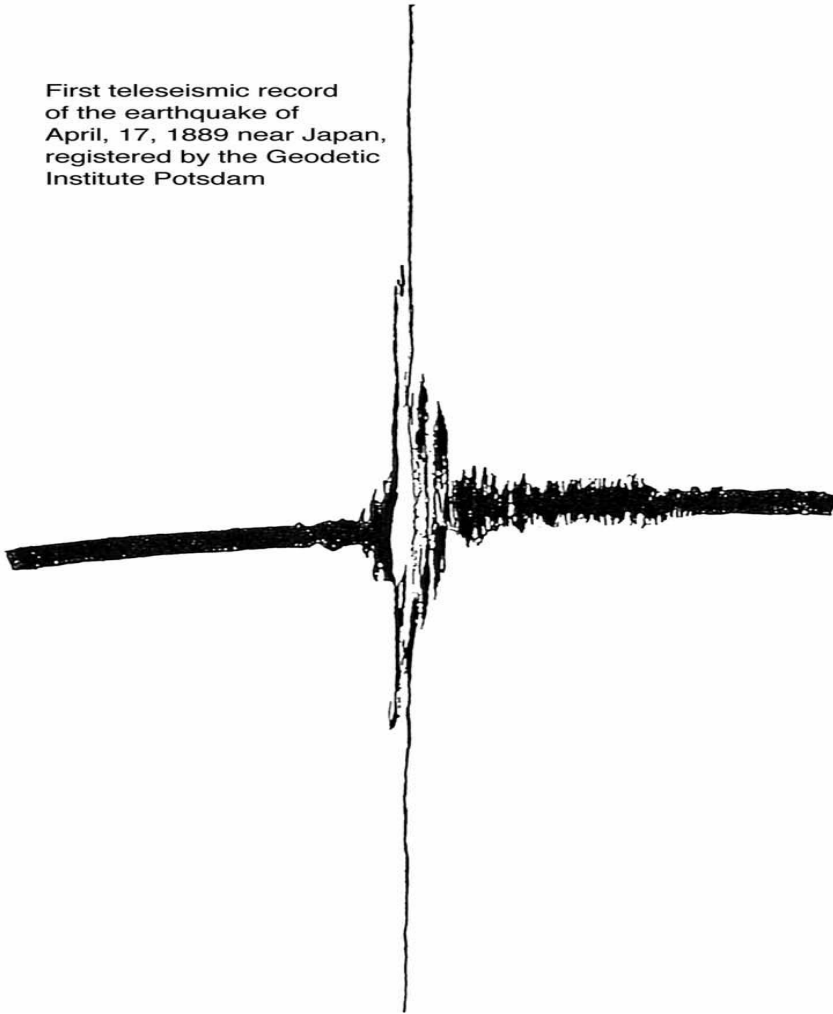


Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin
nach einem Entwurf von Spieker

Eingang zum Observatoriumsgelände

Weltweit erste Fernaufzeichnung eines Erdbebens 1889

First teleseismic record
of the earthquake of
April, 17, 1889 near Japan,
registered by the Geodetic
Institute Potsdam



2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009

Wissenschaftscampus Telegrafenberg, Potsdam

- 
- **Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ**
 - Budget 2008: 81 Mio. € (incl. 37 Mio. € Drittmittel)
 - Beschäftigte: ~ 970
 - davon ~ 50 % Wissenschaftler
 - Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

Arbeitsplatz Planet Erde

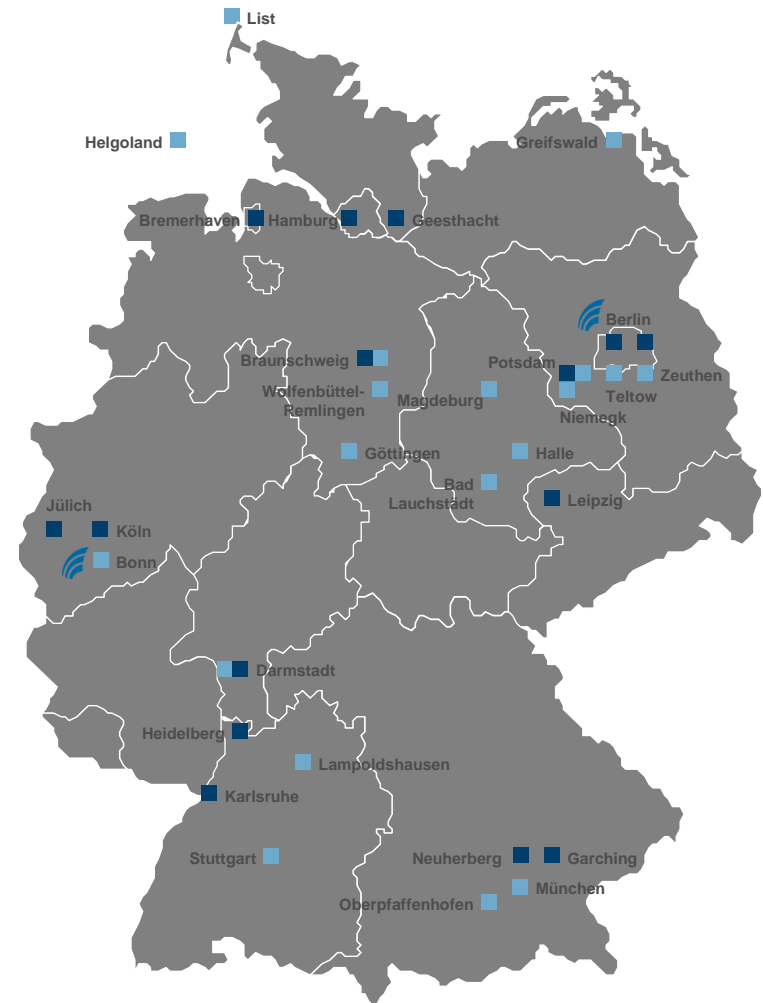
System Erde:

- Kryosphäre
- Geosphäre
- Atmosphäre
- Hydrosphäre
- Biosphäre
- Anthroposphäre



Helmholtz: Zahlen und Fakten

- 16 Forschungszentren mit >250 Instituten
- ~28.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- 9.000 Wissenschaftler (ohne Doktoranden)
- 4.400 Doktoranden
- Budget: 2,8 Milliarden Euro



Helmholtz-Zentrum ■

Zweigstelle ■

Helmholtz-Geschäftsstelle ■



Erde im Wandel

Monitoring: Planet Erde

Globale Prozesse und Änderungen

beobachten, analysieren, quantifizieren, vorhersagen

Geodynamik

Gekoppelte Prozesse und regionaler Impact

Auswirkungen verstehen

Naturkatastrophen

Bewertung und Risikovermeidung

Risiko minimieren

Georessourcen

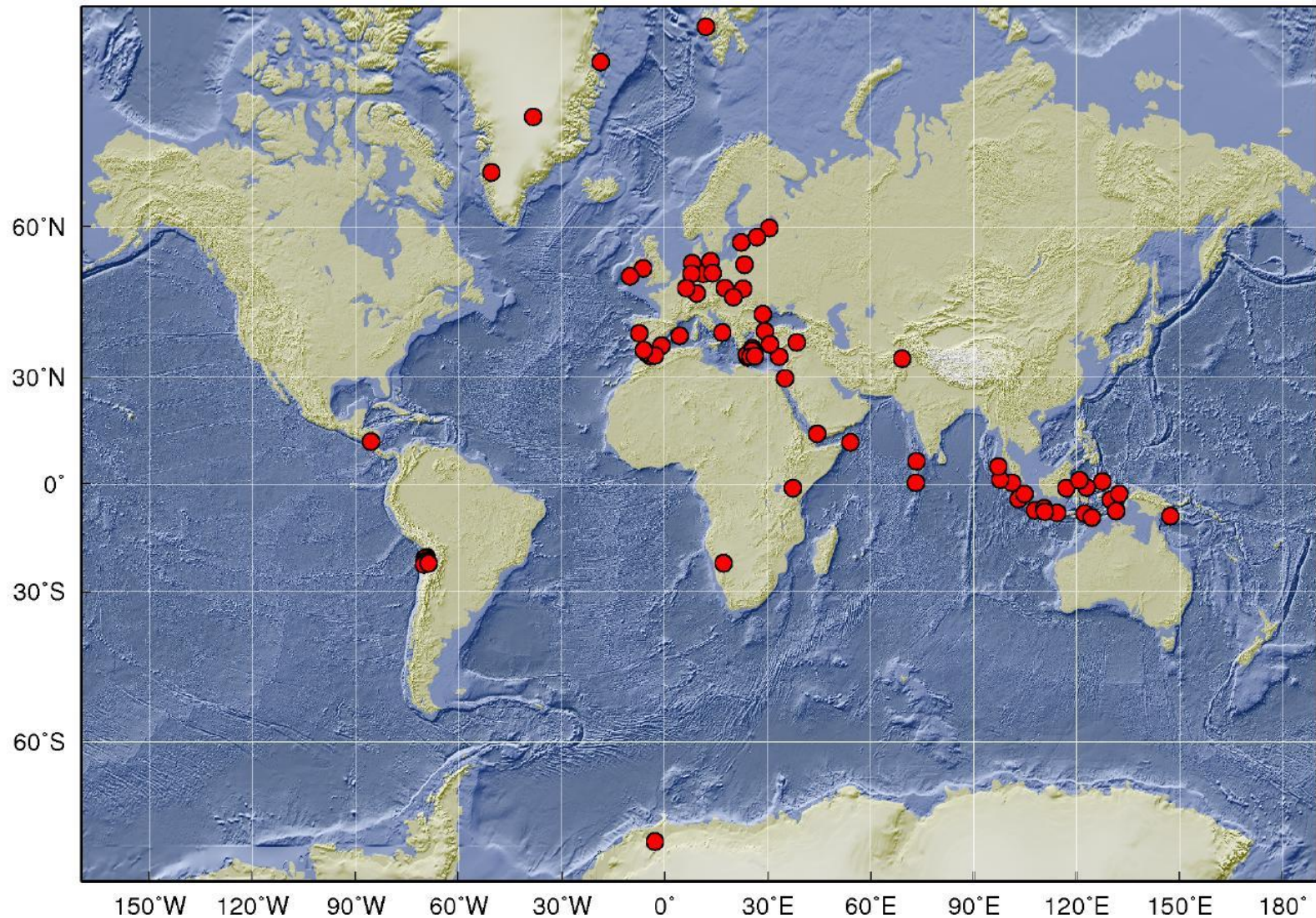
Nachhaltigkeit, Umwelt-Engineering

Lebensraum nutzen

Zukunft der Menschheit

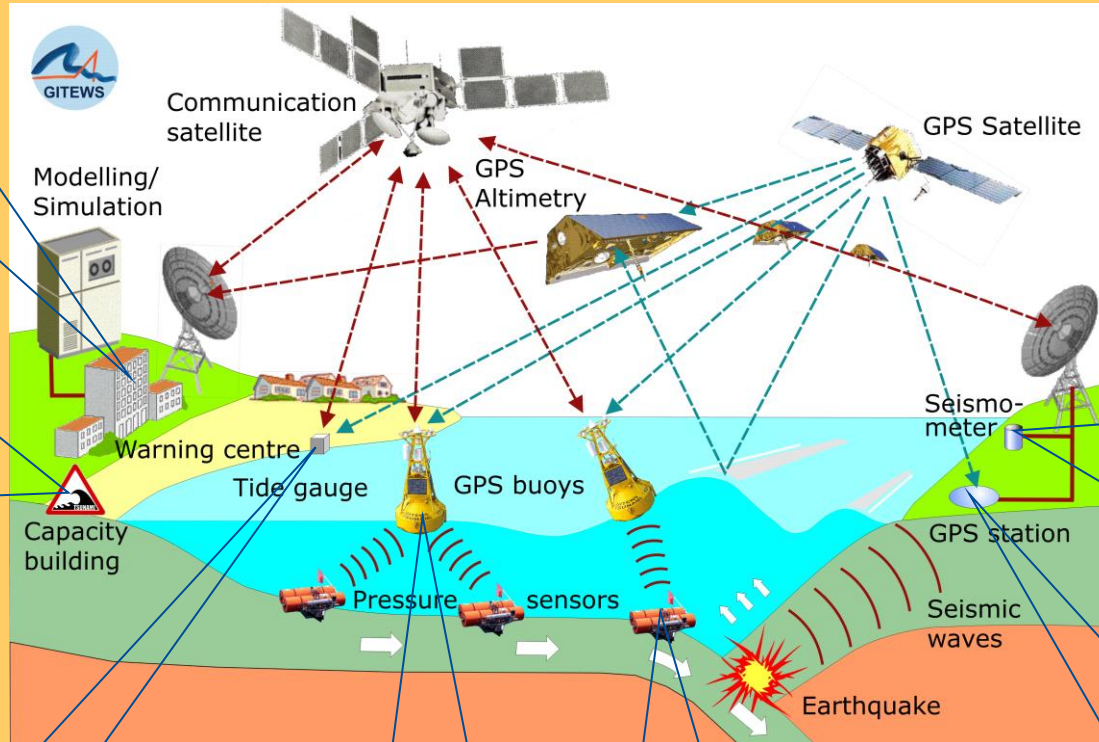
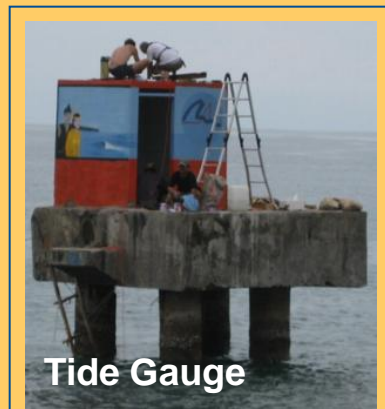
**Geowissenschaften als Leitwissenschaften
der kommenden Jahrzehnte:
> 9 Mrd. Menschen 2050**

GFZ-GEOFON, globales seismologisches Netz



2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009





Überblick

- Seismische Wellen
- Seismische/Akustische Datenerfassung
- Einsatz von drahtlosen Messsystemen in der Seismik
- Fazit

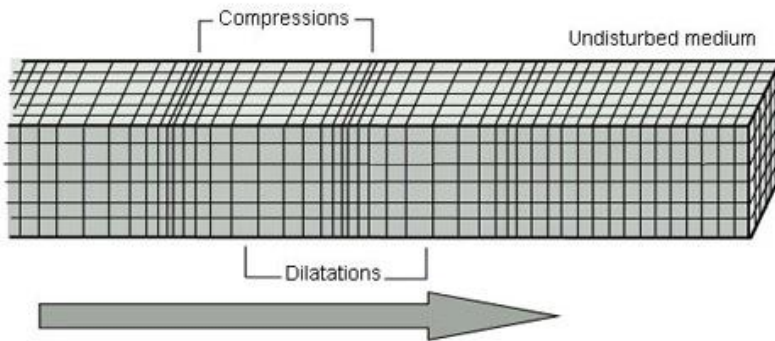
Seismische Wellen

2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009

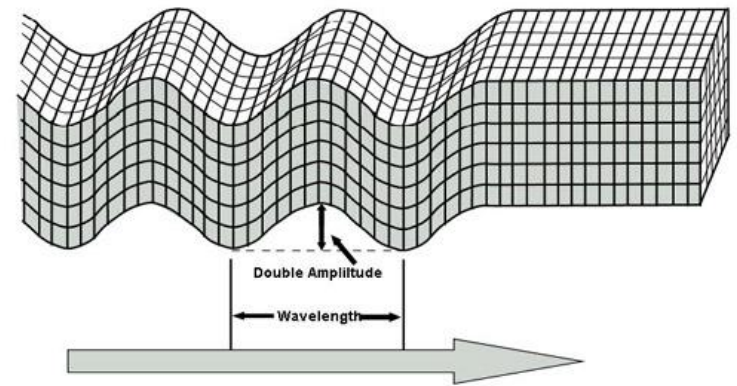
Seismische Wellenarten

Raum-Wellen

P Wave

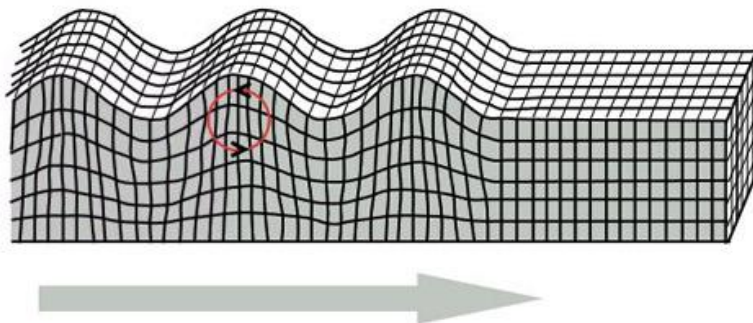


S Wave

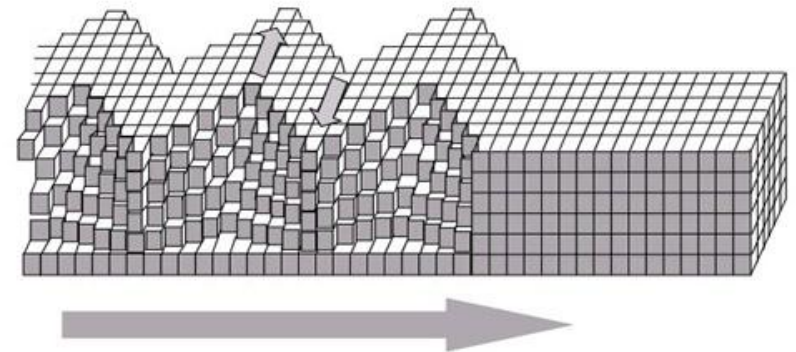


Oberflächen-Wellen

Rayleigh Wave



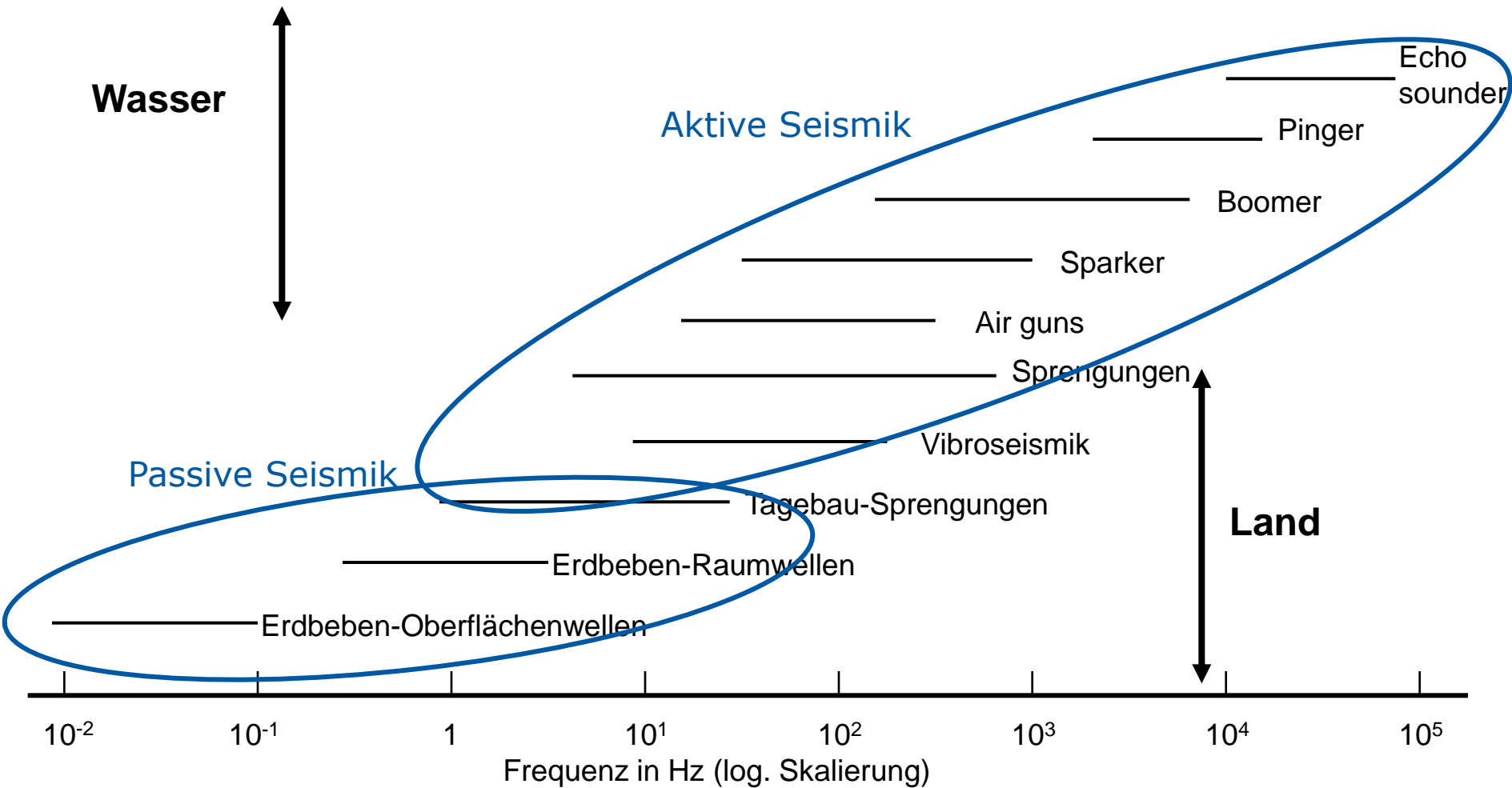
Love Wave



Einteilung der Wellen nach ihren Frequenzen

- Infraschall < 16 Hz (für den Menschen nicht hörbar)
- Hörschall 16 Hz bis 20 kHz (für den Menschen hörbarer Bereich)
- Ultraschall 20 kHz bis 1GHz (nicht hörbar für den Menschen)
- Hyperschall > 1 GHz (Schallwellen, nur noch bedingt ausbreitungsfähig)

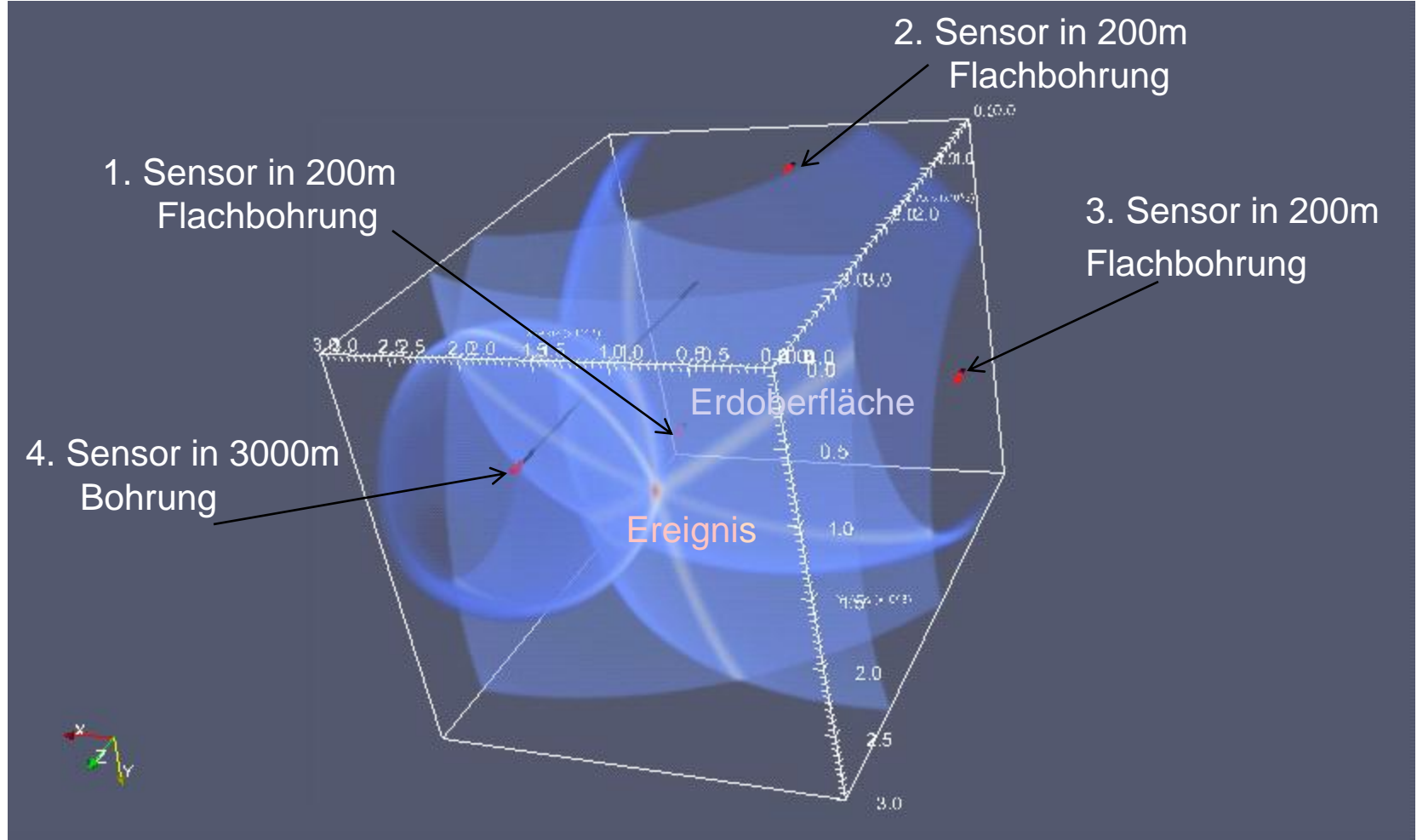
Spektren seismischer Quellen



(nach IG05: Seismische Wellen – Theorie/Erzeugung/Messung)

Beispiel Passive Messungen:

Automatisierte Lokalisierung von seismischen Ereignissen



Christine Groß, Ralf Fritschen (DMT), Stefan Buske (FU Berlin), 2009

Windows Media Player.Ink

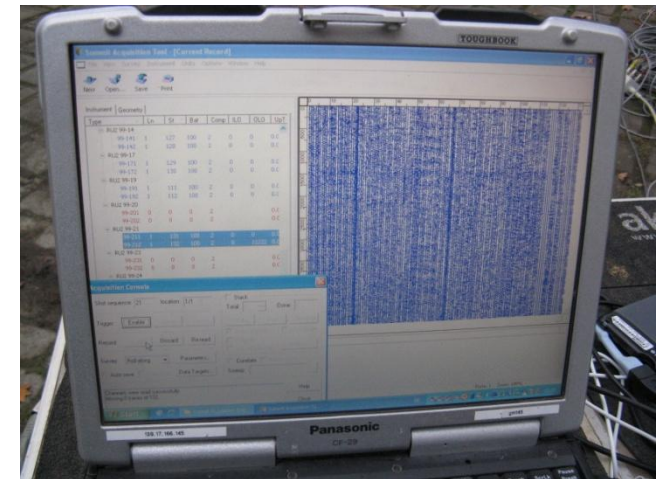
Seismische / akustische Datenerfassung

2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009

Feldexperiment am GFZ



Sensor (z.B. 3Komponenten 28Hz Geophone)



Datenakquisitionssystem (z.B. SUMMIT, DMT)

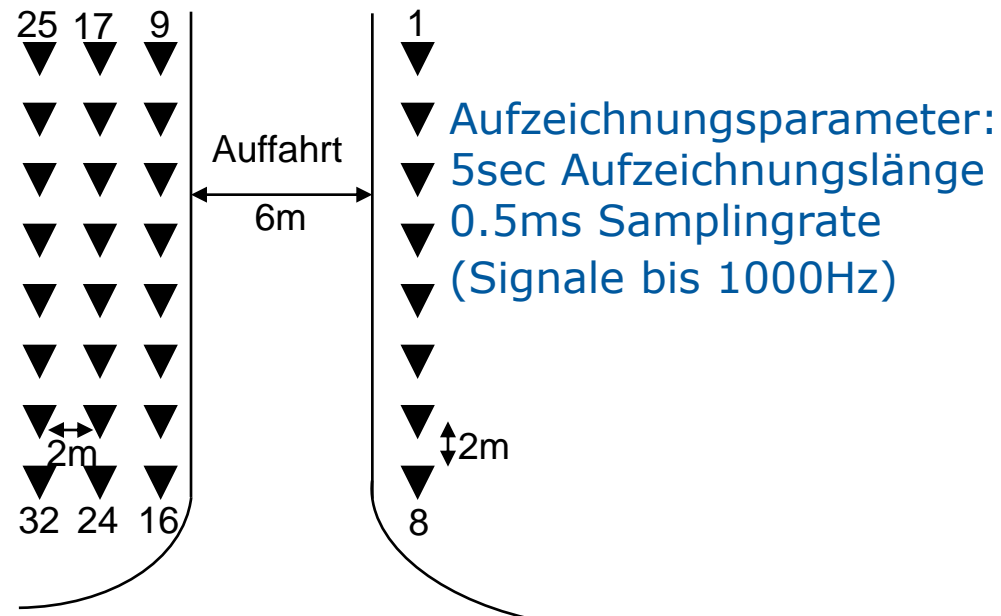
- Datenevaluation
- Auswertung,
Interpretation

Datenakquisitionssystem (z.B. SUMMIT, DMT)

- Datenevaluation
- Auswertung, Interpretation



Feldexperiment am GFZ



Sensor (z.B. 3Komponenten 28Hz Geophone) Messkonfiguration



Person(en) gehend



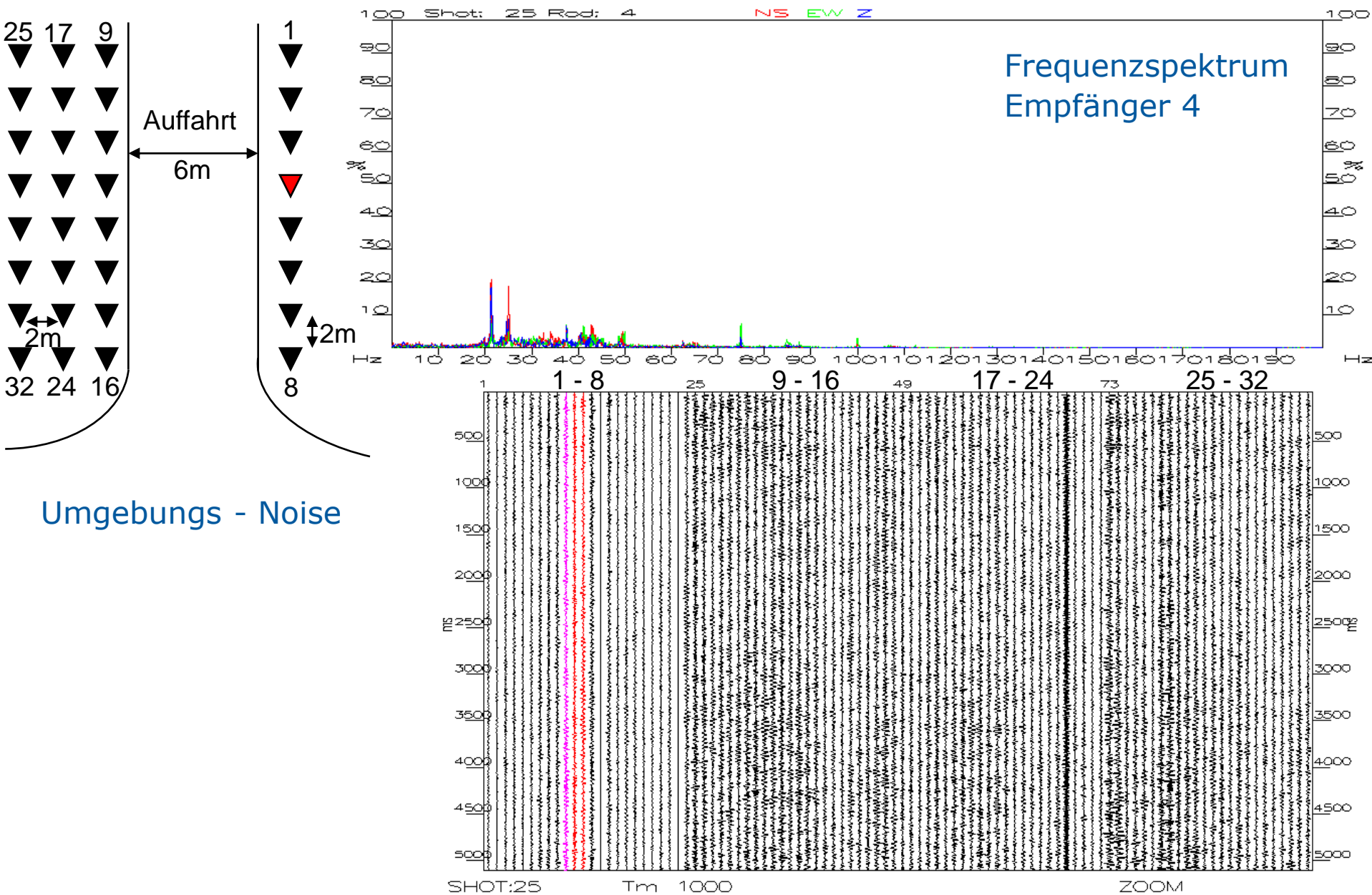
Person(en) laufend

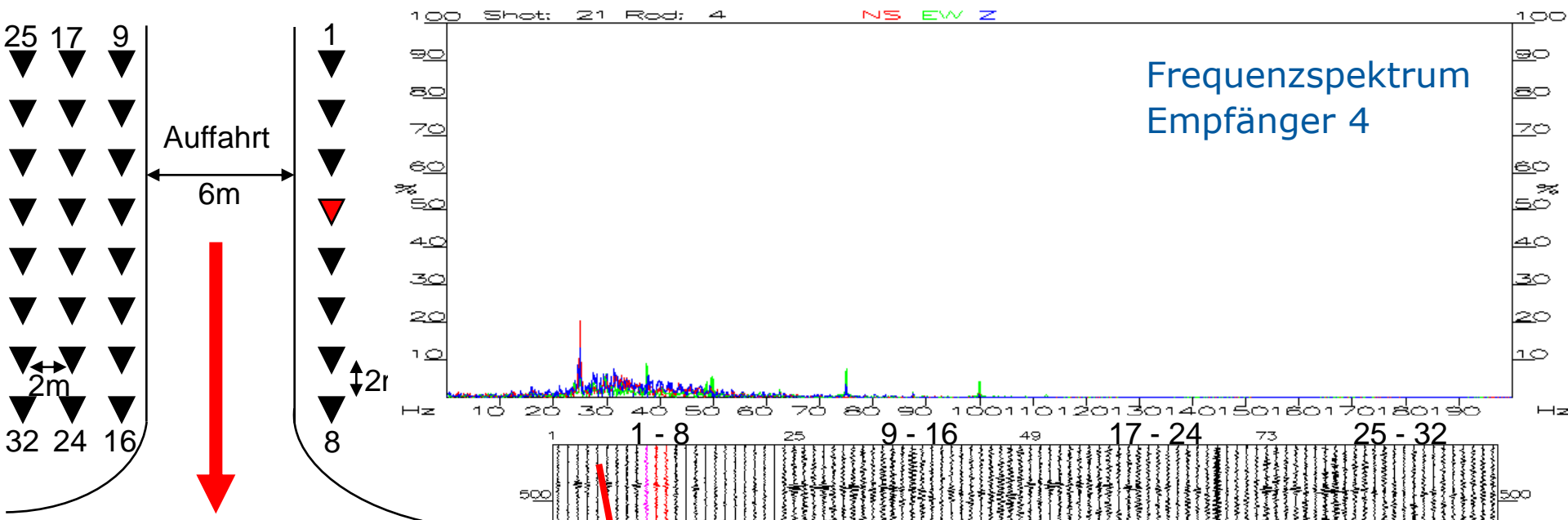


Fahrzeug „Gator“

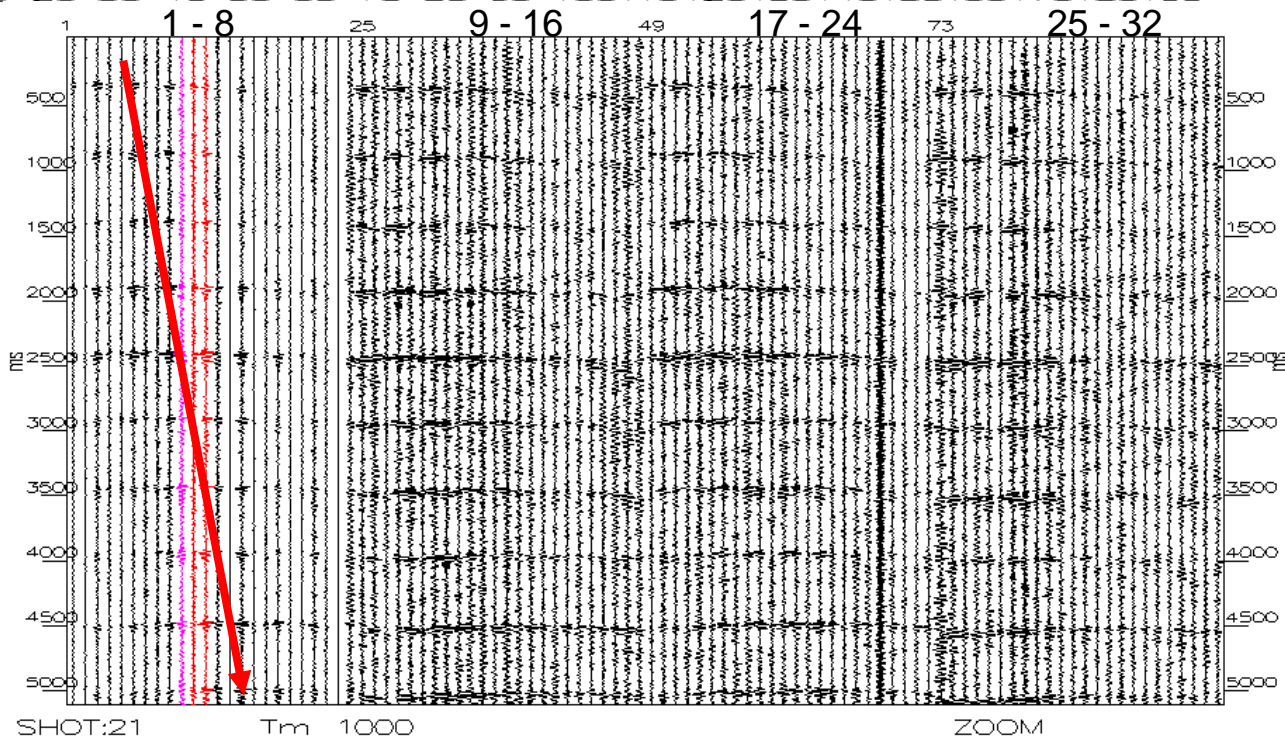


Fahrzeug „Sprinter“

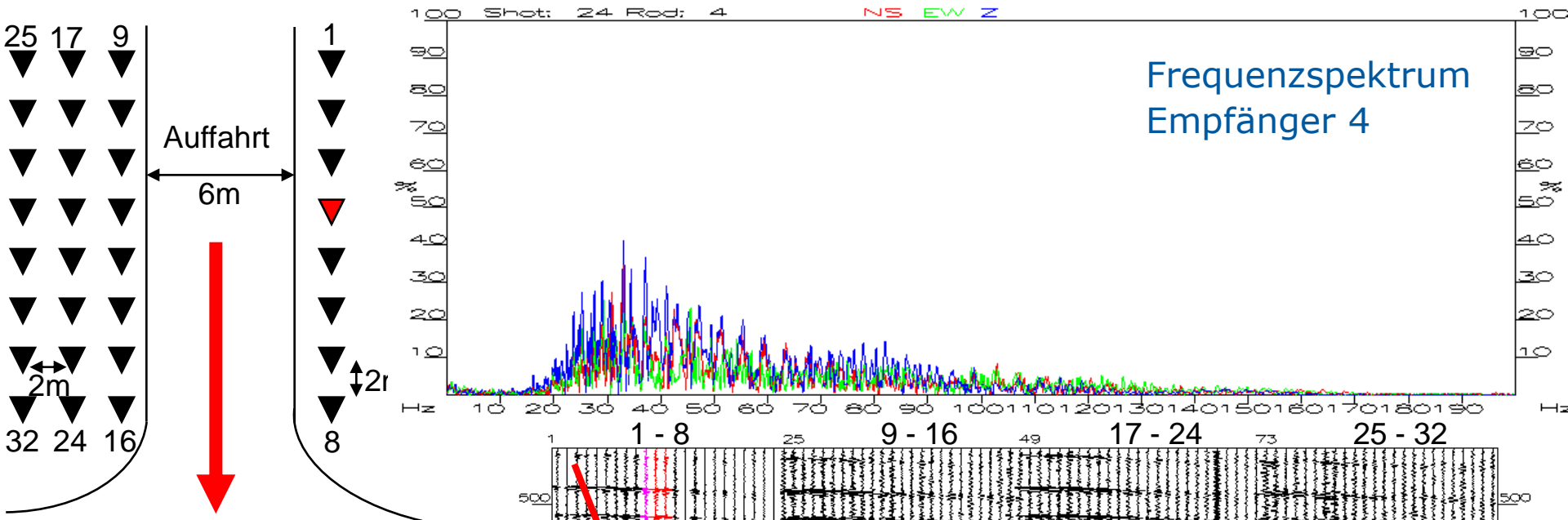




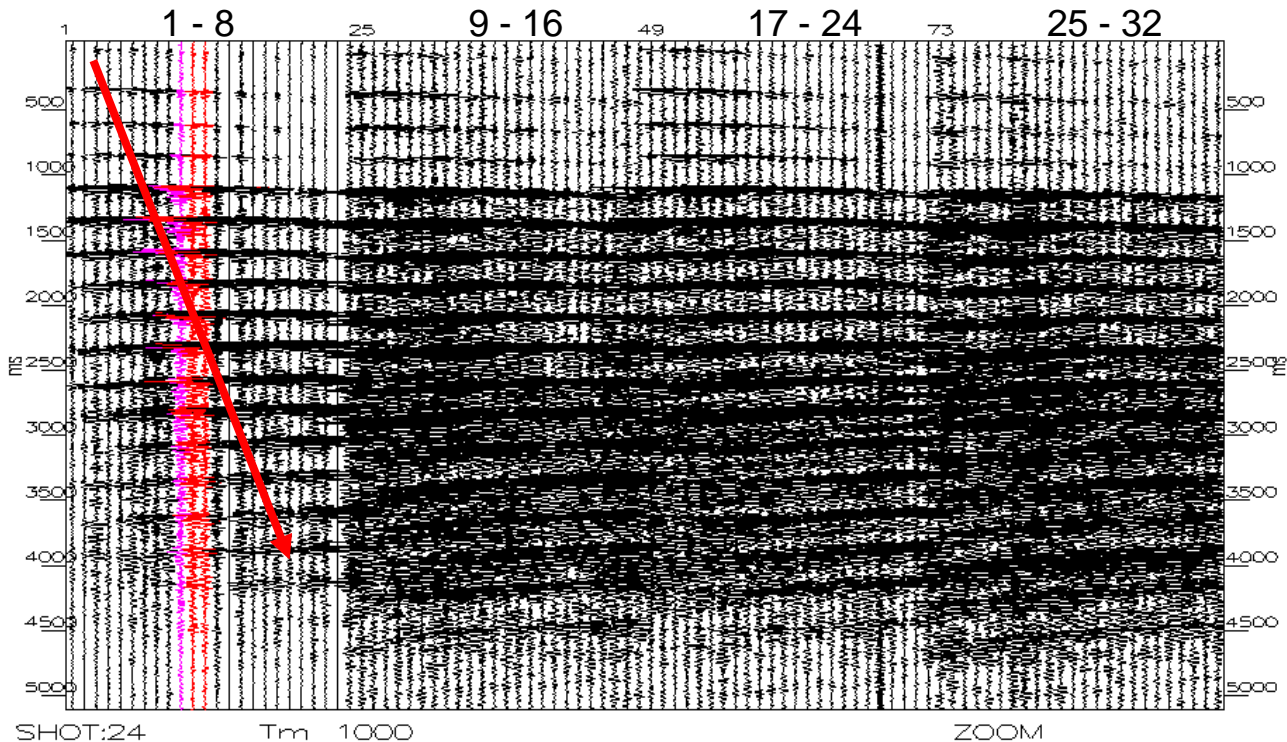
1 Person - gehend

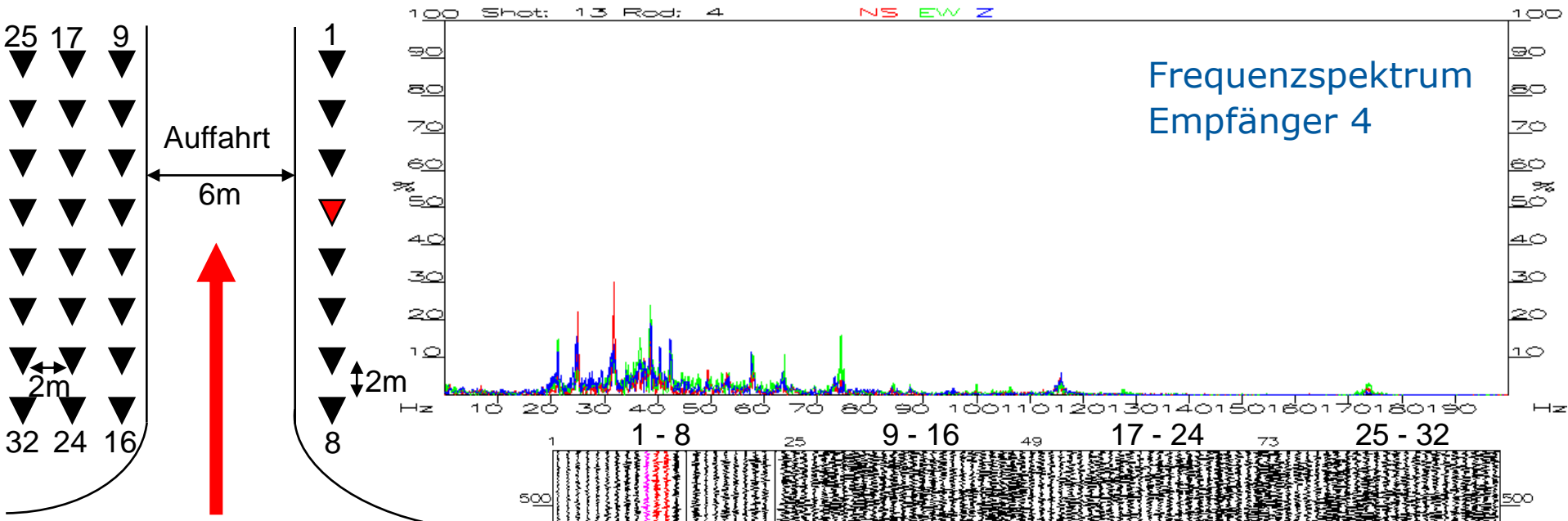


2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009

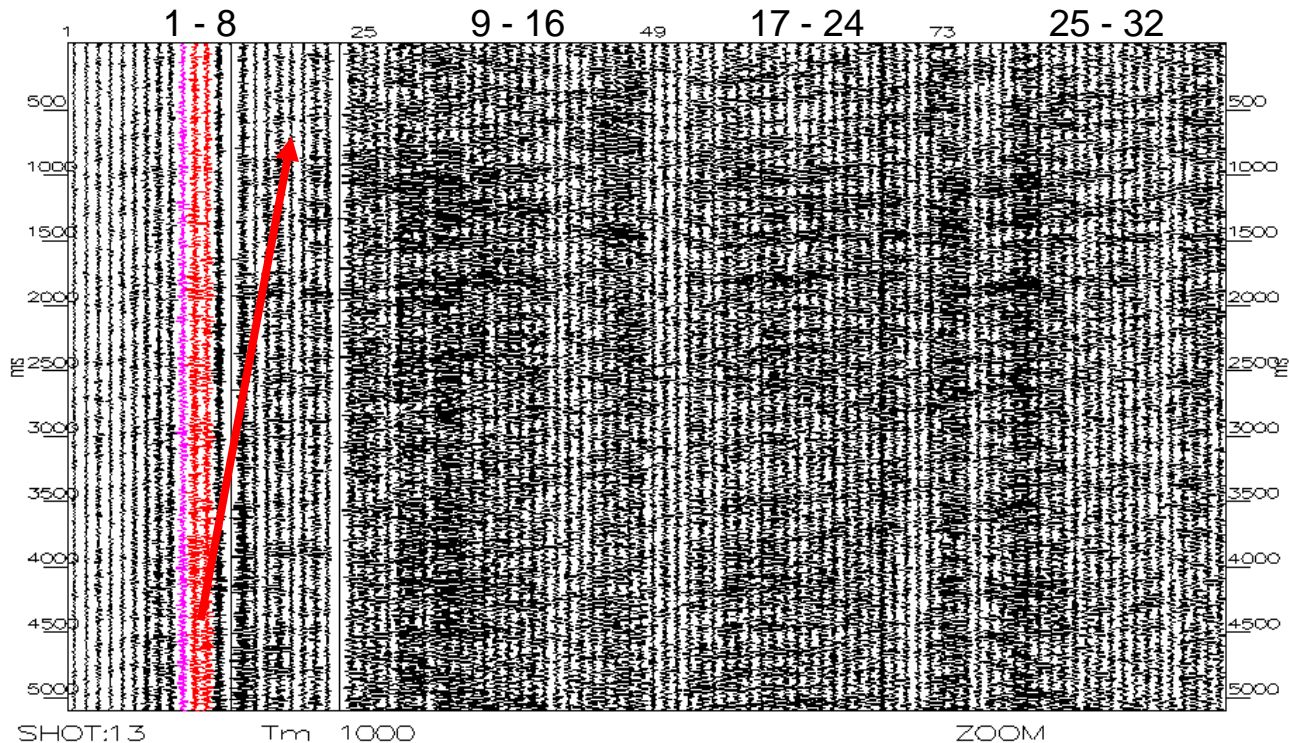


1 Person - laufend





„Gator“ - langsam



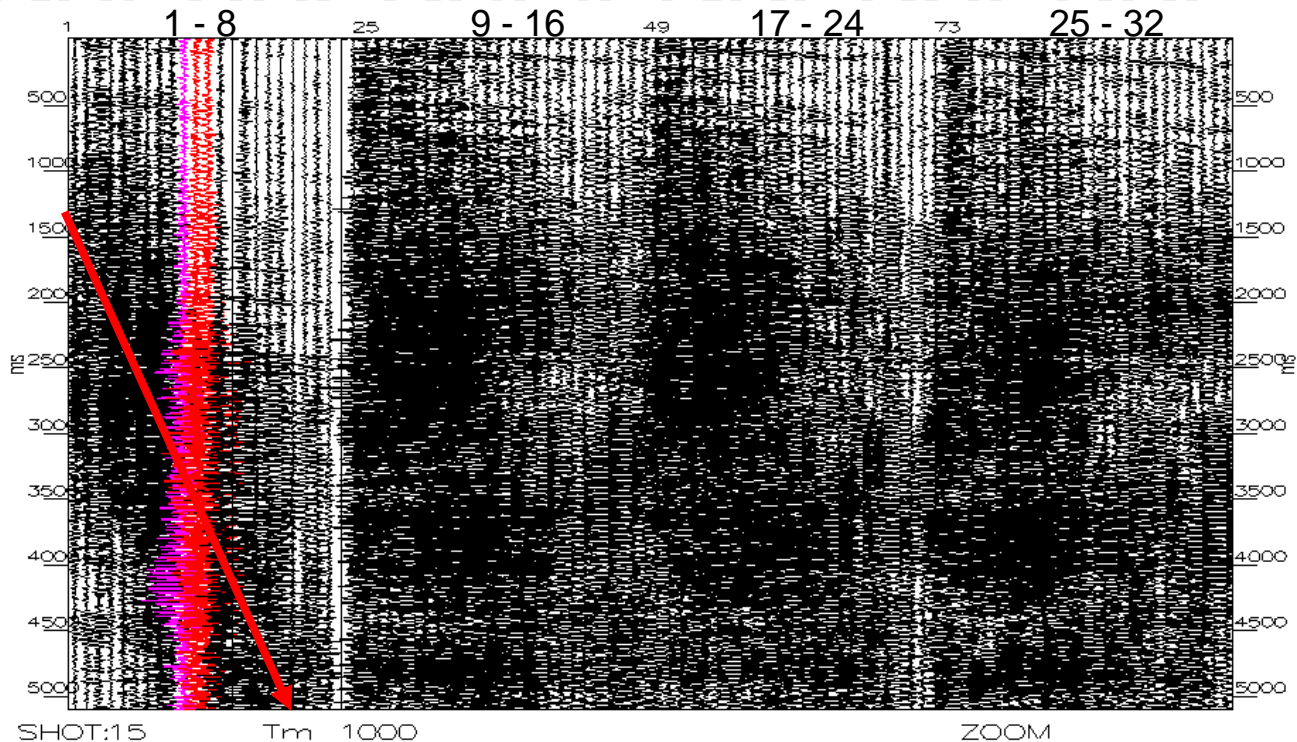
SHOT:13

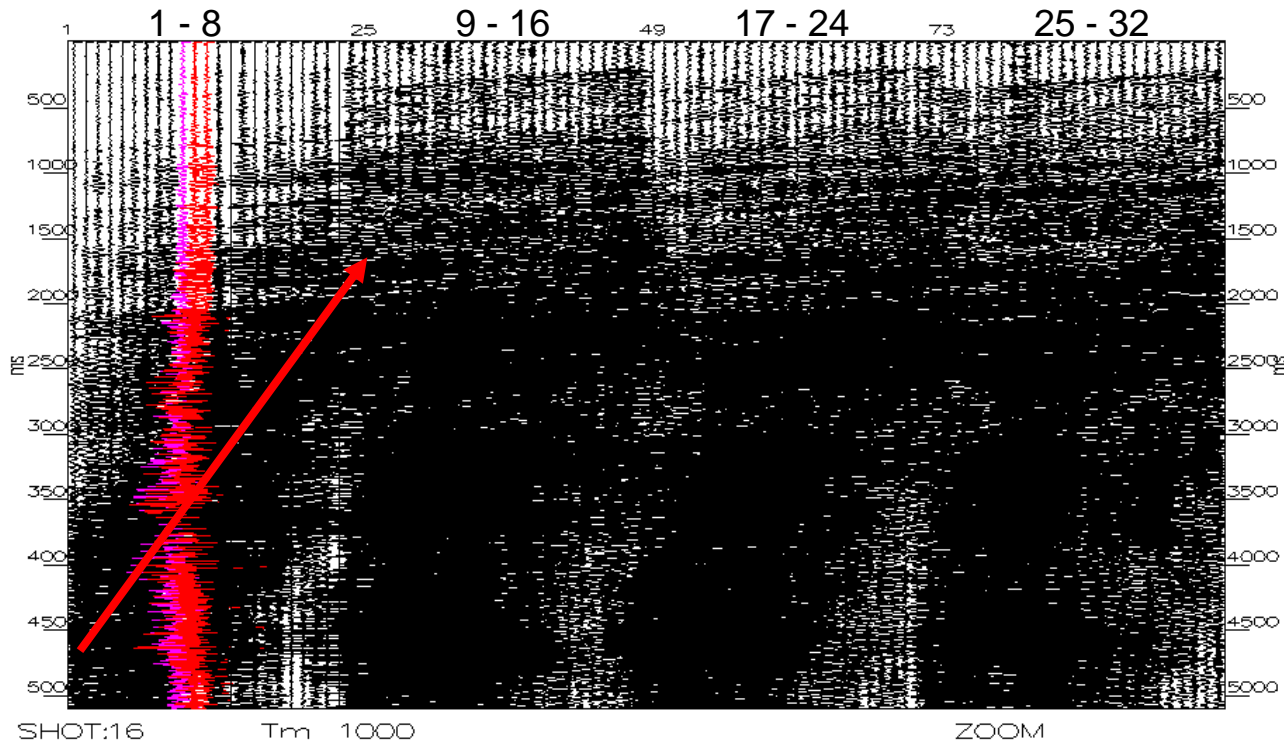
Tm 1000

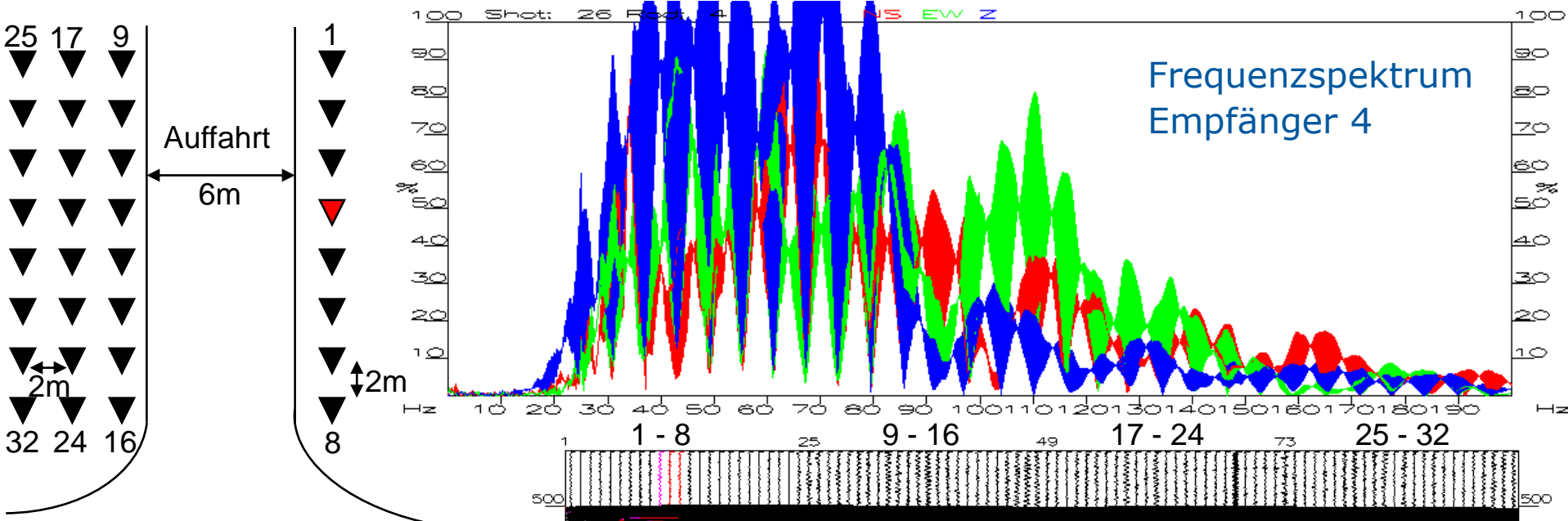
ZOOM

2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009

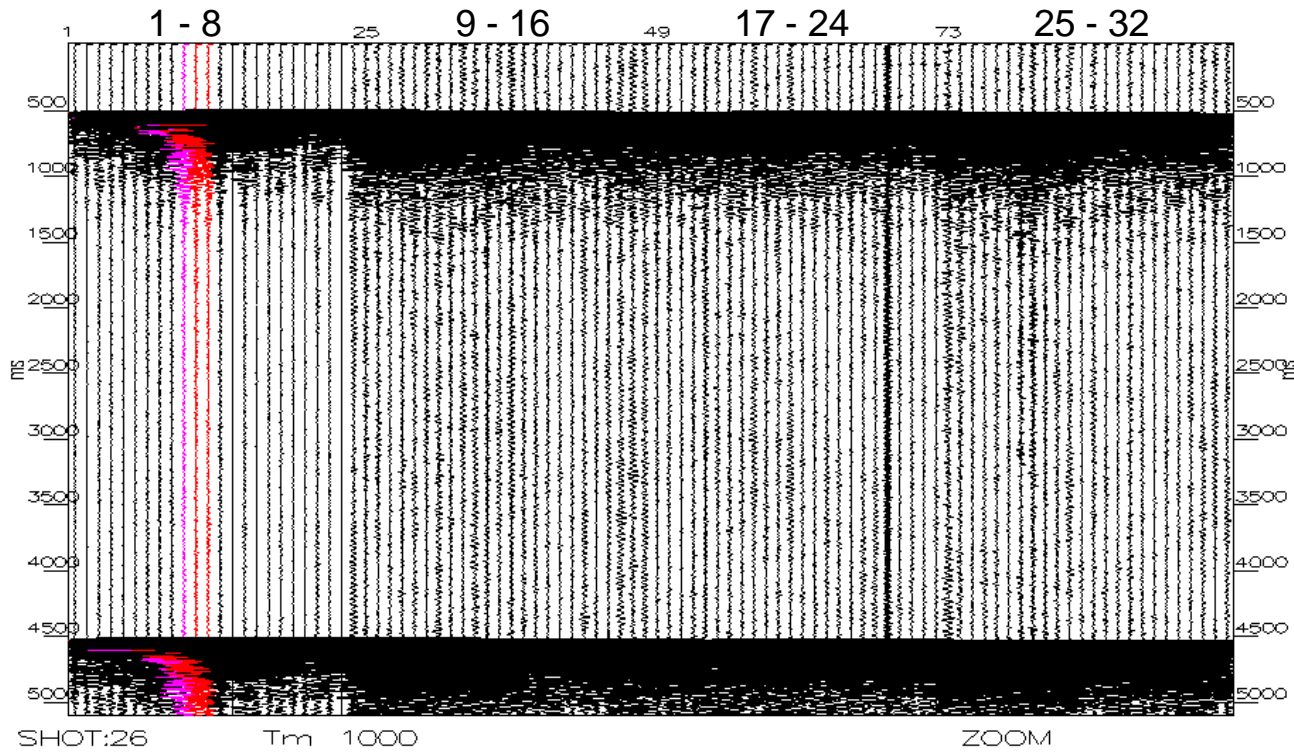








5 kg Hammerschlag



Einsatz von drahtlosen Messsystemen in der Seismik

2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009

Entwicklung des Integrated Seismic Imaging System (ISIS)

Das Messprinzip und die Systemkomponenten



Seismische Quellen



Seismische Empfänger



Daten-Akquisition



Registrierung und Auswertung

Motivation

Subsurface



Black Box

€€€ For sale €€€

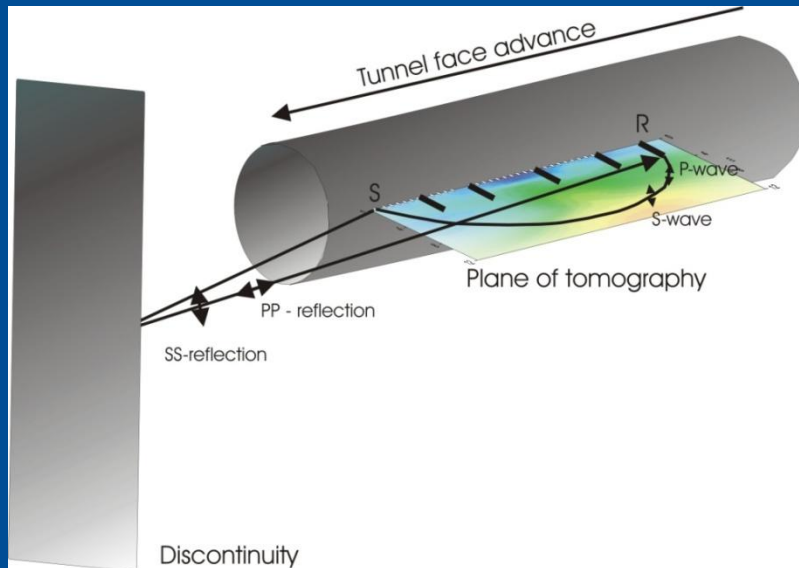
Excavation



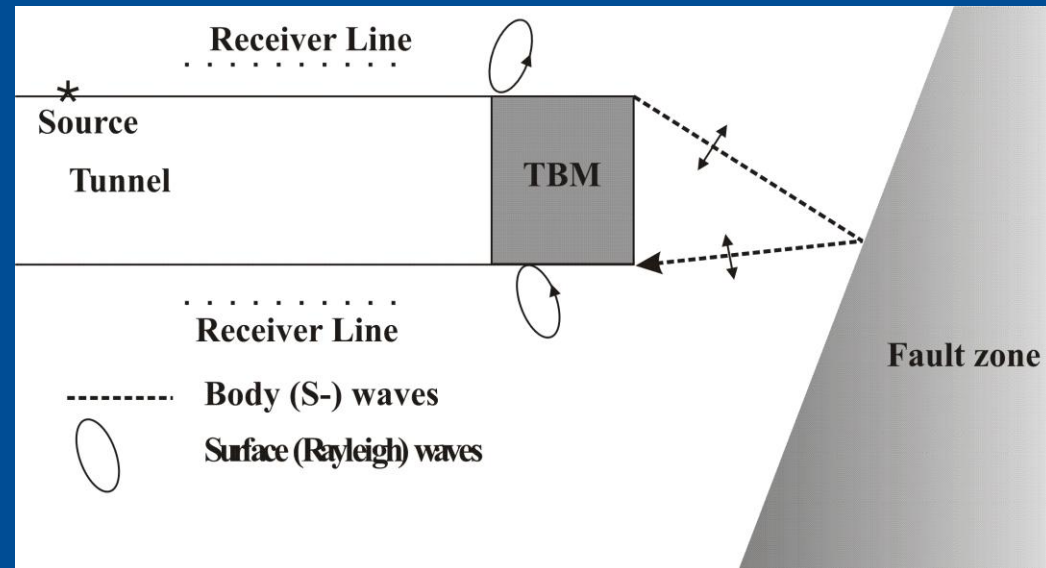
S. Lüth, 2008

Entwicklung des Integrated Seismic Imaging System (ISIS)

Messprinzip: Ausbreitung seismischer Wellen entlang eines Tunnels



Wellenausbreitung - Vorstellung bis 2004



Bohlen et al., 2006

Wellenausbreitung - Vorstellung ab 2005

Entwicklung des Integrated Seismic Imaging System (ISIS)

Entwicklung der seismischen Quellen



1999:
Test des ersten Prototyps eines
pneumatischen Impulshammers in
der „Reichen Zeche“, TU Freiberg

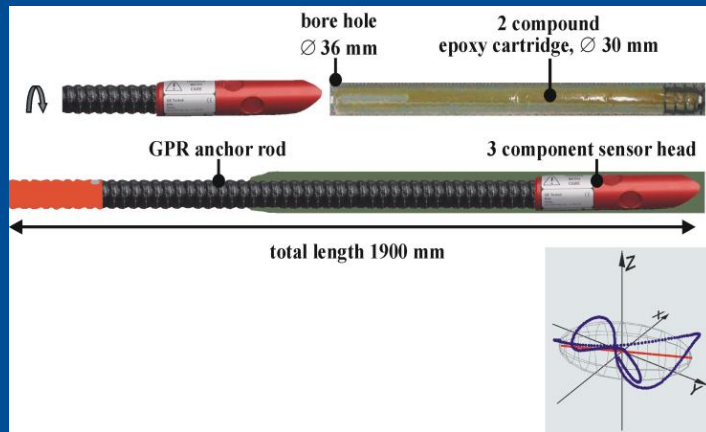


2005:
Pneumatischer Impulshammer -
Einsatz an einem Minibagger,
Piora-Sondierstollen, Schweiz



2007:
Pneumatischer Impulshammer -
Einsatz am TBM-Gripper, Glendoe,
Schottland

Entwicklung eines seismischen Empfängersystems



2001: Grundprinzip des „Geophonankers“



2004: Setzen eines Empfängerrohres für das wiederverwendbare Empfängersystem in der „Reichen Zeche“, TU Freiberg

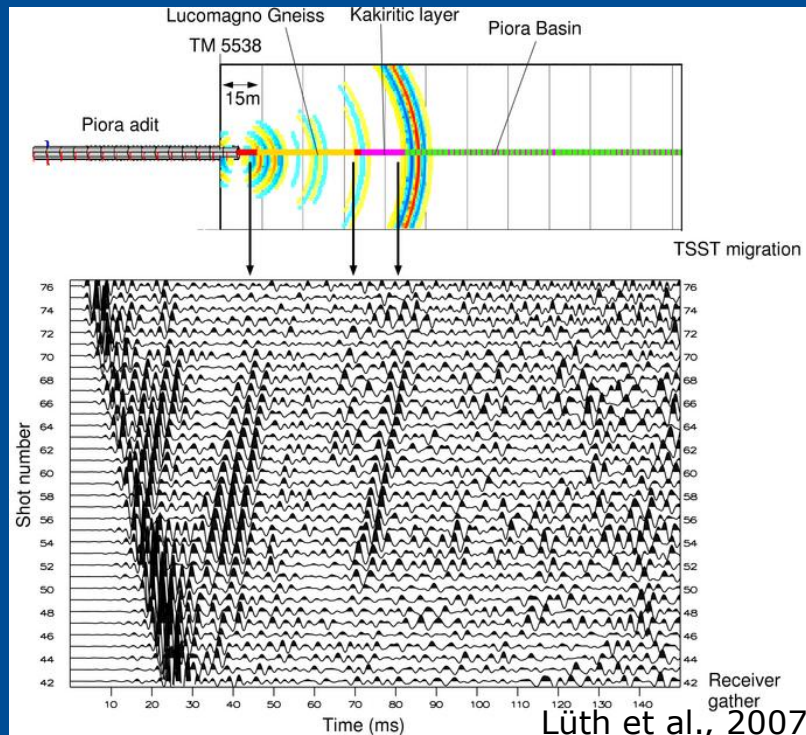


2006: Einsatz im Tunnel Maurice Lemaire, Frankreich

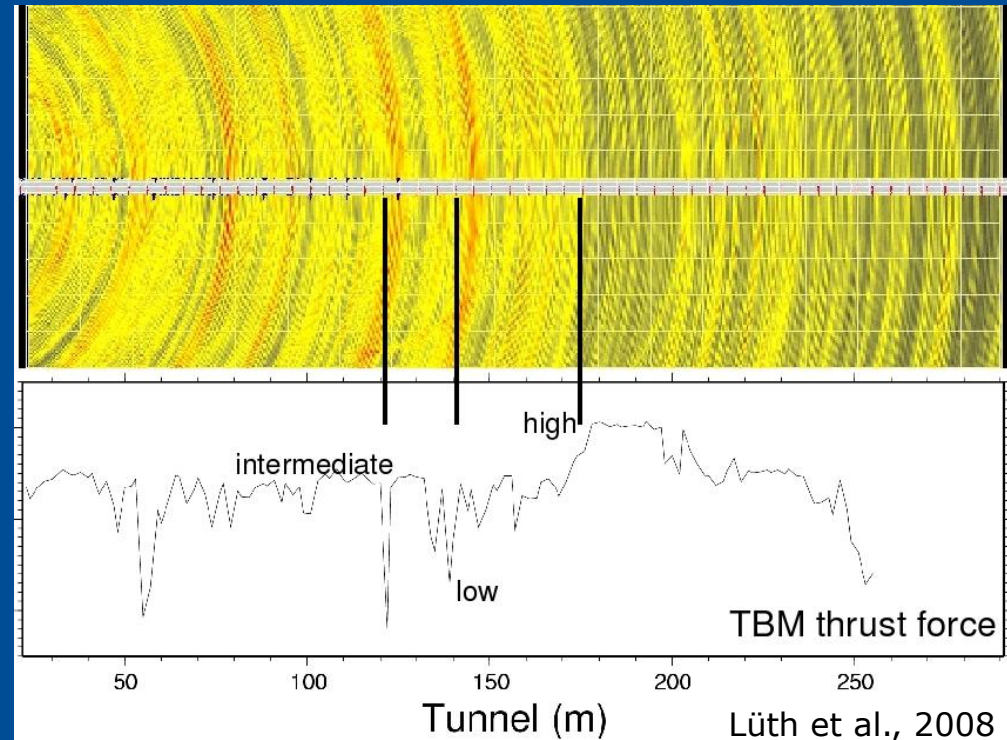
2. Workshop „Drahtlose Sensornetze (WSN)“, München, 3. - 4. Dezember 2009

Entwicklung des Integrated Seismic Imaging System (ISIS)

Software-Programm ISIS zur Datenauswertung



2005: Ergebnis der seismischen Vorauserkundung im Piora-Sondierstollen, Schweiz. Oben: migrierte Reflektoren, Unten: Seismogramme

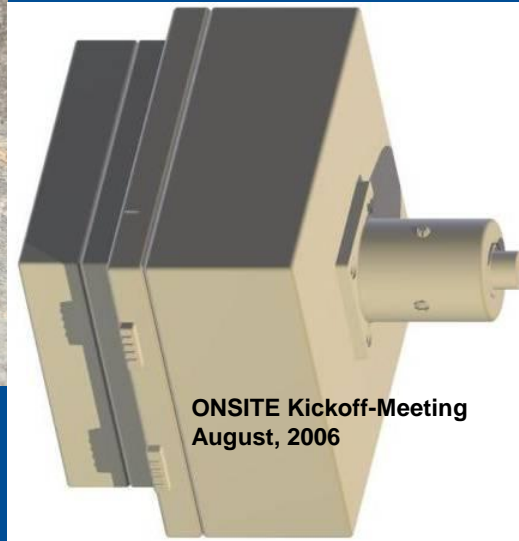


2007: Ergebnis der seismischen Vorauserkundung im Tunnel von Glendoe, Schottland. Oben: migrierte Reflektoren, Unten: Anpressdruck der TBM

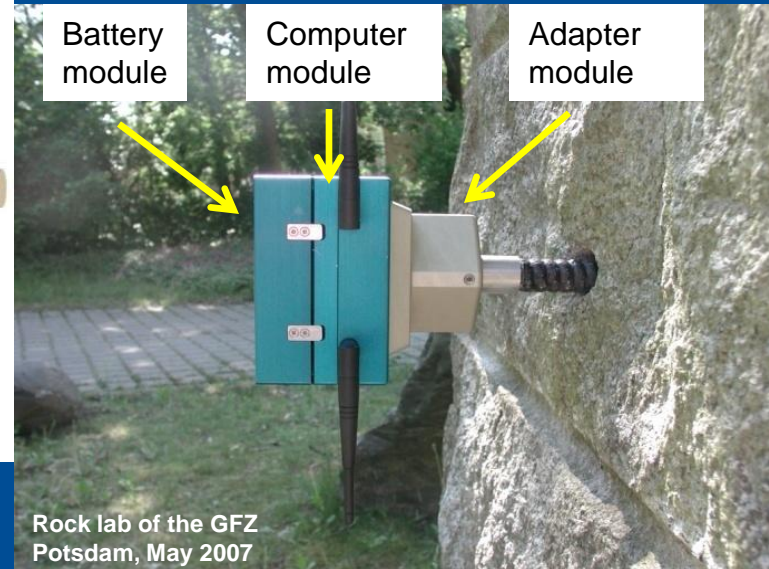
Entwicklung des drahtlosen Daten-Akquisitionssystem



2005: Test des ersten Prototyps eines drahtlosen Datenloggers in der „Reichen Zeche“, TU Freiberg



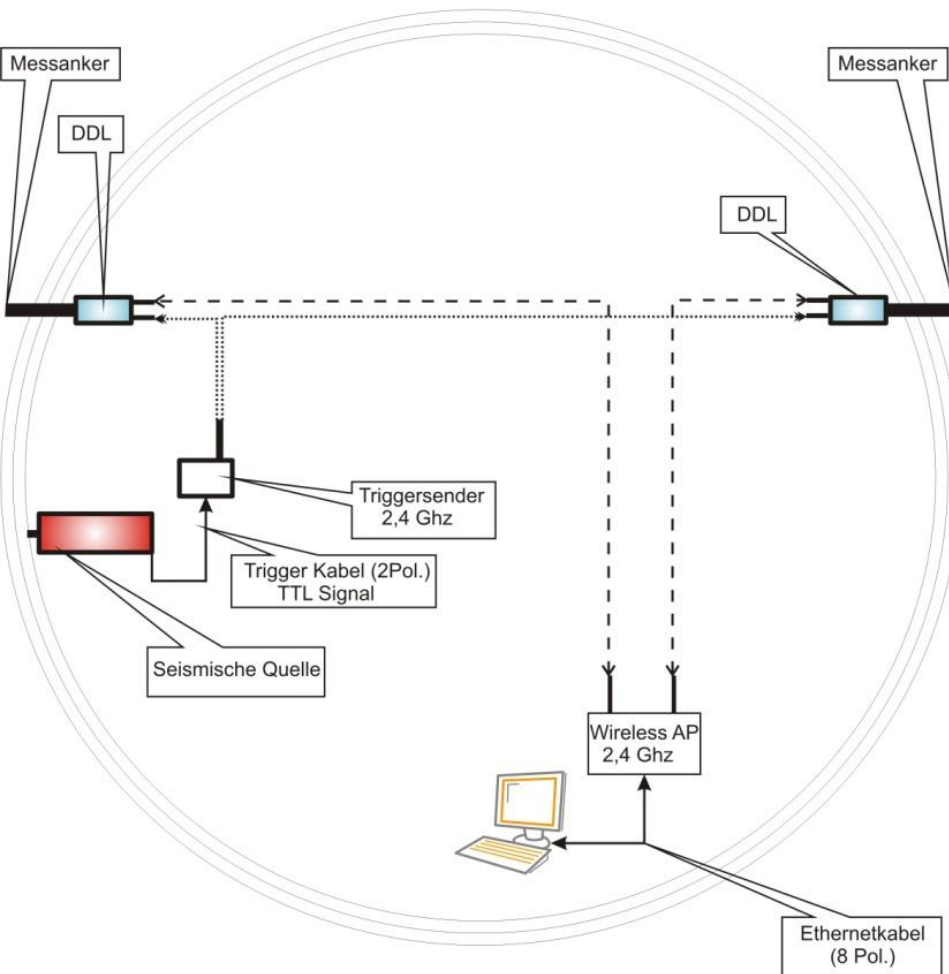
2006: Modell eines drahtlosen Datenloggermoduls, A. Mahlitz (TFH Wildau)



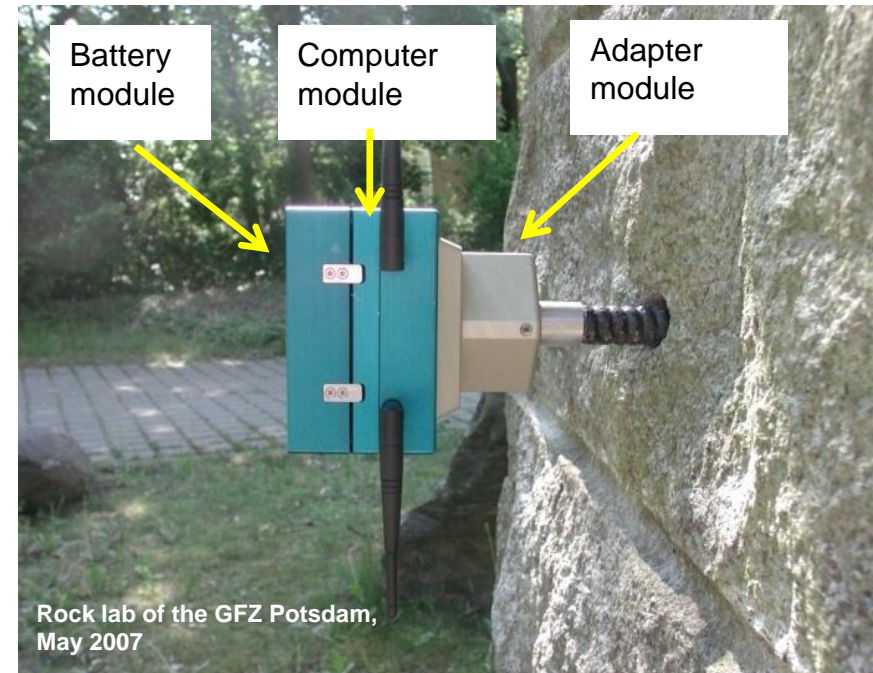
2007: Test des Datenloggers am GFZ

Einsatz von drahtlosen Messsystemen in der Seismik

Prinzipieller Messaufbau DDL



UDL –Underground Data Logger

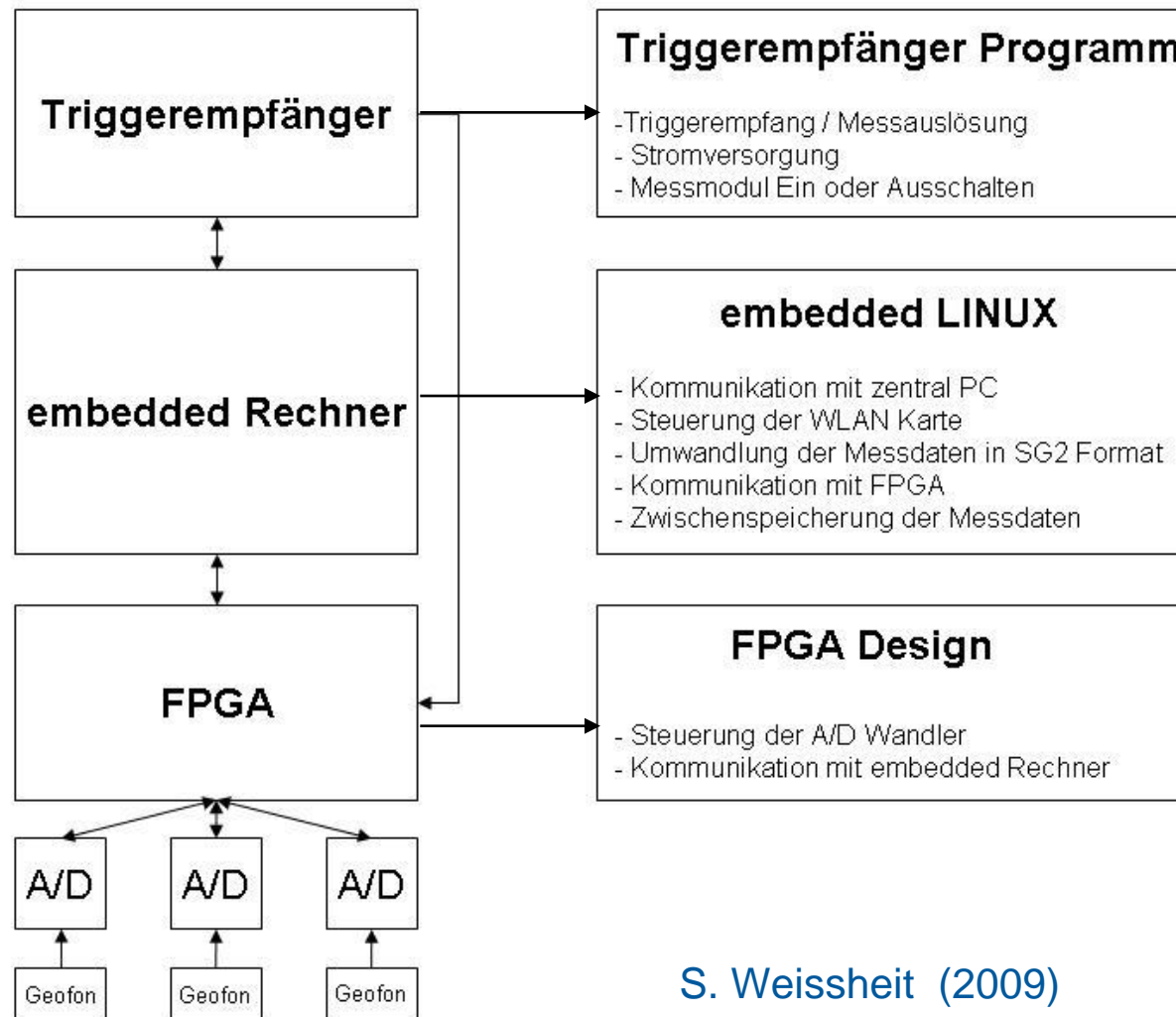


S. Weissheit (2009)

UDL: Aufbau und Funktionsweise

Hardware

Software



S. Weissheit (2009)

UDL- Datenblatt

02-2009

Technische Daten:

| | | | |
|--|------|---------|------|
| • Analoge Eingänge | 3 | | |
| • Abtastrate | bis | 96 | kHz |
| • Auflösung | | 24 | bit |
| • Eingangspegel +/- | 2,5 | V | |
| • Messdatenspeicher Compact Flash Statisch | | 1 | GB |
| • Messdatenübertragung IEEE 802.11b | | | |
| • Triggerung | | 2,4 | GHz |
| • Triggerdynamik über gesamten Messaufbau | max. | 20 | µs |
| • Aufzeichnungslänge (je Messung) | | 2,0 | s |
| • Datenformat | SEG2 | | |
| • Leistungsaufnahme | | 4 bis 5 | Watt |
| • Akku LiPo | | 8,4 | V |
| | | 2,4 | Ah |
| | | 4,2 | V |
| | | 21,6 | Ah |

Akkuüberwachung

Spannungswächter

Abmessung UDL (mit Messankermodule, ohne Antennen)

| | | |
|----------------------|-----|----|
| Höhe | 161 | mm |
| Breite | 135 | mm |
| Tiefe | 137 | mm |
| Höhe Messankermodule | 66 | mm |

Außentemperatur getestet bis 40 °C

Schnittstellenextern: WLAN IEEE 802.11 bg, LAN 10/100mbit, RS232, I²C

Drahtlose Messsysteme auf dem Markt

Einsatz –Modi

- **Vernetzt (Real Time Data Collection, On Demand)** : Daten werden unmittelbar nach der Messung drahtlos an einen Server übermittelt
- **Autonom:** Daten werden in einem Festspeicher gesichert und später „abgeholt“
 - UNITE (Fa. Vibtech) (WLAN), autonom und vernetzt
 - SIGMA™ (Fa. Seismic Source), autonom und vernetzt
 - ULTRA G5™ (Fa. Ascend Geo), autonom
 - ZLAND (Fa. Fairfield), autonom

Fazit

- Drahtlose Messsysteme finden eine immer größer werdende Anwendung in der Seismik/Seismologie (Über- und Untertage).
- Vorteile gegenüber kabelbasierten Systemen sind u. a. eine einfache und schnelle Installation (wichtig in unwegsamen Gelände) und geringe Transportvolumina an Material.
- Drahtlose seismische Messsysteme können in einem autonomen und einem vernetzten Modus betrieben werden. Der autonome Betrieb ist wichtig für den Einsatz in Regionen mit geringen Übertragungreichweiten (z.B. Dschungel, urbane Gebieten). Er erlaubt aber keine zeitnahe Kontrolle und Auswertung der Daten („blindes“ Aufzeichnen).

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

rudi@gfz-potsdam.de

