

Aesch: Bestimmung eines Wellengeschwindigkeitsprofils

Standort: Aesch, Basel Landschaft

Seismische Station: keine

Methode: Arraymessungen, Inversion kombiniert mit H/V

Datum: März 2005

Messung durch: Hans-Balder Havenith

Auswertung durch: Donat Fäh, Hans-Balder Havenith

Geologische Daten: Erich Fäh (Bohrkataster BS /BL)

Dokumente:

Files und Daten: /mercalli/project/interreg3/Array_measurement/Aesch

Mächtigkeit (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Kommentar / Geologie
5-8	< 1350	110-150	Löss
ca.10	>1350	240-290	Gehängeschutt
ca.10		300-400	Melettaschichten verwittert
ca.10		400-550	Melettaschichten verwittert
ca.20	1600-2500	500-650	Melettaschichten (Härteklasse 1) Dichte: 2000 g/cm ³
20-25	1800-2500	650-750	Melettaschichten (Härteklasse 1)
	3400 ^B (3200-3600)	2000 ^B (1800-2000)	Geophysikalischer Fels, Sannoisien. Die lithologische Schicht innerhalb des Sannoisien ist entweder ein Kalkkonglomerat oder ein harter Kalkstein. Beide besitzen die Härteklasse 4. Dichte: 2350 g/cm ³

Tabelle: Vorgeschlagenes vereinfachtes Geschwindigkeitsmodell am Standort Aesch. Aufgrund der gemessenen Geschwindigkeiten entspricht der Standort einer Bodenklasse C oder D nach SIA261. ^B) Die Geschwindigkeiten in den tiefsten Schichten wurden mit Hilfe von Bohrlochmessungen am Standort Otterbach erhalten (GPI, 2001).

Geologie

Die oberste Schicht besteht aus einer 5 bis 10 Meter mächtigen Lössablagerung. Löss ist eine äolische, feinporöse Ablagerung in Silt-Korngrösse, welche aus feinen, eckigen Quarzkörnern besteht und einen hohen Kalkanteil enthält. Der Löss ist primär ungeschichtet gelagert. An der Oberfläche ist er verwittert und entkalkt (Lösslehm) und neigt an Hanglagen zu Verschwemmungen und Solifluktion. Unter der Lössschicht liegt der gelöste Kalk in Form von „Lösskindel“ vor. In gewissen Abschnitten enthält der Löss eine reiche Gastropodenfauna und ebenfalls innerhalb der Lössablagerungen kommen vereinzelt Paläoböden vor.

Unter dem Löss befindet sich ein 5 bis 10 Meter mächtiger Gehängeschutt. Dieser besteht aus den höher gelegenen Sequankalken und Rauracien-Korallenkalken und

besitzt eine sandig - siltige Matrix. In diesem Array-Gebiet befinden sich keine Bohrungen, deshalb sind die Angaben über den Gehängeschutt Annahmen.

Die Meletta Schichten bilden den geologischen Fels. Es sind dies graublau, glimmerführende Tone, welche mergelige Sandlagen besitzen. Die Härteklassierung der Meletta Schichten beträgt 1. Diese Klassierung, welche im Interreg Projekt eingeführt wurde, kann Werte zwischen 1 (weiches Gestein, wie z.B. Ton) und 5 (sehr hartes Gestein wie z.B. Granit) annehmen.

Das Schichtverzeichnis ist im Appendix A gegeben.

Der Grundwasserspiegel liegt bei ca. 308 m ü.M., in 6 m Tiefe.

Referenz: Bohrkataster BS /BL

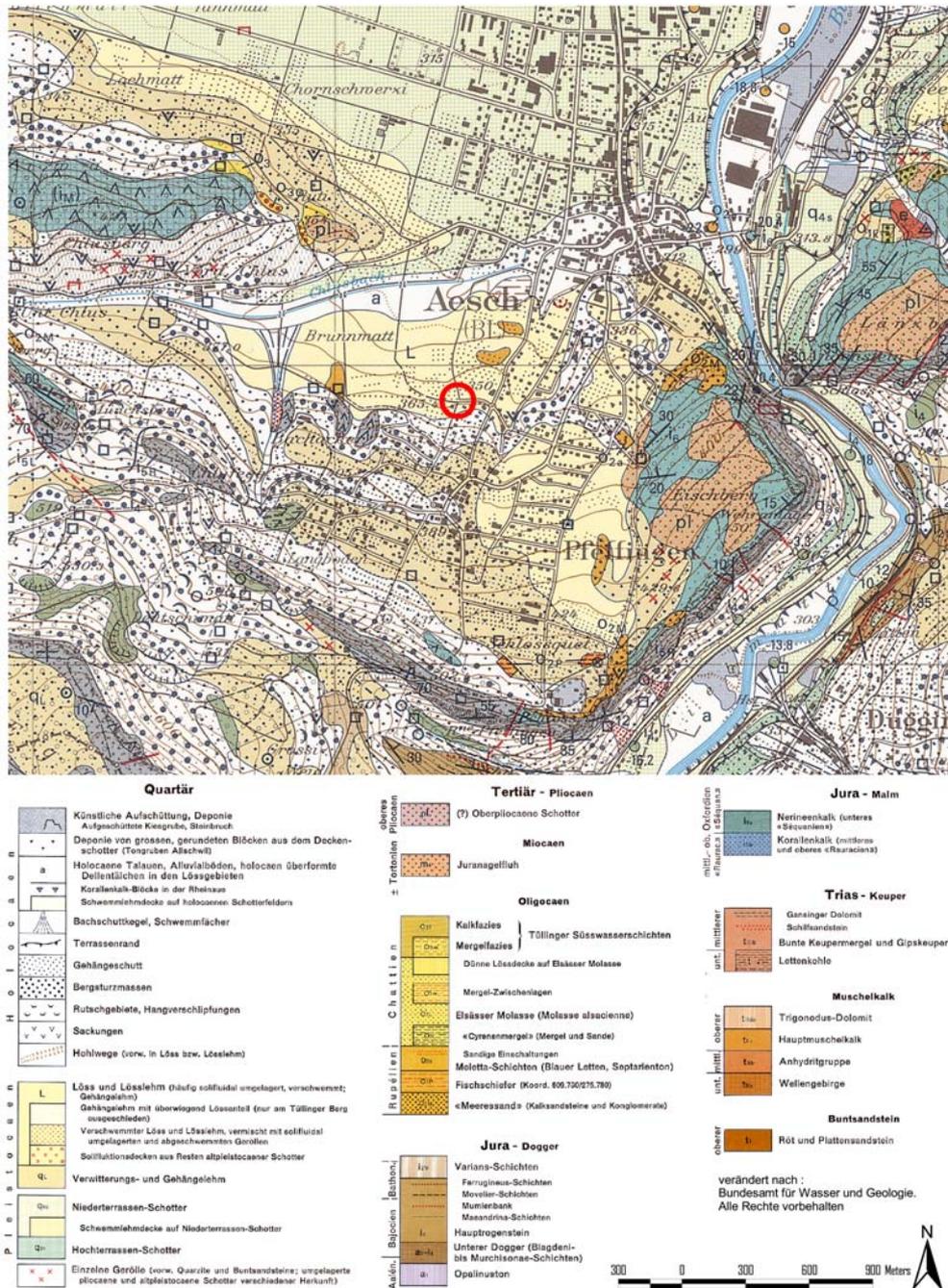


Abbildung 1. Oberflächengeologie beim Standort Aesch.

Messungen der Eigenfrequenz der Lockersediment-Ablagerungen

Abbildung 2 zeigt die Lage des Arrays Aesch. Ein H/V Spektrum an der zentralen Station des Arrays ist in Abbildung 3 gezeigt. Das gut ausgebildete Maximum bei der Resonanzfrequenz (1.6-2 Hz) deutet auf einen grossen Geschwindigkeitskontrast zwischen Fels und Lockersedimenten hin. Die langsam abfallende hochfrequente Flanke des H/V Peaks deutet zudem auf einen starken Geschwindigkeitsgradienten hin.

Die H/V Analyse an den verschiedenen Stationen im Array zeigt (Abbildung 4), dass die Fundamentalfrequenz und die Amplitude des H/V Peaks innerhalb des Arrays relativ stark variieren zwischen 1.4-2.2 Hz bzw. 3-7. Dies schliesst auf eine wechselnde Struktur des Untergrundes, was wiederum die Zuverlässigkeit und Qualität der gemessenen Dispersionskurve (s. Abb. 5) beeinträchtigt.

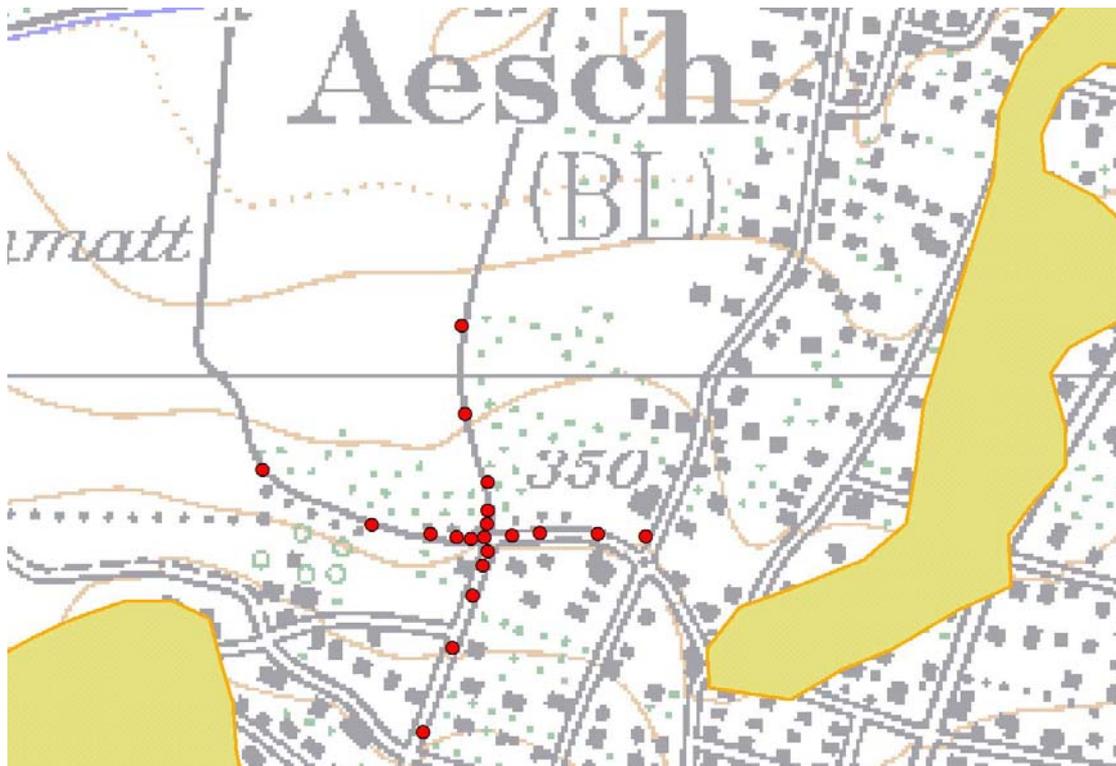


Abbildung 2. Angewandte Arraygeometrie am Standort Aesch (rote Punkte). Der Radius des äusseren Kreuzes beträgt etwa 150m.

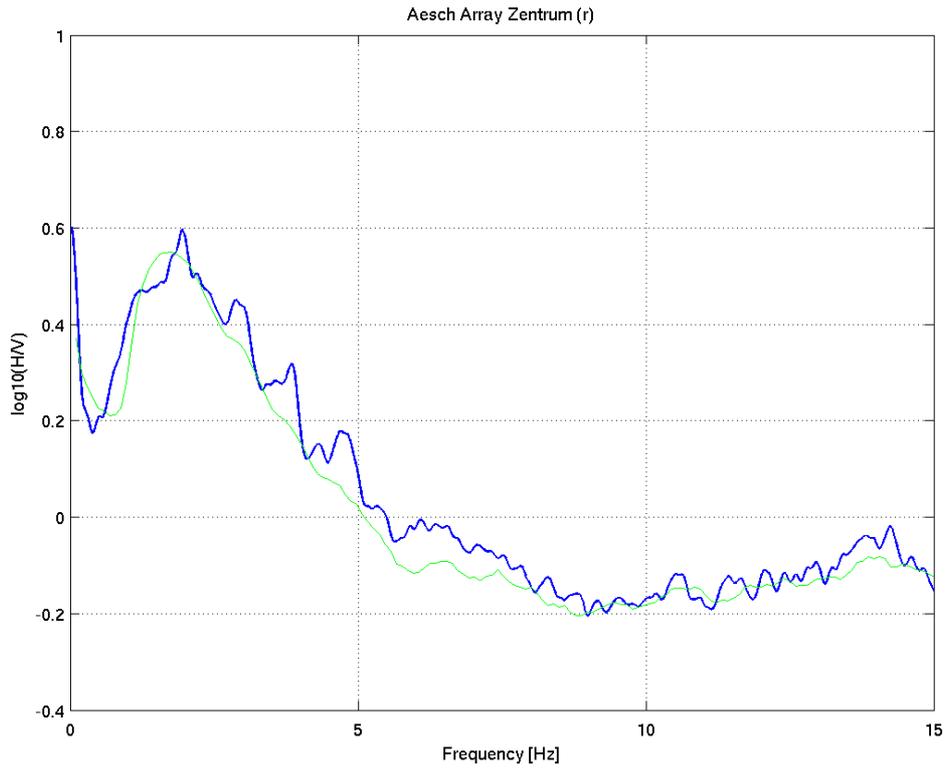
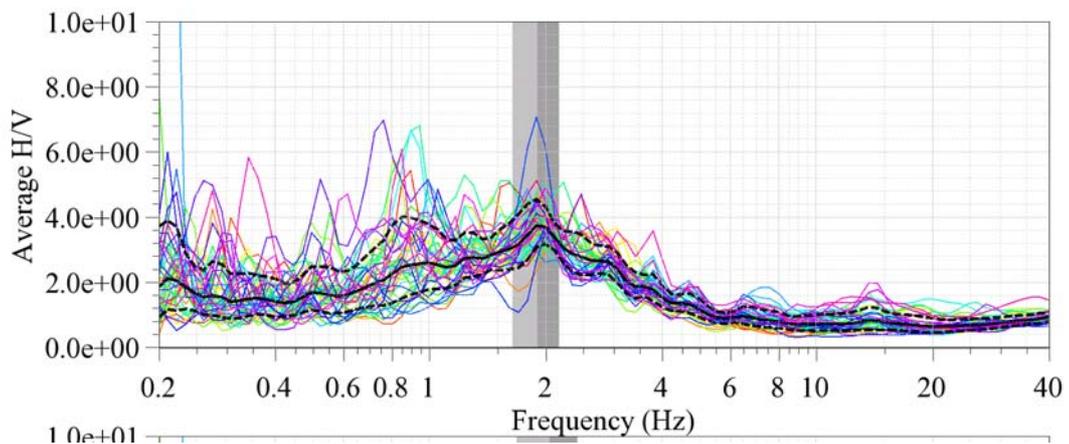


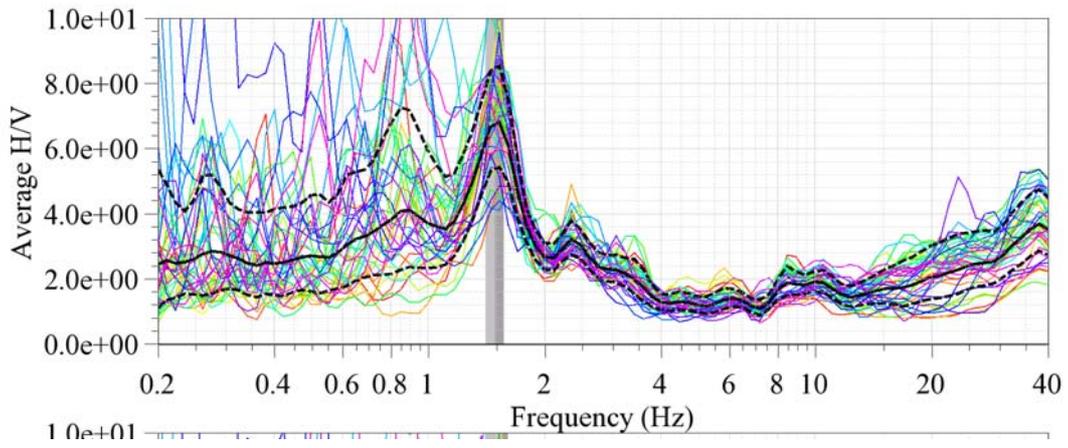
Abbildung 3. Resultat der H/V Polarisationsanalyse (H/V in log10) bei der zentralen Station des Arrays Aesch (blau: klassische Methode; grün: Frequenz-Zeit Analyse).

Array-Zentrum

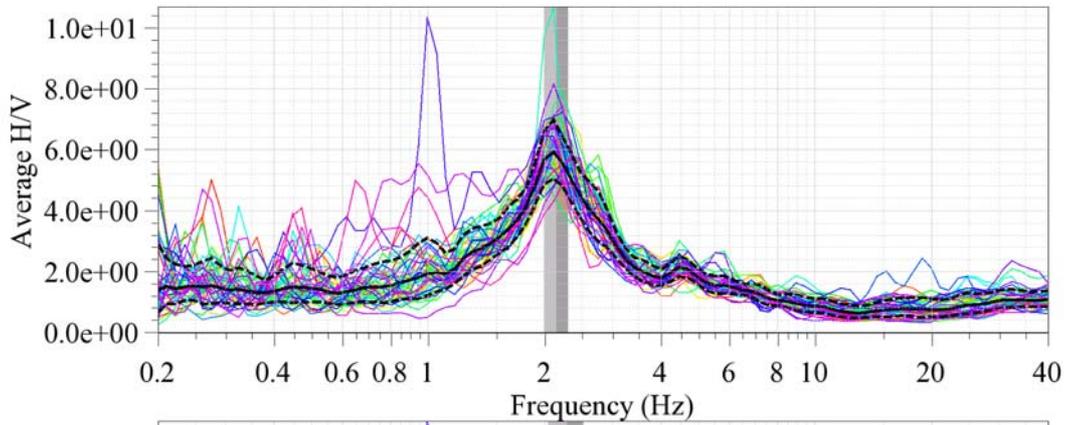


10.05.2006

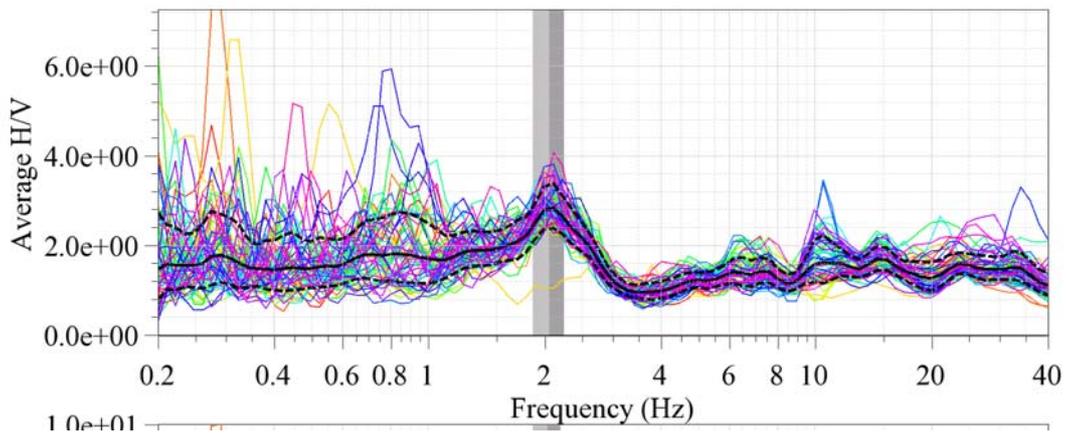
Kreuz 5 Station Nord 0°



Kreuz 5 Station Nord 90°



Kreuz 5 Station Nord 190°



Kreuz 5 Station Nord 290°

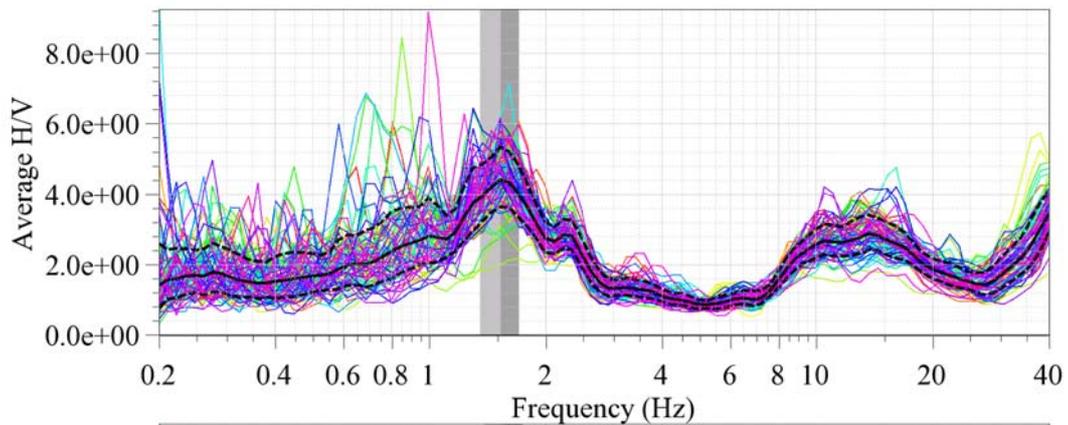


Abbildung 4. Resultat der H/V Polarisationsanalyse der Stationen im Array bei Aesch.

Inversion mit Einstationsmethode

Nicht ausgeführt.

Arraymessung

Die Dispersionskurven wurden durch die Maxima im Frequenz-Wellenzahl-Spektrum definiert; die Phasengeschwindigkeit nimmt allerdings nicht stetig mit zunehmender Frequenz zu, sondern weist leichte Schwankungen auf. Die Resultate der drei Konfigurationen wurden zu einer kombinierten Dispersionskurve zusammengefügt (Abbildung 5). Die Resultate der F-K Analyse für die Arraykonfigurationen sind in Appendix B gegeben. Es zeigt sich, dass die Dispersionskurve nur bis ca. 2 Hz zuverlässig bestimmt werden kann. Die Unregelmässigkeiten der Kurve im Bereich zwischen 4 und 6 Hz könnten durch einen Modensprung von der Fundamentalmode zur ersten höheren Mode entstanden sein. Solche Sprünge sind in Strukturen mit zwei grösseren S-Wellenkontrasten möglich. Wenn die gemessene Dispersionskurve alleine invertiert wird, ergibt sich als Lösung das Modell in Abbildung 6. Hervorzuheben ist hier die sehr geringe S-Wellen Geschwindigkeit der obersten Schicht (200 m/s von 0-15m Tiefe), wahrscheinlich eine Ablagerung von Loess.

Die alleinige Inversion der Dispersionskurven erlaubt keine Bestimmung der Mächtigkeit der Lockersedimente. Dies wird durch eine kombinierte Inversion der Phasengeschwindigkeit und der H/V Kurve erreicht.

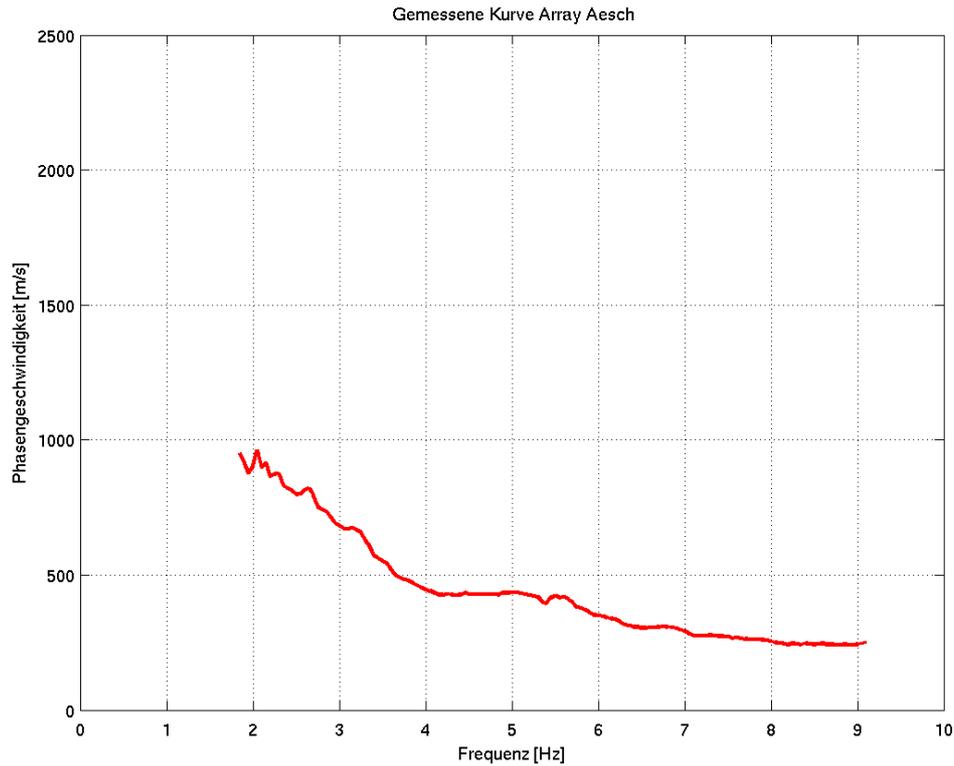


Abbildung 5. Gemessene Dispersionskurve am Standort Aesch, Es wurden hier nur die vertikalen Komponenten des Arrays analysiert.

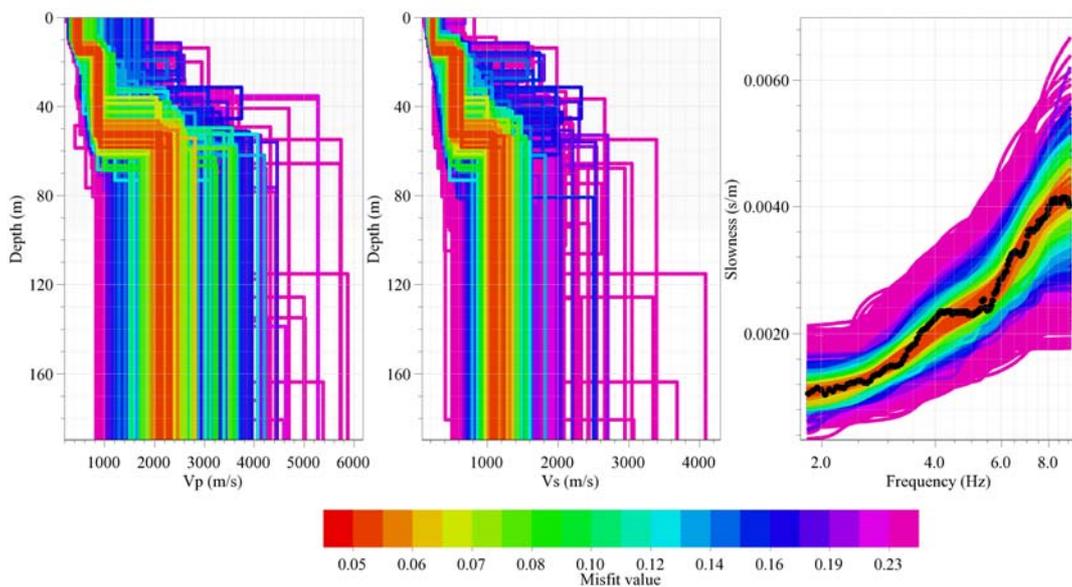


Abbildung 6. Gemessene Dispersionskurven und daraus invertierte Modelle beim Standort Aesch. Die roten Bereiche zeigen die am besten passenden Modelle, wenn nur mit Hilfe der Dispersionskurve invertiert wird. Es wurde ein Modell mit drei Schichten angenommen. Für diese Analyse wurde die Software CAP und SESARRAY verwendet, welche innerhalb des SESAME Projekts entwickelt wurde (Ohrnberger, 2004; Wathelet, 2005).

Kombinierte Inversion mit Hilfe der Phasengeschwindigkeit und Elliptizität

Die Ergebnisse der kombinierten Inversion sind in Abbildung 7 und 8 gezeigt (Inversion nach Fäh et al., 2001, 2003). Die Inversionen erfolgten mit unterschiedlicher Gewichtung der Dispersionskurve und H/V Kurve in den verschiedenen Frequenzbereichen. Die Anpassungen an die gemessenen Kurven sind in Abbildung 7 gezeigt. Dabei werden die gemessene Phasengeschwindigkeit, die Flanken der H/V Kurve und die Fundamentalfrequenz verwendet. Modelle werden gesucht, unter folgenden Bedingungen:

- a) Grüne Kurven: Berücksichtigung der gemessenen Phasengeschwindigkeit; Berücksichtigung der Flanken der H/V Kurve und deren Unsicherheit.
- b) Blaue/Gelbe Kurven: Berücksichtigung der gemessenen Phasengeschwindigkeit; Berücksichtigung der Flanken der H/V Kurve und deren Unsicherheit; Annahme eines Modensprungs in der Dispersionskurve von der Fundamentalmode (blau) zur ersten höheren Mode (gelb).

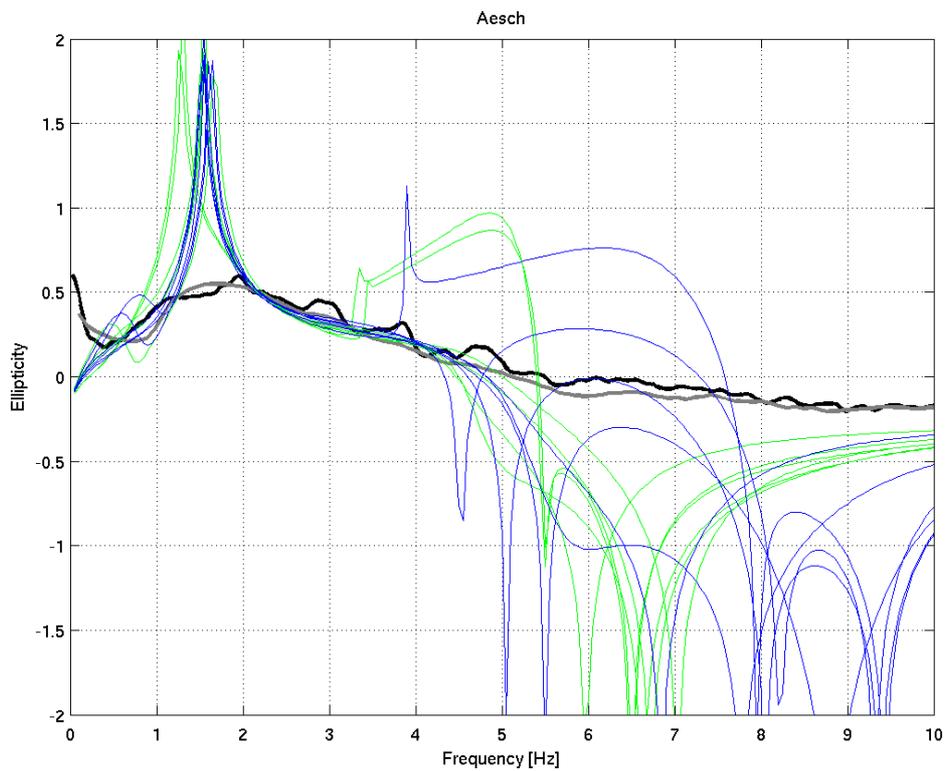
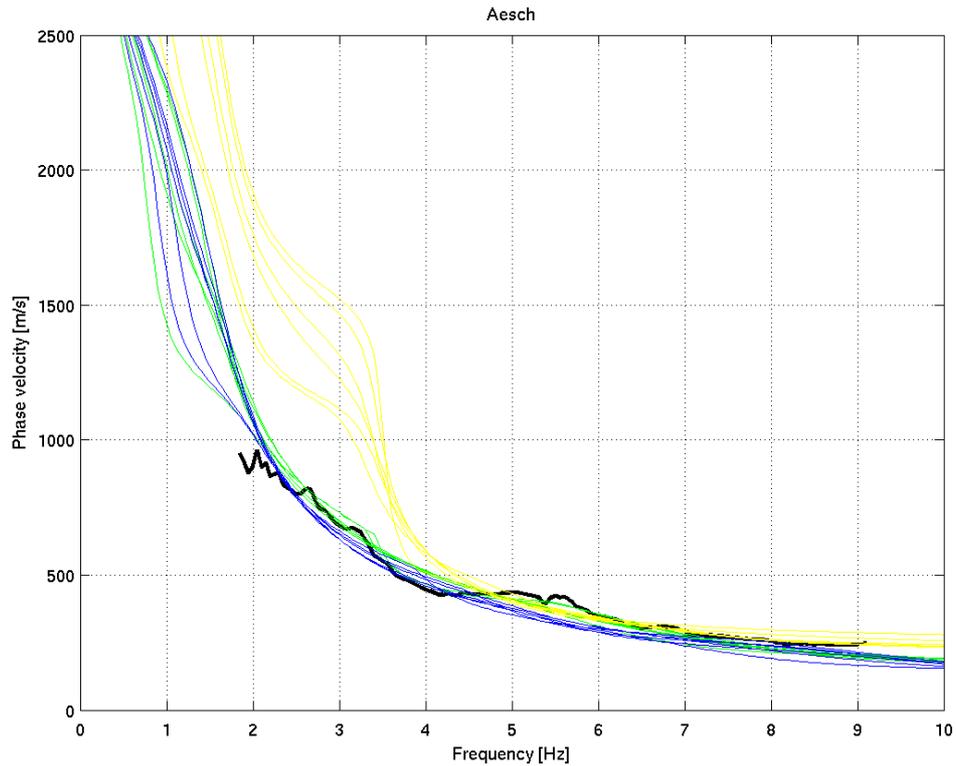


Abbildung 7. Anpassung der Phasengeschwindigkeit (oben) an die gemessenen Werte und der Elliptizität (unten) der Rayleighwellen an das H/V Spektrum am Standort Aesch.

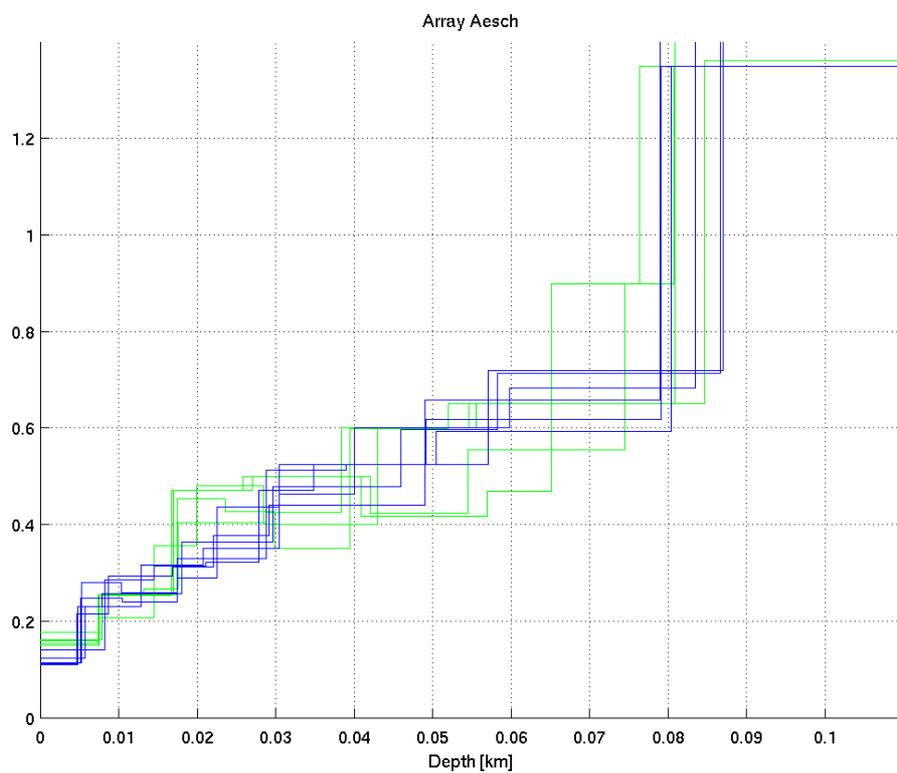
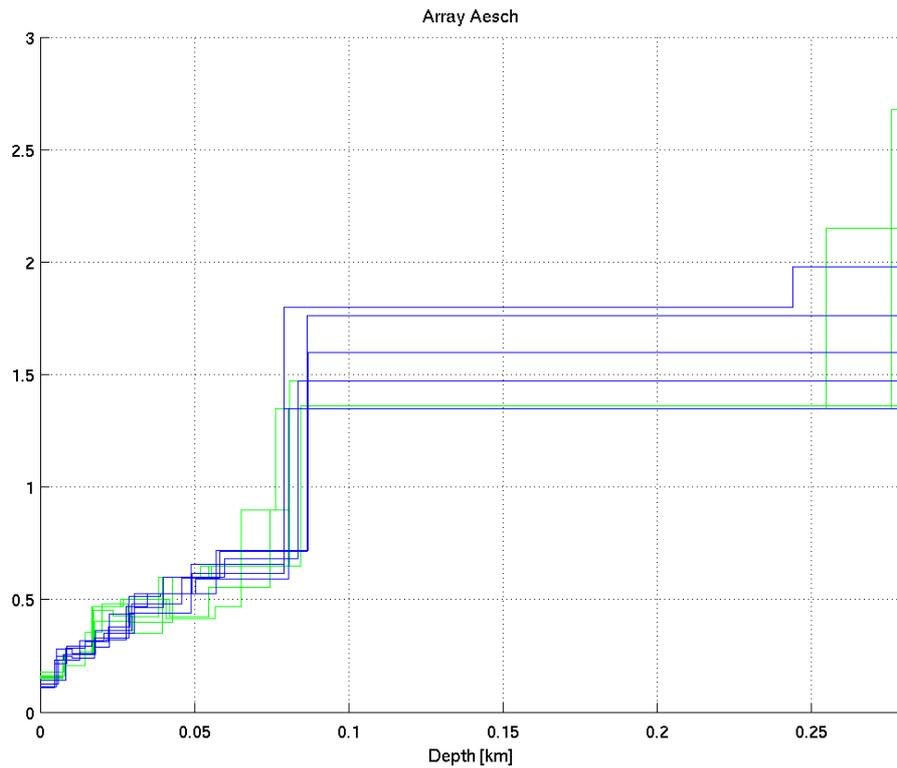


Abbildung 8. Invertierte S-Wellenprofile. Die blauen Strukturen entsprechen den bevorzugten Modellen.

In Abbildung 8 sind die Ergebnisse der Inversion gezeigt. Die bevorzugten Modelle sind in blauer Farbe gegeben. Sie wurden unter der Annahme eines Modensprungs in der Dispersionskurve erhalten. An der Oberfläche ist eine Schicht, welche mit den Messungen nicht gut aufgelöst werden kann. Diese oberste Schicht besteht aus einer 5 bis 8 Meter mächtigen Lössablagerung. Wir erwarten tiefe S-Wellengeschwindigkeiten. Unter dieser Annahme liegen die S-Wellengeschwindigkeiten für die ersten 5-8m bei ca. 110-150m/s. Darunter liegt Gehängeschutt mit ca. 10m Mächtigkeit und S-Wellengeschwindigkeiten im Bereich 240-290m/s. Melettaschichten folgen in ca. 15-20m Tiefe. Die Melettaschichten sind im oberen Teil stark verwittert (ca. 10m mit 300-400m/s). Die S-Wellengeschwindigkeit nimmt mit der Tiefe zu: von 400-550 m/s in ca. 30-40 m Tiefe auf 500-650 m/s in ca. 40-60 m Tiefe. Ab ca. 60 m Tiefe erreicht die S-Wellengeschwindigkeit in den Melettaschichten 600-750 m/s. Der geophysikalische Fels wird in einer Tiefe von 80-90 m erreicht. Da die H/V Kurve eine grosse Polarisierung zeigt, wird ein starker Geschwindigkeitskontrast zwischen geophysikalischem Fels und Lockersedimenten erwartet. Die Geschwindigkeiten im Fels können nicht aufgelöst werden. Drei der gefundenen Strukturen sind im Appendix C gegeben (blaue Kurven in Abbildung 8).

Andere Messungen am Standort oder in ähnlichen Strukturen

keine

Resultate aus den seismischen Messungen (GGA)

keine

Referenzen

- Bitterli-Brunner, P. et al.: Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1067, Arlesheim, mit Erläuterungen. Schweizerische geologische Kommission, Bern, 1984.
- Fäh, D., Rüttener, E., Noack, T. and Kruspan, P., 1997. Microzonation of the city of Basel. *Journal of Seismology*, 1, 87-102.
- Fäh, D., Noack, T. und Kruspan, P., 1997. Bewertung des geologischen Untergrundes der Region Basel Stadt auf die seismische Erschütterungsfähigkeit. In: D. Mayer-Rosa et al. (Ed.), *Erdbebengefährdung und Mikrozonierung in der Schweiz*, VdF, Schlussbericht NFP31, 55-67.
- Fäh, D., Kind, F. and D. Giardini, 2001. A theoretical investigation of average H/V ratios. *Geophysical Journal Int.*, 145, 535- 549.

10.05.2006

- Fäh, D., Kind, F., Giardini, D., 2003. Inversion of local S-wave velocity structures from average H/V ratios, and their use for the estimation of site-effects. *Journal of Seismology*, 7, 449-467.
- GPI Basel, 2001. Bohrloch Otterbach II. Geologisch-Paläontologisches Institut (GPI) der Universität Basel, unveröffentlichte Daten.
- Gürler, B. et al.: Geologie der Umgebung von Basel, mit Hinweisen über die Nutzungsmöglichkeiten der Erdwärme. 1987, 43pp, Bern.
- Kind, F., 2002. Development of Microzonation Methods: Application to Basle, Switzerland. PhD Thesis Nr. 14548, ETH Zuerich.
- Kind, F., Fäh, D., Giardini, D., 2004. Array measurements of S-wave velocities from ambient vibrations. *Geophysical Journal Int.*, 160, 114-126.
- Noack, T., Kruspan, T., Fäh, D. and Rüttener, E., 1997. Seismic microzonation of the city of Basel (Switzerland) based on geological and geotechnical data and numerical simulations. *Ecloga Geol. Helv.*, 90, 433-448.
- Ohrnberger M., 2004. User manual for software package CAP - a continuous array processing toolkit for ambient vibration array analysis. SESAME report D18.06, 83pp (<http://sesamefp5.obs.ujf-grenoble.fr>).
- Wathelet, M., 2005. Array recordings of ambient vibrations: surface-wave inversion. Liège University (Belgium), 177 pages.

10.05.2006

Appendix A: Schichtverzeichnis aus Bohrlochinformationen

Schichtverzeichnis

Aesch

Koordinaten: 611978.00 / 257415.00
Höhe über Meer: 314.35 m. ü. M.
Grundwasserstand: 308.05 m. ü. M

----- Bohrung BL – 11 T 23 -----

Quartär

Pleist.

0.00	bis	0.10	Quartär / Asphaltdecke
0.10	bis	0.25	Quartär / Kieskoffer
0.25	bis	0.90	Quartär / graubrauner und gelblicher, humoser, toniger Silt
0.90	bis	1.50	Quartär / kantige graubraune Kalkschotter mit Steinen
1.50	bis	2.25	Holozän / grauer, z.T. grünlicher sandiger Silt mit Kiesen
2.25	bis	3.80	Holozän / grüngrauer, z.T. bräunlicher toniger Silt, steifplastisch, mit graugrünem und rötlichem kantigem Mergelkies
3.80	bis	4.10	Holozän / kantiger Kalkkies
4.10	bis	4.65	Holozän / graugrüner sandiger Silt mit kantengerundetem Mergelkies
4.65	bis	5.40	Holozän / brauner Lehm, oben und unten kantiger Kalkkies
5.40	bis	6.20	Holozän / rotgrauer Silt mit Kalkbruchstücken
6.20	bis	9.80	Holozän / graugrüner sandiger Silt mit kantigen Kalkkiesen-, -steinen und – blöcken
9.80	bis	10.00	Holozän / violetter sandiger Silt mit Mergelkies
10.00	bis	10.35	Holozän / graubrauner steifplastischer Lehm
10.35	bis	10.90	Holozän / beiger Silt mit grünlichem Mergelkies
10.90	bis	11.55	Holozän /

10.05.2006

beiger und violetter, sandiger Silt mit kantigem Mergelkies

11.55 bis 12.50 Holozän /
beiger sandiger Silt

12.50 bis 12.85 Holozän /
grüngrauer toniger Silt mit kantigen Kiesen

Tertiär

 Oligo.

12.85 bis 13.50 Meletta-Schichten /
Uebergang von braunem zu blauem tonigem Silt bis siltigem Ton.
Einzelne kleine Kalkkiese

13.50 bis 15.30 Meletta-Schichten /
schwarzblauer halbfester bis fester Ton

----- Bohrtiefe BL – 11 T 23 -----

111.5 Top Sannoisien Streifige Mergel /
Konglomerate, Kalksteine und sandige Mergel
(Lage gemäss korrigiertem 3D Modell Region Basel)

Kreide

nicht vorhanden

Jura

 Malm 212.5 Top Malm
 (Lage gemäss korrigiertem 3D Modell Region Basel)

 Dogger

 Lias

Trias

 Keuper

 Muschelk. 1578.00 Top unterer Muschelkalk
 (Lage gemäss korrigiertem 3D Modell Region Basel)

 Bundsst.

Appendix B : FK Analyse

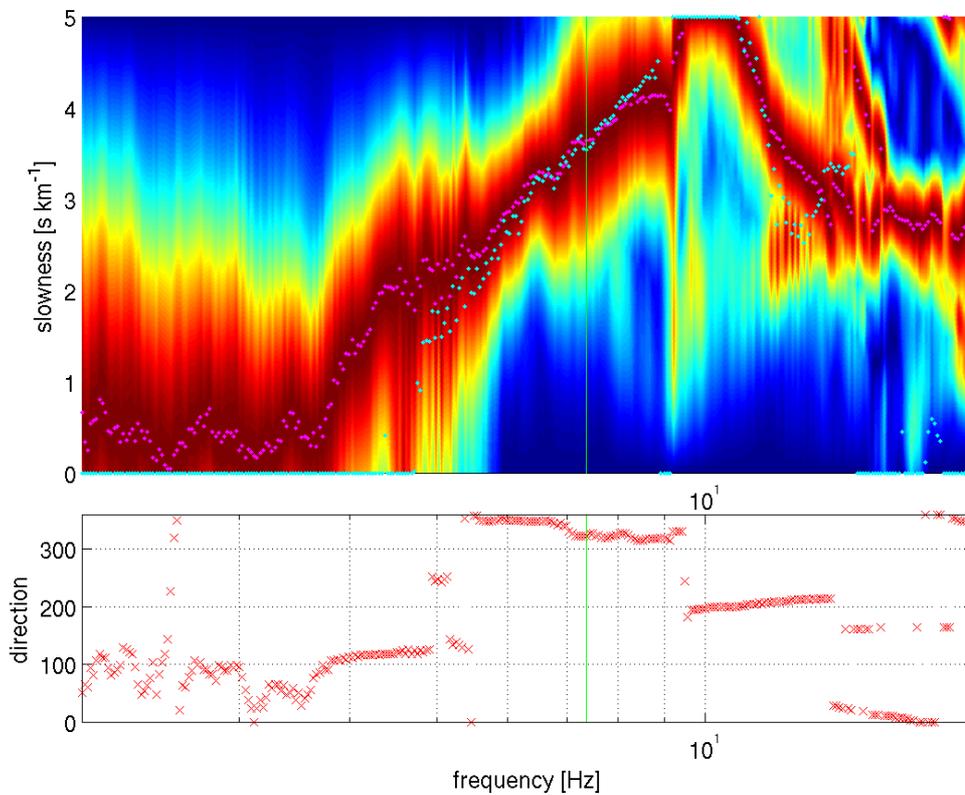
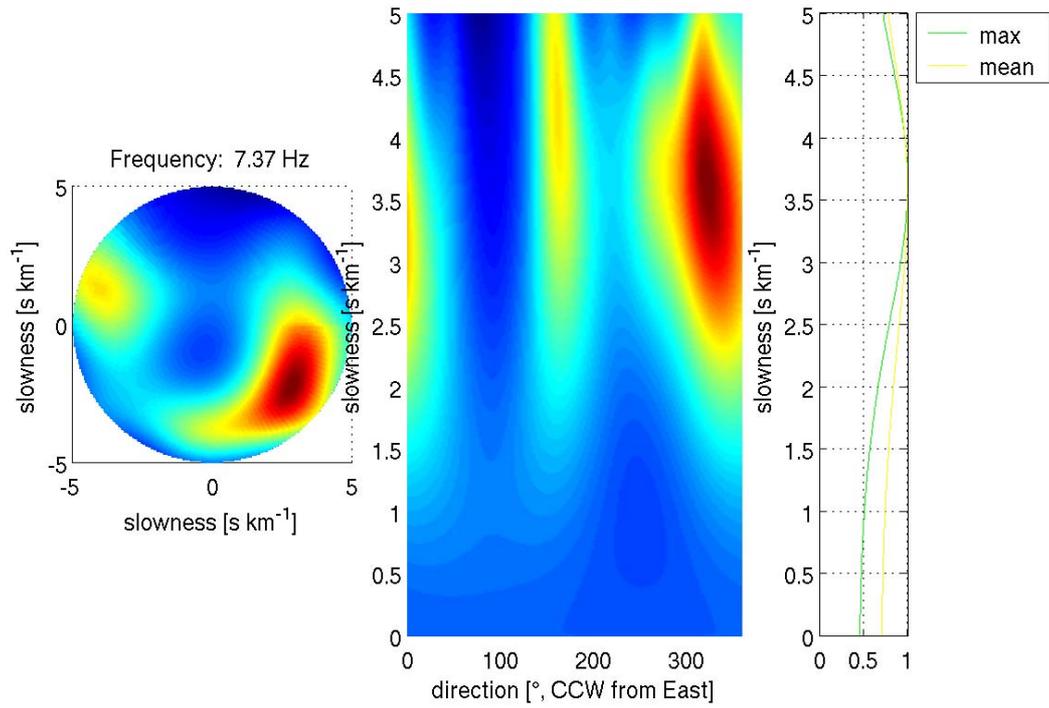


Abbildung B.1. : F-K Analyse und Dispersionskurve für die kombinierten Kreuze mit 10 bis 20 m Radius (möglicher Modensprung bei 5Hz).

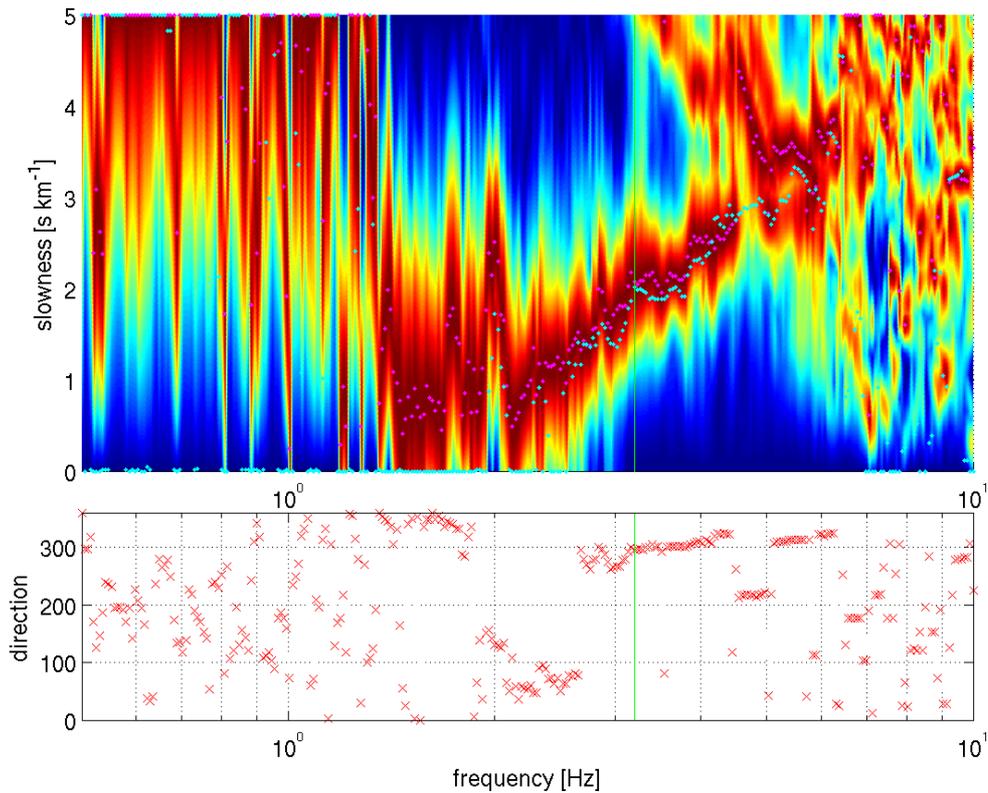
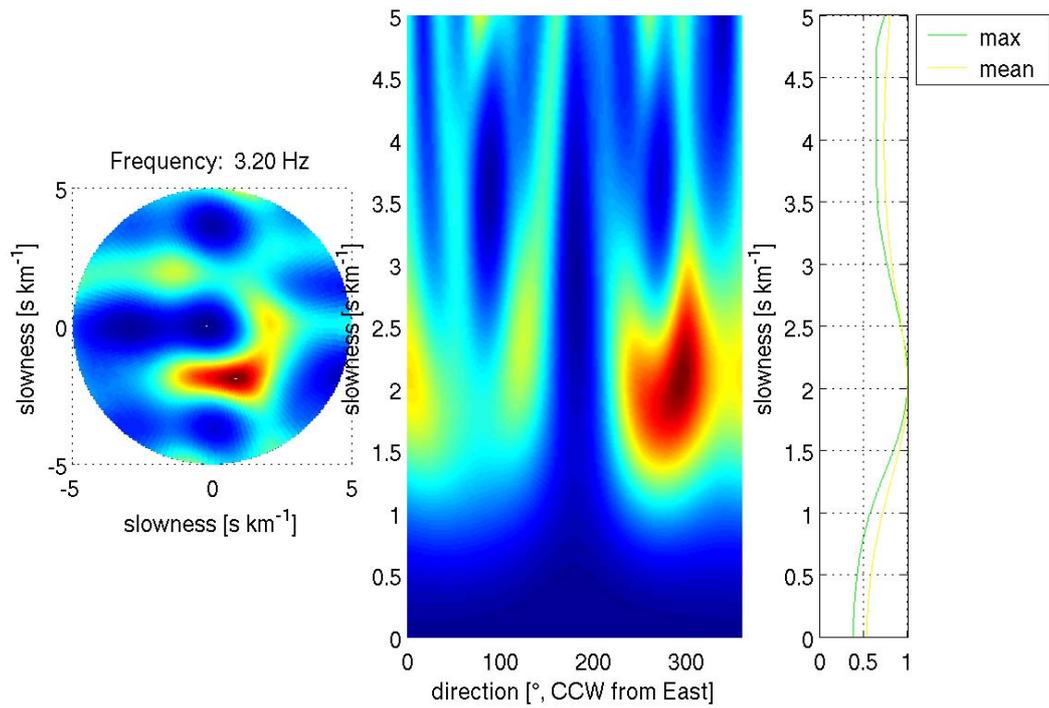


Abbildung B.2. : F-K Analyse und Dispersionskurve für die kombinierten Kreuze mit 40 bis 90 m Radius.

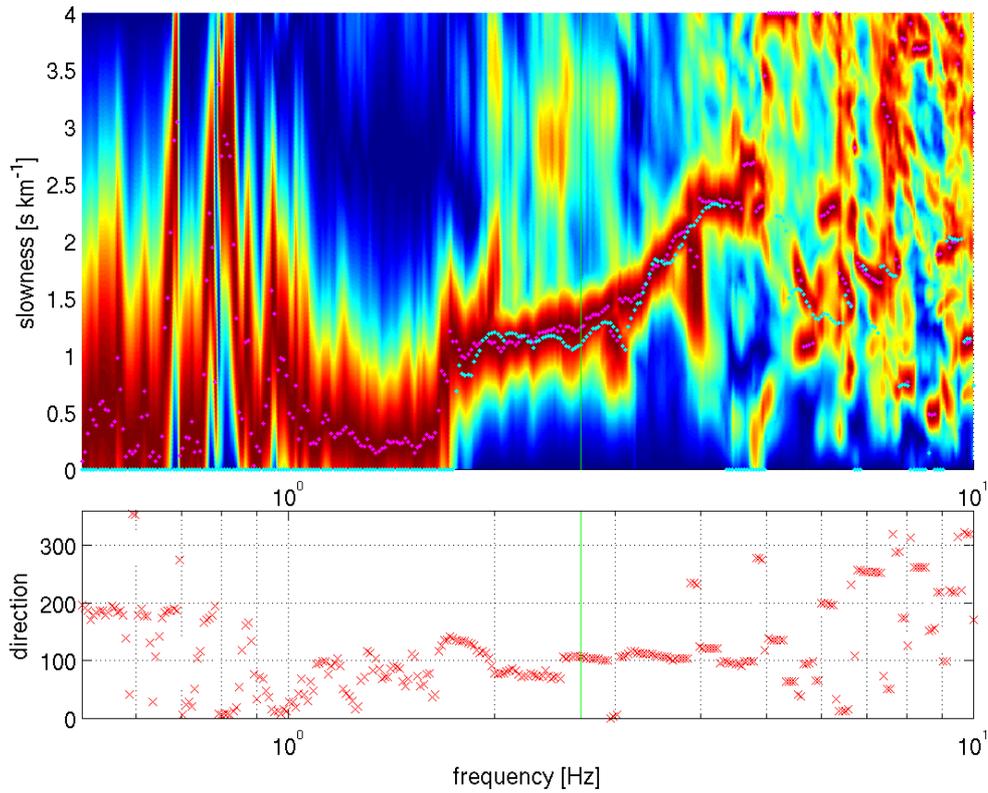
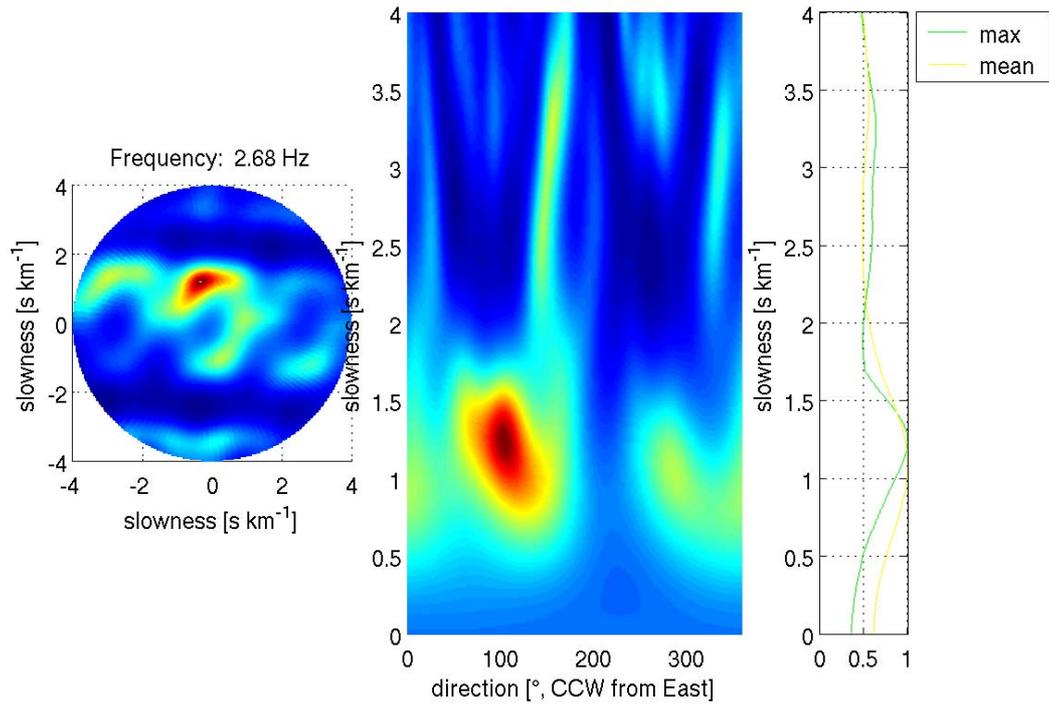


Abbildung B.3. : F-K Analyse und Dispersionskurve für die kombinierten Kreuze mit 70 bis 170 m Radius.

Appendix C: Mögliche Strukturen am Standort Aesch

Die hier gegebenen Strukturen entsprechen blauen Strukturen in Abbildung 8.

Struktur Nr.11

THICKNESS	DENSITY	P-WAVE VELOCITY	P-WAVE ATTENUATION	S-WAVE VELOCITY	S-WAVE ATTENUATION
THKNES (I)	RHO (I)	A1 (I)	A2 (I)	B1 (I)	B2 (I)
0.82583E-02	0.18000E+01	0.69990E+00	0.71439E-02	0.14000E+00	0.41428E-01
0.62832E-02	0.19000E+01	0.12976E+01	0.38532E-02	0.28461E+00	0.35135E-01
0.66007E-02	0.19000E+01	0.17976E+01	0.27815E-02	0.31518E+00	0.31728E-01
0.66904E-02	0.20000E+01	0.19979E+01	0.25026E-02	0.32211E+00	0.31046E-01
0.69543E-02	0.22000E+01	0.21779E+01	0.22958E-02	0.46976E+00	0.21287E-01
0.14436E-01	0.22000E+01	0.23773E+01	0.21032E-02	0.52364E+00	0.19097E-01
0.29885E-01	0.23000E+01	0.26172E+01	0.19105E-02	0.61697E+00	0.16208E-01
0.19992E+00	0.23000E+01	0.26269E+01	0.11420E-02	0.13501E+01	0.74071E-02
	0.23000E+01	0.30000E+01	0.10000E-02	0.15000E+01	0.66667E-02

Struktur Nr.14

THICKNESS	DENSITY	P-WAVE VELOCITY	P-WAVE ATTENUATION	S-WAVE VELOCITY	S-WAVE ATTENUATION
THKNES (I)	RHO (I)	A1 (I)	A2 (I)	B1 (I)	B2 (I)
0.48126E-02	0.18000E+01	0.44317E+00	0.11282E-01	0.11000E+00	0.45909E-01
0.30000E-02	0.19000E+01	0.12962E+01	0.38573E-02	0.23000E+00	0.43479E-01
0.10213E-01	0.19000E+01	0.15374E+01	0.32522E-02	0.25687E+00	0.38930E-01
0.11588E-01	0.20000E+01	0.16500E+01	0.30303E-02	0.36408E+00	0.27467E-01
0.16241E-01	0.22000E+01	0.18132E+01	0.27576E-02	0.47938E+00	0.20860E-01
0.12379E-01	0.22000E+01	0.19004E+01	0.26311E-02	0.59681E+00	0.16756E-01
0.28386E-01	0.23000E+01	0.20004E+01	0.24995E-02	0.71291E+00	0.14027E-01
0.19978E+00	0.23000E+01	0.30543E+01	0.98224E-03	0.17634E+01	0.56709E-02
	0.23000E+01	0.41802E+01	0.71767E-03	0.20901E+01	0.47845E-02

Struktur Nr.16

THICKNESS	DENSITY	P-WAVE VELOCITY	P-WAVE ATTENUATION	S-WAVE VELOCITY	S-WAVE ATTENUATION
THKNES (I)	RHO (I)	A1 (I)	A2 (I)	B1 (I)	B2 (I)
0.46447E-02	0.18000E+01	0.45115E+00	0.11083E-01	0.11111E+00	0.45998E-01
0.40074E-02	0.19000E+01	0.52048E+00	0.96064E-02	0.21418E+00	0.42691E-01
0.81854E-02	0.19000E+01	0.75567E+00	0.66166E-02	0.29326E+00	0.34099E-01
0.51272E-02	0.20000E+01	0.14559E+01	0.34344E-02	0.31161E+00	0.32092E-01
0.70889E-02	0.22000E+01	0.15782E+01	0.31682E-02	0.37652E+00	0.26559E-01
0.19986E-01	0.22000E+01	0.16264E+01	0.30743E-02	0.44038E+00	0.22708E-01
0.29986E-01	0.23000E+01	0.20699E+01	0.24155E-02	0.65810E+00	0.15195E-01
0.16499E+00	0.23000E+01	0.31183E+01	0.96207E-03	0.18003E+01	0.55545E-02
	0.23000E+01	0.45288E+01	0.66243E-03	0.19810E+01	0.50478E-02