

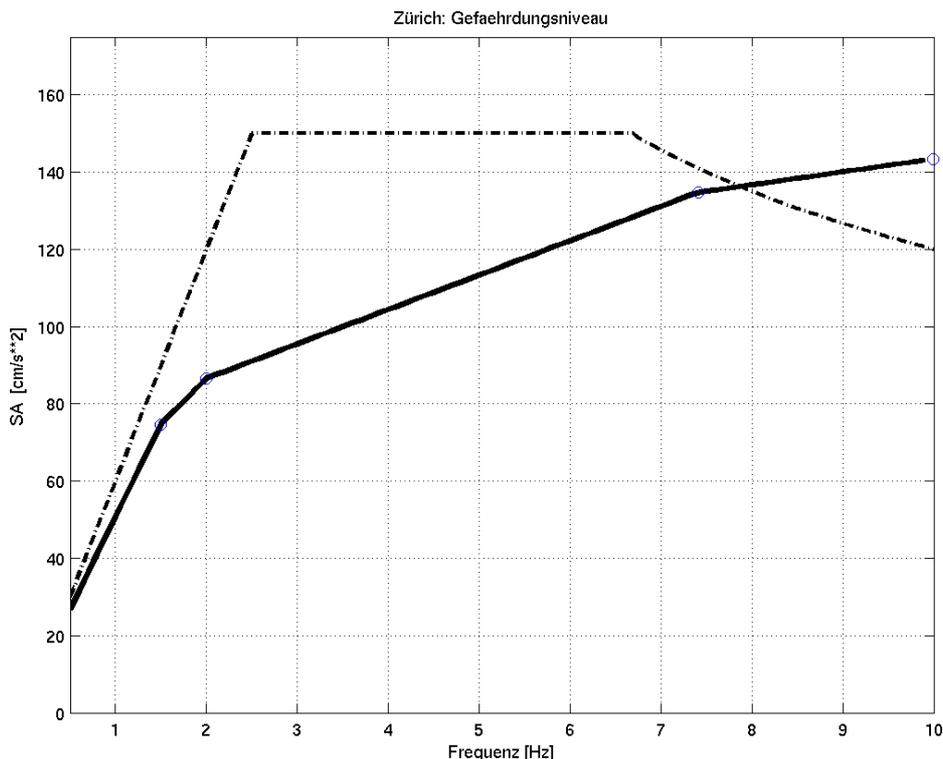
Standortspezifisches elastisches Antwortspektrum für Gebäude im Bereich des ETH Zentrums

Bericht 20.11.2004

D. Fäh, D. Roten, B. Steiner, P. Kästli, H.-B. Havenith, S. Wiemer, S. Fritsche
Schweizerischer Erdbebendienst, ETH Zürich

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein standortspezifisches elastisches Antwortspektrum für die Felsterrasse im Gebiet des ETH Zentrums vorgeschlagen. Die Spektralwerte der horizontalen Beschleunigung sind für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren im Frequenzbereich zwischen 0.5 und 10 Hz gegeben. Die Abschätzungen basieren auf den uns bekannten geologischen und geotechnischen Untersuchungen, auf Messungen der natürlichen Bodenunruhe aus welchen die Eigenschaften des lokalen Untergrundes hergeleitet wurden, auf den regionalen Gefährdungswerten für einen Felsstandort und auf den für den Standort berechneten Wellenverstärkungen. Das vorgeschlagene Spektrum soll die Werte aus der Norm SIA261 ersetzen.



Vorgeschlagenes standortspezifisches Spektrum für Gebäude am Standort ETH Zentrum (schwarze Kurve) verglichen mit dem Antwortspektrum der Norm SIA261 für Bodenklasse A (strichpunktierte schwarze Kurve).

1. Geologie

Der geologische Fels im Bereich ETH Zentrum besteht ausschliesslich aus fast horizontal gelagerten Gesteinen der Oberen Süsswassermolasse. Aeltere Formationen der Oberen Meeresmolasse liegen ca. 200m tiefer, das kristalline Grundgebirge liegt bei ca. 2500m Tiefe [1,2,3].

Die über der Molasse liegenden Lockergesteine im Gebiet der ETH Zentrum bestehen zu grossen Teilen aus Moränenmaterial oder sie haben einen antropogenen Ursprung (künstliche Aufschüttungen). Die Mächtigkeit der Lockergesteine ist gering. Die oberen Schichten der Süsswassermolasse sind jedoch stark verwittert (Abbildung 1).

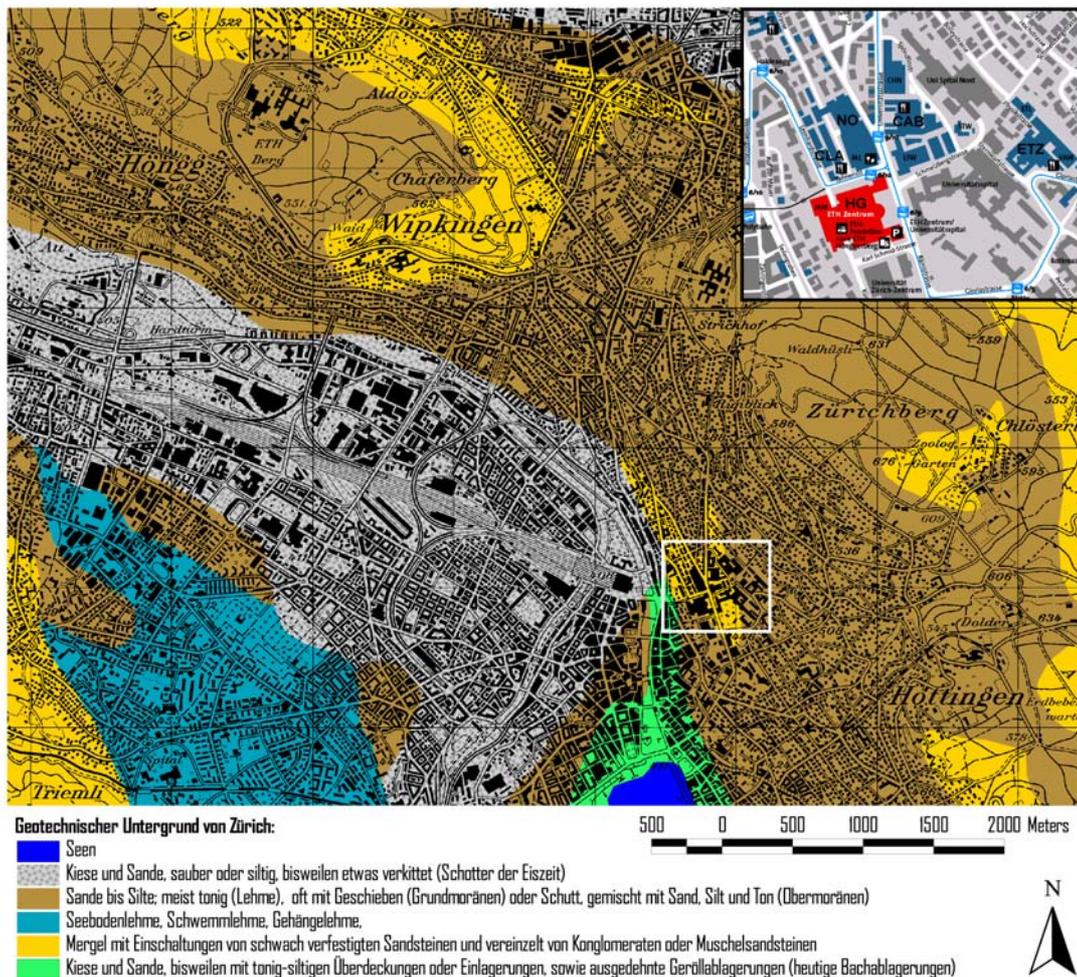


Abbildung 1. Oberflächengeologie in der Stadt Zürich. Der Standort ETH Zentrum ist markiert.

1.2. Eigenschaften der Felsunterlage

Von Bedeutung für die seismische Gefährdungsanalyse sind die Eigenschaften der Oberen Süsswassermolasse. Die künstlichen Molasseaufschlüsse durch Tunnels und Stollen liefern ein Bild über die Schichtung dieser Formation [1,2,3].

Die Obere Süsswassermolasse besteht aus Schichtfolgen von Gesteinen mit sehr unterschiedlichen geophysikalischen Eigenschaften. Man findet Mergel, Sandsteine

und Nagelfluhformationen. Molassenagelfluh kann auch in schwachverfestigtem Zustand vorkommen. Generell gesehen dominieren in der Region Zürich die Mergel die Zusammensetzung der Oberen Süsswassermolasse. Nagelfluhen erscheinen um Zürich nur ganz untergeordnet, und nur in den höchstgelegenen Lagen. Die Molasse streicht WSW-ENE und fällt mit 1-3% gegen SSE, wobei flache Wellungen der Schichtgrenzen zu beobachten sind.

Der Verlauf und die Schichtung der Felsoberfläche wurde bei geotechnischen Untersuchungen im Bereich des Central untersucht [2]. Diese zeigen, dass siltige bis leicht sandige Mergel überaus häufig sind. In frischem Zustand wirken sie relativ hart, sie verwittern aber leicht und rasch zu Lehm. Sandsteine sind mittel- bis feinkörnig, und hart gelagert, aber meist nicht stark zementiert. Daneben existieren u.a. Schichten mit unverkitteten Sanden, Siltsteine, sowie tonige Mergel.

Im Bereich der ETH HG/NO Gebäude finden wir eine breite Felsterrasse. Der Molassefels ist zuoberst stark verwittert und verlehmt [4]. Die Verwitterungszone hat eine Mächtigkeit von ca. 7-14m im Gebiet des Gebäudes CLA. Diese Mächtigkeit wurde vor dem Bau des Gebäudes bestimmt. Der Mergel hat hier seinen Felscharakter vollständig verloren und liegt als toniger bis stark toniger Silt vor. Die Mächtigkeit der Verwitterungszone nimmt hangabwärts ab. Hangaufwärts nimmt die Mächtigkeit der verwitterten Molasse ab, jedoch nimmt die Mächtigkeit der Moräne zu.

Aufgrund der geologischen Beschreibung würde der Standort des NO Gebäudes in die Bodenklasse A nach SIA261 eingeteilt. Aufgrund der starken Verwitterung der Molasse in den oberen 10m und den relativ tiefen S-Wellengeschwindigkeiten (siehe weiter unten) gehört der Standort je nach Fundationstiefe in die Bodenklasse E oder B. Die Fundation des südlichen Teils des NO Gebäudes liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht auf dem Niveau der Felsoberfläche sondern auf verwitterter Molasse. Abklärung hierzu sind zur Zeit im Gange.

1.2. Lockergesteinsdecke

Die Lockergesteinsdecke besteht zum Grossteil aus Grundmoräne und Auffüllungsmaterial. Das Moränenmaterial besteht aus leicht tonigem bis tonigem Silt, mit teils wenig Sand und Kiesel. Die Mächtigkeit des Moränenmaterials ist auf der Hochschulterrasse und im Steilabfall relativ gering. Das Material ist im Zuge der Ueberbauungen weitgehend abgetragen worden und beträgt nur noch etwa 1 bis 2.5m [4]. Hangaufwärts nimmt die Mächtigkeit des Moränenmaterials zu, und erreicht auf der Höhe der Frauenklinik ca. 8-10m [5].

Im Bereich der Bauten und Strassen sind überall künstliche Auffüllungen mit geringer Lagerungsdichte. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Fundation der Gebäude im kompakten Material erfolgte und das sehr lockere Material die Hinterfüllung von Bauwerken bildet.

2. Messungen der Eigenfrequenz der Lockersediment-Ablagerungen

Die Lockergesteinsdecke zusammen mit dem stark verwitterten Fels (Mergel) weisen eine tiefe S-Wellengeschwindigkeit auf. Der kompakte Sandstein in ca. 10-16m Tiefe bildet daher den geophysikalischen Felskontrast. Der Geschwindigkeitskontrast zwischen Lockersedimenten und geophysikalischem Fels erlaubt die Anwendung der H/V Methode basierend auf der Messung der natürlichen Bodenunruhe [6]. Mit dieser

Methode kann die Eigenfrequenz der Lockersedimente abgeschätzt werden. Falls Bohrlochinformationen am Messstandort vorhanden sind, kann mit der H/V Methode ein S-Wellengeschwindigkeitsprofil invertiert werden [7]. Abbildung 2 zeigt eine Uebersicht über die gemessenen H/V Spektren. Die Eigenfrequenzen können bei einigen Messungen nur ungenau bestimmt werden, da das H/V Maximum nicht gut ausgebildet ist. Der Grund dafür sind ein mittelstarker Geschwindigkeitskontrast zwischen Lockersediment und Fels sowie der Einfluss der Gebäude, Strassenbeläge und ev. vorhandener unterirdischer Leitungen und Anlagen. Einzig die Messungen NO_01, NO_02 und NO_05 (Abbildung 3) beim NO Gebäude, und die Messungen ETZ_06 und ETZ_07 beim ETZ Gebäude (Abbildung 4) zeigen ein klares Maximum. Aus diesen kann die Eigenfrequenz im Gebiet des NO Gebäudes auf ca. 10 Hz mit einem Unsicherheitsbereich von 8-11 Hz abgeschätzt werden. Beim ETZ Gebäude beträgt die Eigenfrequenz ca. 10 Hz mit einem Unsicherheitsbereich von 9-12Hz. Die Messungen zeigen, dass die Mächtigkeit der Lockersedimentschicht beim ETZ Gebäude etwas geringer ist als beim NO Gebäude.

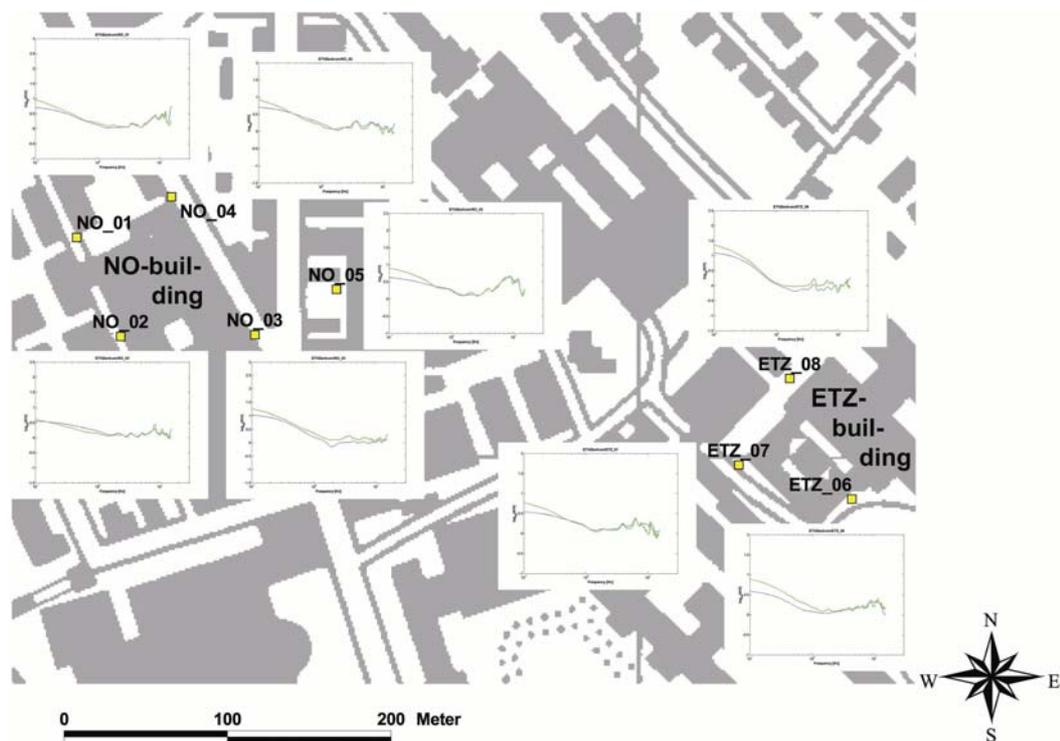


Abbildung 2. Uebersicht über die Bodenunruhemessungen im Gebiet des ETH Zentrums.

3. Bestimmung der P- und S-Wellengeschwindigkeiten für die verschiedenen Formationen

Aus den Bohrlochinformationen [4] kann die Mächtigkeit der Schicht mit Lockersedimenten und weichem Fels im Bereich der Messpunkte NO_01 und NO_02 auf 11.5-13.5m bestimmt werden. Aus den Eigenfrequenzen und den Mächtigkeiten ergibt sich ein Schätzwert für die mittlere S-Wellengeschwindigkeit der Lockersedimente von 360-600 m/s. Für die Gefährdungsanalyse spielt der untere

Grenzwert der mittleren S-Wellengeschwindigkeit eine wesentliche Rolle. Damit überhaupt eine Polarisation im H/V Spektrum zustande kommt, muss der Geschwindigkeitskontrast zwischen Fels und Lockersedimenten ungefähr einen Faktor 2.0 aufweisen. Dies erlaubt die Angabe einer unteren Grenze für die S-Wellengeschwindigkeit der Sandsteinschicht auf ca. 720 m/s.

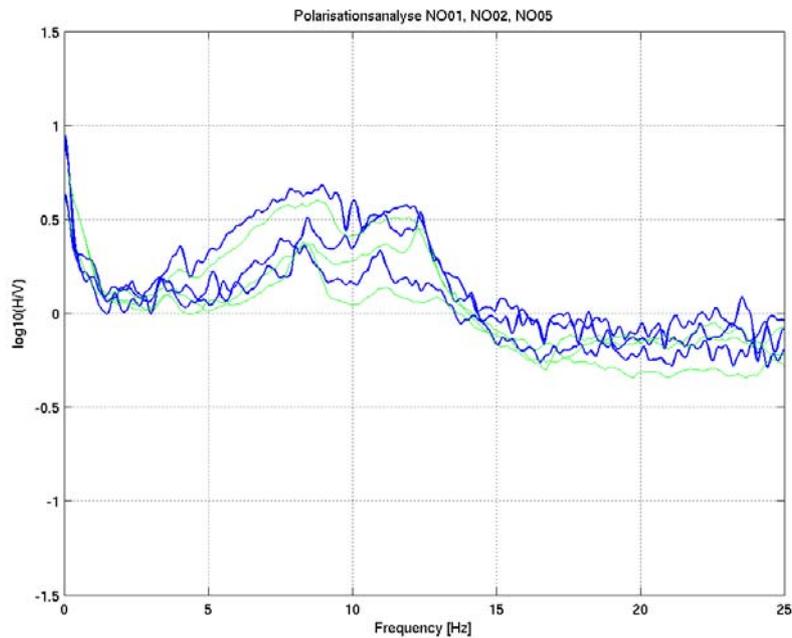


Abbildung 3. Resultat der H/V Polarisationsanalyse beim NO Gebäude. Die grünen und blauen Kurven sind die Ergebnisse mit verschiedenen Methoden.

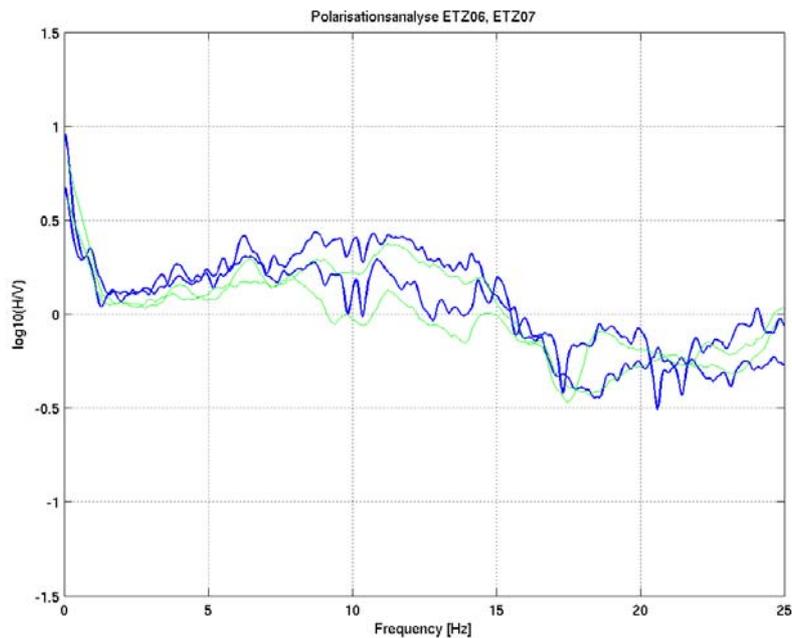


Abbildung 4. Resultat der H/V Polarisationsanalyse beim ETZ Gebäude. Die grünen und blauen Kurven sind die Ergebnisse mit verschiedenen Methoden.

3.1. Abschätzung der S-Wellengeschwindigkeiten aus dem H/V Verhältnis

Die Bohrlochinformationen beim NO Gebäude erlauben eine Abschätzung des S-Wellenprofils durch Anwendung des in [6,7] beschriebenen Inversionsverfahrens. In dieser Methode werden Modelle gesucht, deren Elliptizität der Rayleighwellen das beobachtete H/V Spektrum erklären. Bei den Inversionen wird angenommen, dass die Lockersedimentmächtigkeit zwischen 11.5 und 13.5 m beträgt. Die verschiedenen Inversionsergebnisse decken mögliche Interpretationen der H/V Spektren ab. Abbildung 5 zeigt das Resultat dieser Inversion für den Messpunkt NO_01.

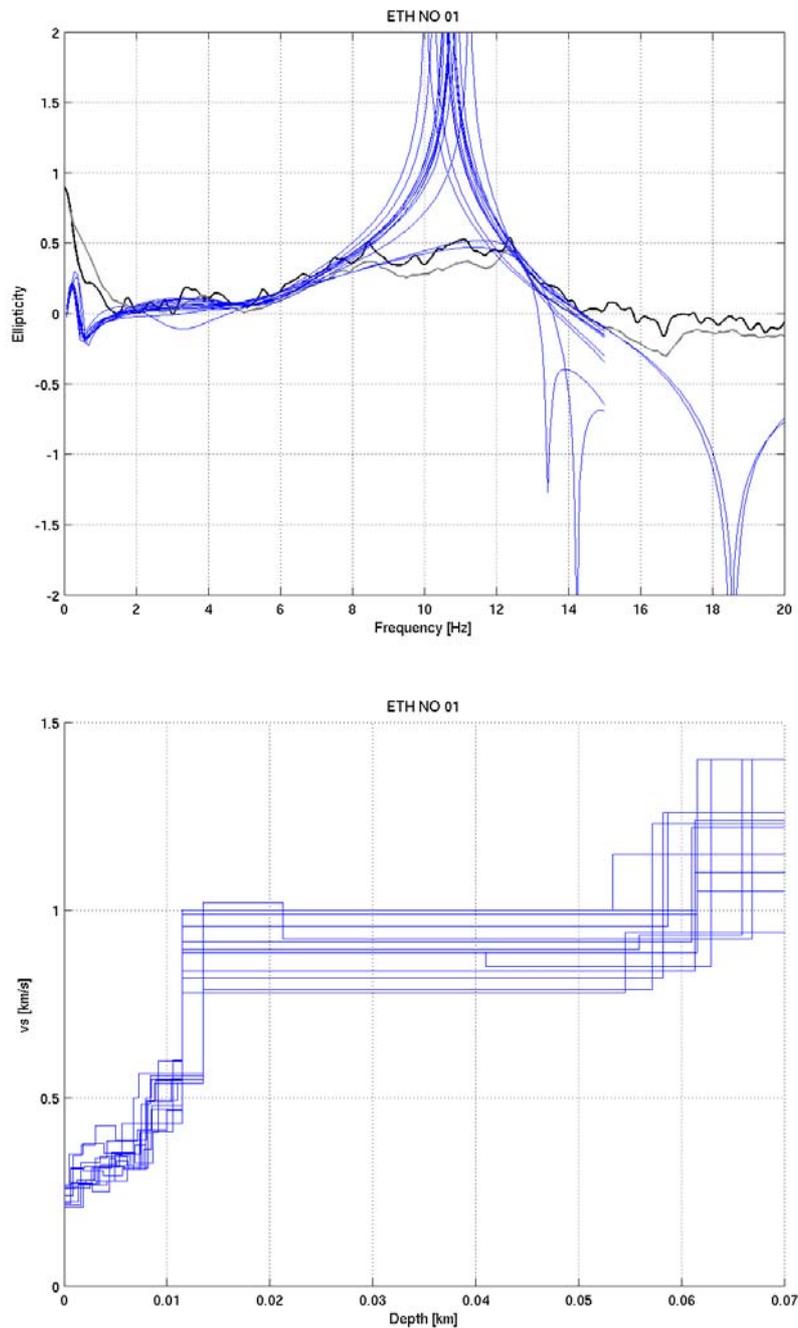


Abbildung 5. Anpassung der Elliptizität der Rayleighwellen an das H/V Spektrum am Standort 1 des NO Gebäudes, und entsprechende invertierte S-Wellenprofile.

Bemerkenswert ist die relative geringe S-Wellengeschwindigkeit des oberflächennahen Molassefels (780-1050m/s). Die erhaltenen Werte sind vergleichbar mit S-Wellenmessungen der NAGRA (siehe Tabelle B2 im Anhang B). Um die Unsicherheiten bei der Strukturbestimmung zu definieren, wurde zusätzlich eine Inversion für den Messpunkt NO_05 durchgeführt. Die Resultate sind in Appendix A dargestellt.

3.2. Bodenunruhe Arraymessungen im Bereich des ETH Zentrums und im Degenried

Um die Resultate der Einstationsmethode zu überprüfen wurden Arraymessungen im Bereich der ETH Zentrum und im Degenried bei der Station ZUR durchgeführt. Das Ziel dieser Messung ist die Bestimmung der Phasengeschwindigkeit der Rayleighwellen. In vielen Fällen dominieren Rayleighwellen das Wellenfeld der natürlichen Bodenunruhe. Aus der Phasengeschwindigkeit lassen sich wiederum Modelle für die S-Wellengeschwindigkeit der Struktur invertieren.

3.2.1. Arraymessung bei Station ZUR, Degenried, Adlisberg

Bei der Station ZUR wurde die natürliche Bodenunruhe mit sieben Lennartz 3D/5s Sensoren und 4 Quanterra Q330 gemessen. Als Arraykonfiguration wurde eine kreisförmige Anordnung von sechs Stationen mit einer Station im Zentrum ausgewählt, wobei zwei konzentrische Ringe mit 15 bzw. 50 Metern Radius aufeinanderfolgend gemessen wurden (Abbildung 6).

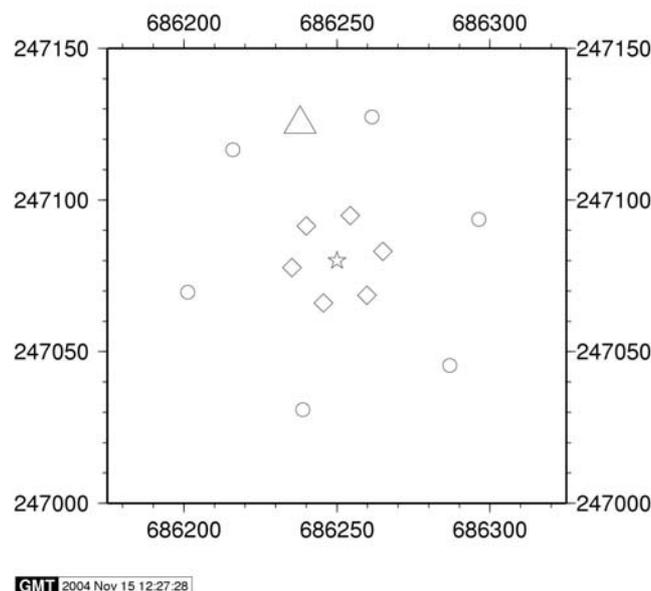


Abbildung 6. Verwendete Arraygeometrien bei der Station ZUR. Die Koordinaten der Einzelstationen wurde bezüglich der zentralen Station bestimmt. Die Position der Station ZUR ist als Dreieck gegeben.

Die exakte Position der Sensoren wurde mittels Theodolit vermessen. Die Topographie war vor allem im Bereich des äusseren Rings unregelmässig. Das H/V-Spektrum weist in der Station im Arrayzentrum einen Peak bei etwa 10 Hz auf, was auf eine oberflächennahe Lockersedimentschicht wie am Standort ETH Zentrum hindeutet (Abbildung 7). Dieses Maximum des H/V Spektrums ist für den inneren Ring konstant, weist jedoch für den äusseren Ring Schwankung zwischen 6-15 Hz auf.

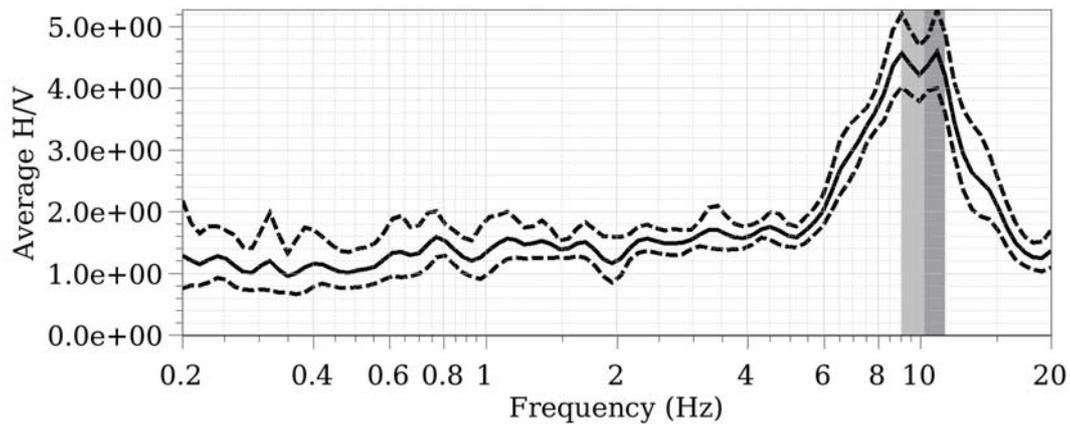


Abbildung 7. Resultat der H/V Polarisationsanalyse der Station im Arrayzentrum bei ZUR.

Bei beiden Konfigurationen ist die Dispersionskurve durch die Maxima im Frequenz-Wellenzahl-Spektrum deutlich definiert; die Phasengeschwindigkeit nimmt allerdings nicht stetig mit zunehmender Frequenz zu, sondern weist Schwankungen auf. Die Resultate beider Konfigurationen wurden zu einer kombinierten Dispersionskurve zusammengefügt; dabei wurden für den äusseren Ring die Frequenzen von 2 bis 9.5 und für den inneren Ring von 9.5 bis 18 Hz verwendet.

Die Inversion der kombinierten Dispersionskurve mit einem Dreischichtenmodell ergibt für die oberste Schicht eine Scherwellengeschwindigkeit von 600-800 m/s und eine Tiefe von 25 - 30 Metern (Abbildung 8). Bei der zweiten Schicht betragen die Geschwindigkeiten ca. 1300-1600 m/s. Die dritte Schicht liegt in ca. 200 m Tiefe und weist einen grossen Geschwindigkeitskontrast zur zweiten Schicht auf. Diese dritte Schicht erklärt die Geschwindigkeiten unterhalb von 3-4 Hz; diese sind möglicherweise eine Folge des zu geringen Arraydurchmessers. Bei 100 Metern Apertur lassen sich die Geschwindigkeiten in dieser Tiefe im allgemeinen nicht mehr auflösen.

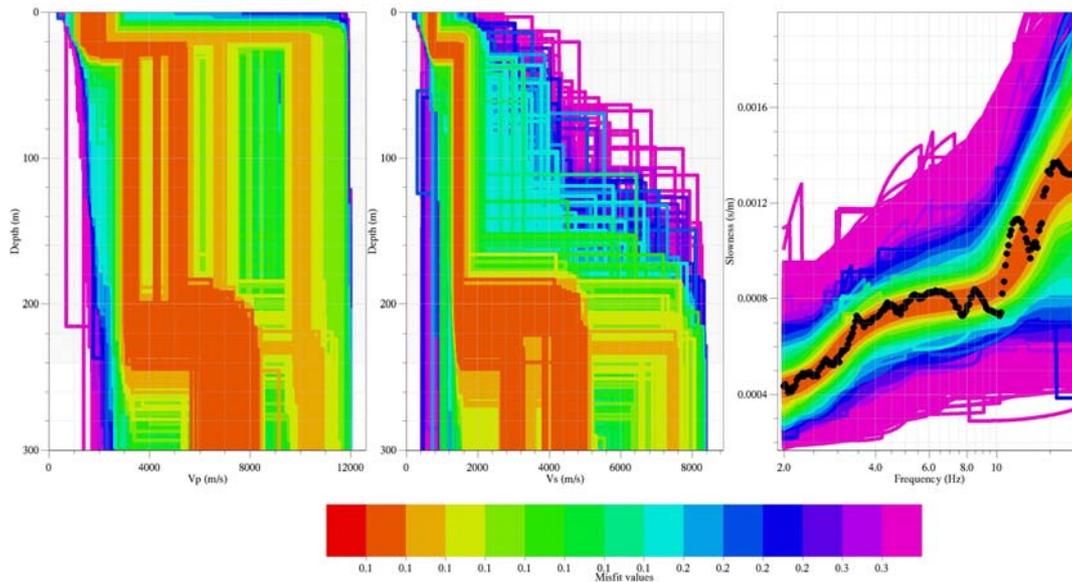
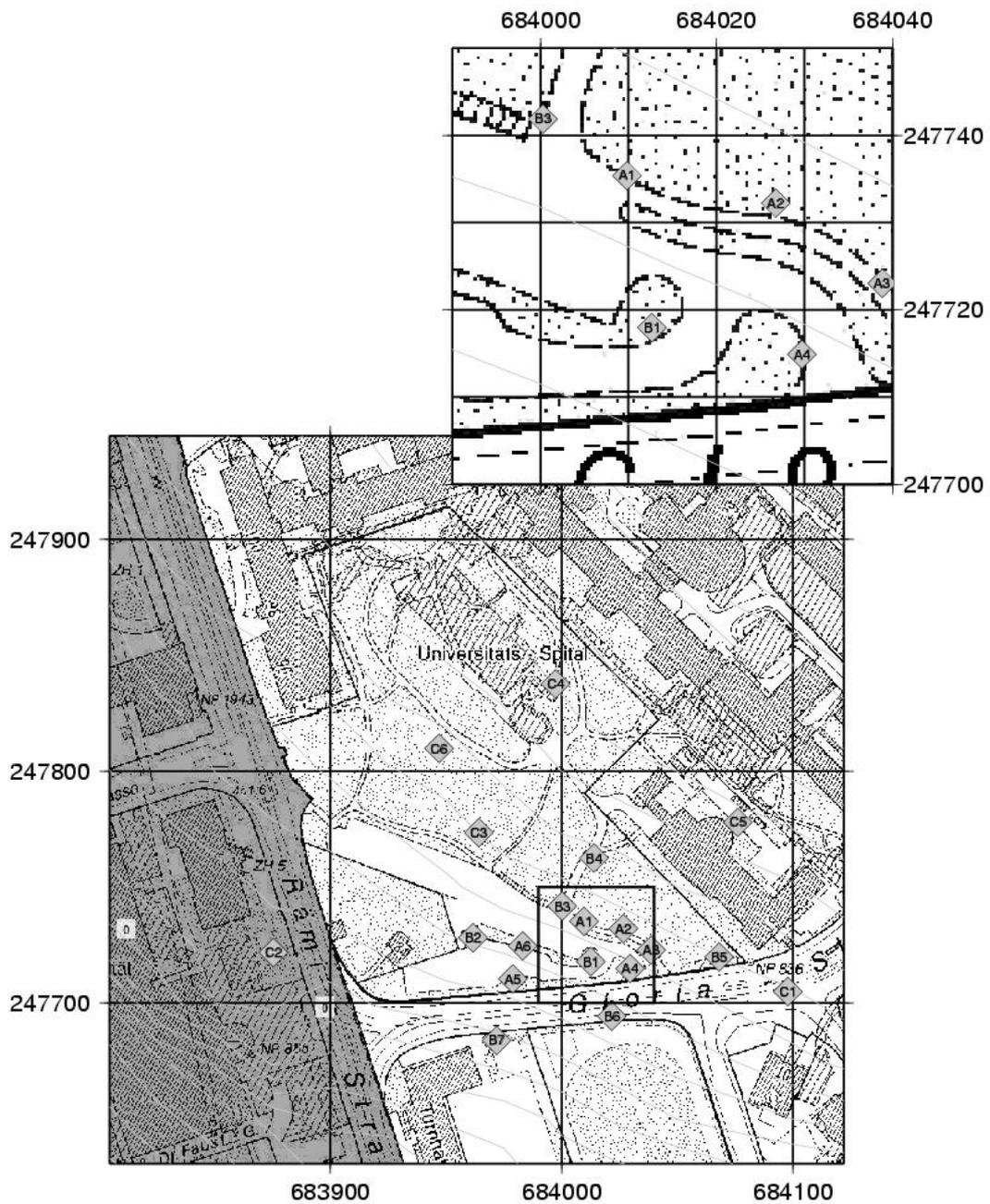


Abbildung 8. Gemessene Dispersionskurven und daraus invertierte Modelle bei der Station ZUR. Die roten Bereiche zeigen die am besten passenden Modelle, wenn nur mit Hilfe der Dispersionkurve invertiert wird.

3.2.2. Arraymessung Nähe ETH

Der Array in der Nähe des ETH-Zentrum wurde beim Besucherparkplatz des Universitätsspitals aufgestellt, da dieser Bereich die einzige unbebaute Fläche in der Nähe darstellt.

Um Störungen durch den Verkehr auf ein Minimum zu reduzieren, wurde die Messung in der Nacht durchgeführt. Die Bodenunruhe wurde gleichzeitig auf 13 Sensoren (3D/5s) gemessen und mit 10 Q330 aufgezeichnet. Es wurden zwei Arraykonfigurationen eingesetzt, wobei sieben Messpunkte für beide Konfigurationen verwendet wurden (Punkte B in Abbildung 9). Der innere Array wird von den Messpunkten A und B, der äussere von den Punkten B und C gebildet. Bei den Punkten im nördlichen Teil des Arrays kann ein Peak bei etwa 8 Hz im H/V Spektrum beobachtet werden (Station B4 in Abbildung 10), bei den Stationen am südlichen Rand verschiebt sich dieser Peak zu höheren Frequenzen (Station B7 in Abbildung 11). Dies bedeutet, dass die Mächtigkeit der oberflächennahen Schicht sehr stark schwankt.



GMT 2004 Oct 28 20:26:05

Abbildung 9. Verwendte Arraygeometrien am Standort ETH Zentrum.

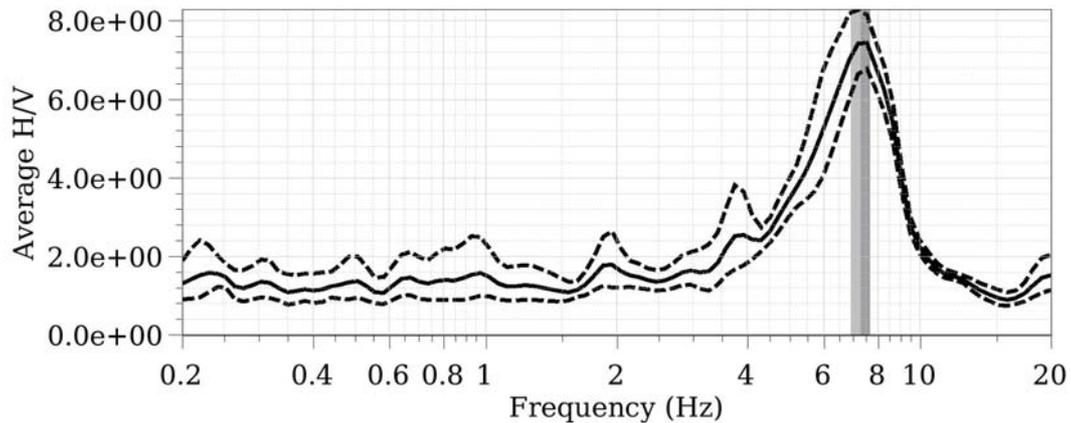


Abbildung 10. Resultat der H/V Polarisationsanalyse bei Station B4 des Arrays beim ETH Zentrum.

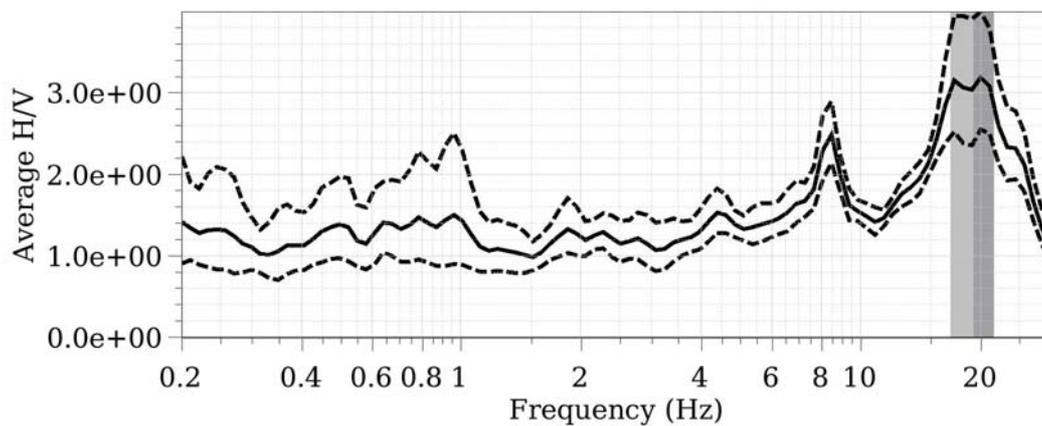


Abbildung 11. Resultat der H/V Polarisationsanalyse bei Station B7 des Arrays beim ETH Zentrum.

Zur Berechnung der Frequenz-Wellenzahl Spektren wurden kurze ungestörte Zeitfenster von 10 bis 20 Minuten ausgewählt. Die Dispersionskurven des inneren und äusseren Arrays zeigen eine gute Übereinstimmung bei 12 Hz. Die Inversion mit einem Zweischichtenmodell ergibt eine S-Wellen-Geschwindigkeit von ca. 850-950 m/s für die oberste Schicht bei einer Schichtdicke um 40 m; bei der unteren Schicht betragen die Geschwindigkeiten das doppelte (1700-1900m/s).

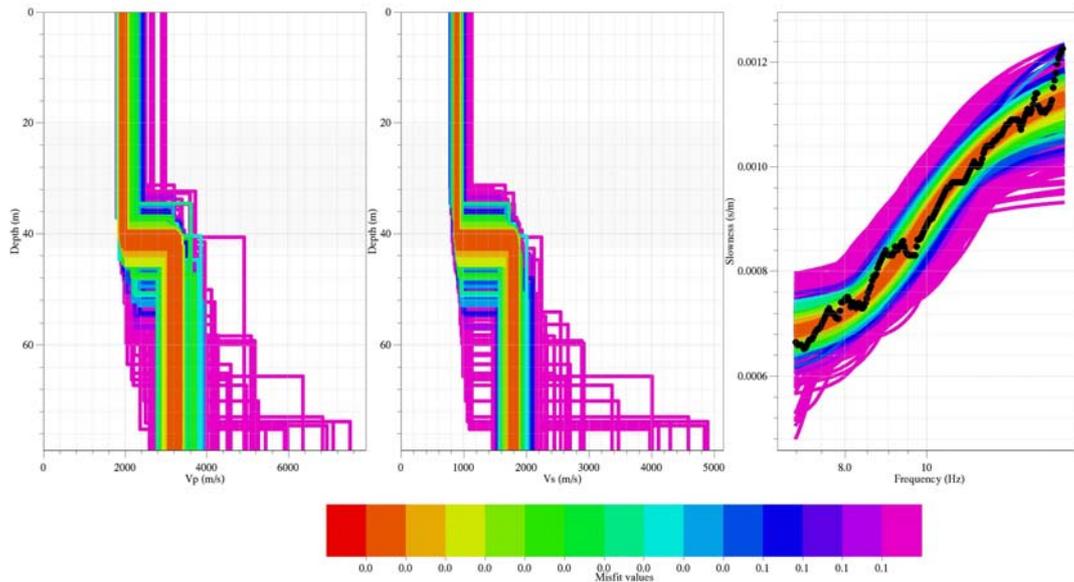


Abbildung 12. Gemessene Dispersionskurven und daraus invertierte Modelle beim ETH Zentrum. Die roten Bereiche zeigen die am besten passenden Modelle, wenn nur mit Hilfe der Dispersionskurve invertiert wird.

Diese Inversion erfolgte unter der Annahme, dass die gemessene Dispersionskurve der fundamentalen Mode der Rayleighwelle entspricht. Wird davon ausgegangen, dass die gemessene Dispersionskurve die erste höhere Mode darstellt, ergeben sich für die oberste Schicht deutlich niedrigere Geschwindigkeiten von 400-500 m/s und eine Schichtdicke von 30m. Die Geschwindigkeiten der unteren Schicht werden dadurch nicht verändert. Durch den grossen Geschwindigkeitskontrast zwischen den zwei Schichten müsste im H/V Spektrum ein Maximum zwischen 3 bis 4 Hz sichtbar sein. Dies ist jedoch nicht der Fall, und daher kann dieses Modell ausgeschlossen werden. Die Messungen im Bereich der ETH Zentrum sind weniger zuverlässig als diejenigen bei der Station ZUR, da erstens lokale Variationen der oberflächennahen Schichten und zweitens das Vorkommen von sehr nahen Quellen das Result beeinflussen können. Daher kann nur ein kleinerer Teil der Dispersionskurve bestimmt werden. Ein Vergleich zwischen den zwei Arraymessungen (Abbildung 13) zeigt, dass die gemessenen Dispersionskurven sehr gut übereinstimmen. Dies lässt auf eine sehr ähnliche Struktur beim Standort ETH Zentrum und an der Station ZUR schliessen.

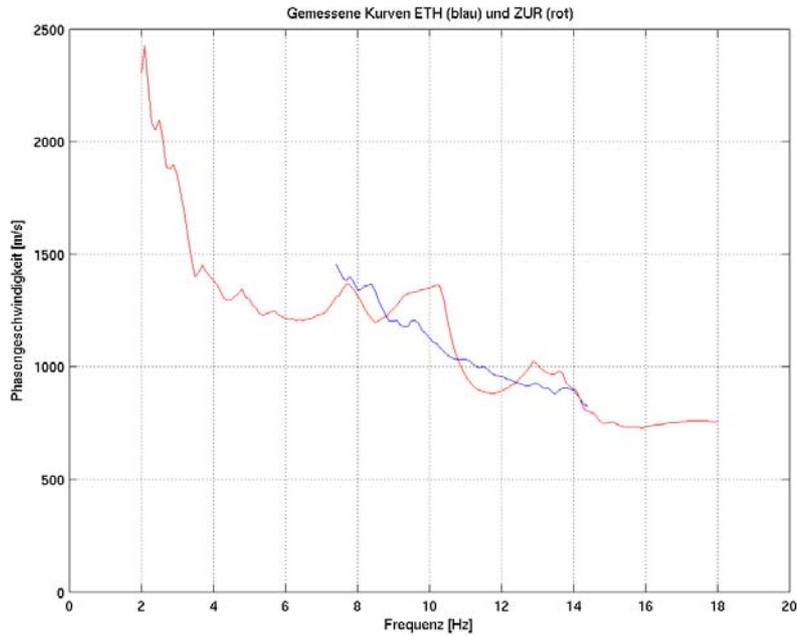
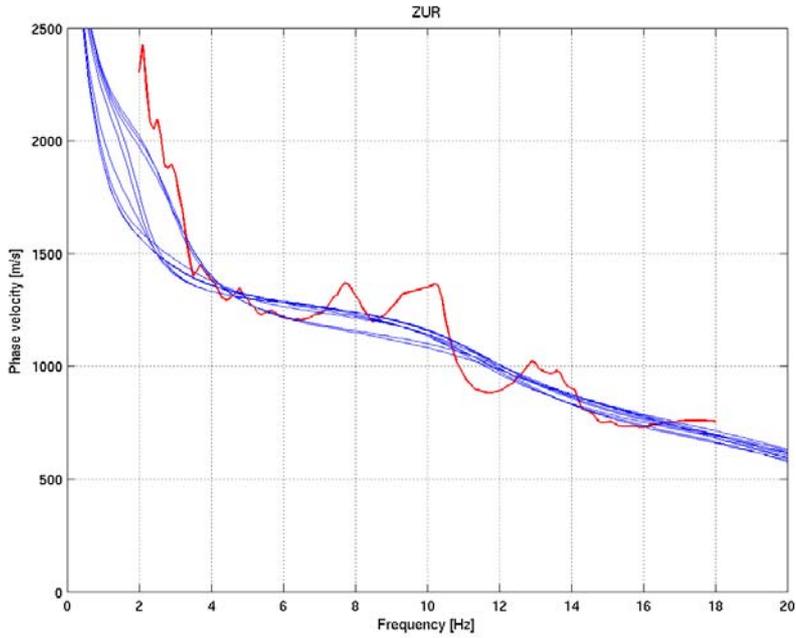


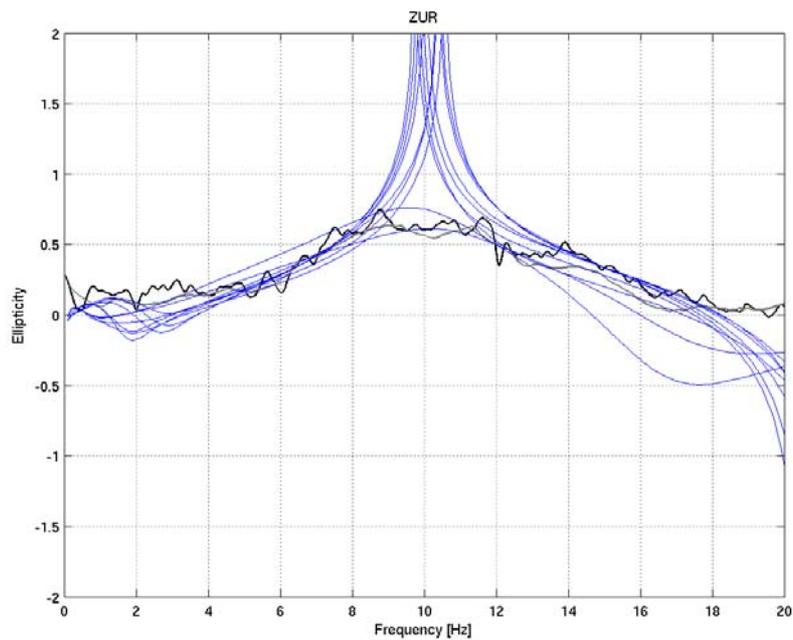
Abbildung 13. Vergleich der gemessenen Dispersionskurven bei der Station ZUR (rote Kurve) und im Bereich der ETH Zentrum (blaue Kurve). Der Bereich unterhalb von ca. 3Hz ist unzuverlässig.

3.2.3 Kombinierte Inversion mit Hilfe der Phasengeschwindigkeit und Elliptizität

Es zeigt sich, dass die Inversion die oberste Schicht der Lockersedimente nicht auflösen kann, wenn nur die Phasengeschwindigkeit verwendet wird. Dies kann durch eine kombinierte Inversion mit Hilfe der gemessenen Phasengeschwindigkeit und der H/V Kurve verbessert werden. Die Inversion wird nur für den Standort ZUR ausgeführt, unter verschiedenen Annahmen für die Elliptizität und die Zuverlässigkeit der Dispersionskurve. Die Resultate der Inversion sind in Abbildung 14 gezeigt. Im Vergleich zu den Strukturen welche nur aus der Elliptizität bestimmt wurden, sind die Geschwindigkeitswerte im obersten Teil in der Felsschicht leicht erhöht.

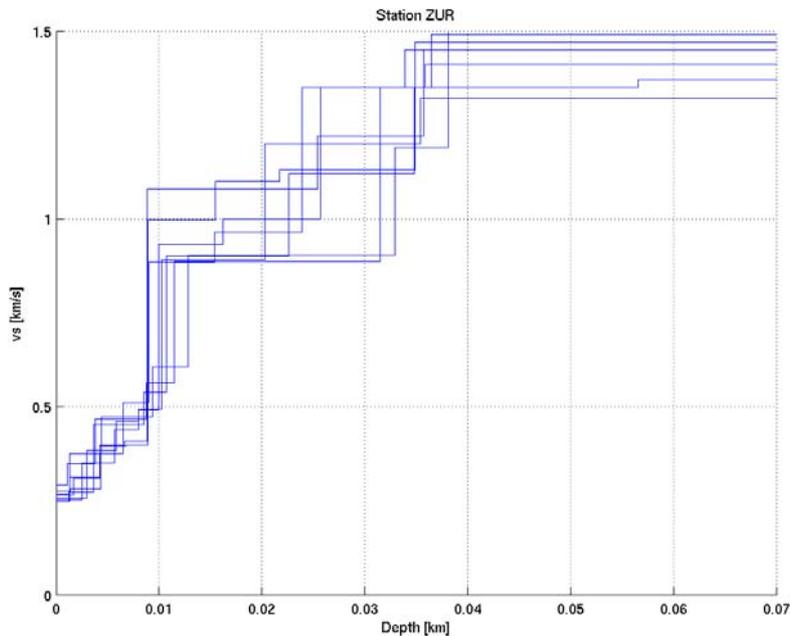


A



B

Abbildung 14. Anpassung der Phasengeschwindigkeit (A) an die gemessenen Werte und der Elliptizität (B) der Rayleighwellen an das H/V Spektrum am Standort ZUR, und entsprechende S-Wellenprofile (C).



C

Abbildung 14. cont..

3.3. SPT Messungen

Die geologische Untersuchung für den Bau des Gebäudes CLA [4] fasst die SPT Messungen im Bereich des Gebäudes zusammen (Tabelle 1). Diese Werte können dazu verwendet werden, um S-Wellengeschwindigkeiten abzuschätzen. Der Vergleich erfolgte mit entsprechenden Daten aus der Region Basel Stadt [8]. Solche Abschätzung sind generell sehr unsicher, da verschiedene empirische Umrechnungsformeln existieren. Die Werte liegen jedoch im Bereich der aus den Messungen bestimmten Werte.

Material	Tiefe [m]	SPT-Wert N30	Vs-Schätzwert [m/s]
Molasse verwittert	3.00-3.45	9	190
Molasse verwittert	6.00-6.45	63, 66	355, 362
Moräne	3.00-3.25	18	240
Moräne	18.00-18.23	25	267

Tabelle 1. Gemessene SPT Werte und daraus geschätzte S-Wellengeschwindigkeiten.

3.4. P-Wellen Refraktionsseismik

Bei den Untersuchungen im Bereich des Central [2] wurden P-Wellen Refraktionsmessungen im Molassefels durchgeführt. Im Bereich der Parkgarage Central wurden mittlere P-Wellengeschwindigkeiten von 2.8-2.9 km/s gemessen. Die wenig präzisen Messungen mit Sprengung in der Parkgarage Central und Messung an der Oberfläche ergaben eine P-Wellengeschwindigkeit von 2.9-3.0 km/s. Diese

Geschwindigkeiten liegen im unteren Bereich für unverwitterte, flachgelagerte Molasse (2.6 - 3.5km/s). An einem Messstandort im Versuchstollen wurde für einen harten Sandstein eine P-Wellengeschwindigkeit von 3.4 km/s gemessen. Es kann angenommen werden, dass die S-Wellengeschwindigkeiten mindestens einen Faktor 2 bis 2.2 geringer sind. Damit kann für die S-Wellengeschwindigkeiten eine obere Grenze für den Mittelwert über die oberen 30m der Molasse abgeschätzt werden. Diese obere Grenze liegt bei ca. 1.3 km/s. Für die harten Sandsteine liegt die S-Wellengeschwindigkeit etwas höher als für die Mergel. Ein oberer Grenzwert für die S-Wellengeschwindigkeit im harten Sandstein liegt bei ca. 1.55 km/s. Diese Werte sind konsistent mit den von uns gemessenen Werten für S-Wellen.

3.5 Vergleiche mit anderen Gebieten

Die gemessenen S-Wellengeschwindigkeiten in den Schichten der Oberen Süsswassermolasse können mit Messungen aus der Region Basel [9,10,11] und Bohrlochmessungen der NAGRA [18,19] verglichen werden. Die Werte sind im Appendix B aufgeführt. Diese Messungen zeigen die grosse Variabilität aufgrund der Zusammensetzung des Materials. Die Werte stimmen gut mit unseren Untersuchungen im Bereich der ETHZ und der Station ZUR überein.

4. Berechnung der Verstärkungseffekte

4.1. Eindimensionale Modellierung

Mit Hilfe der Modensummation [12,13] werden nun synthetische Seismogramme für alle invertierten Strukturen (Abb. 5, 14 und A1) berechnet. Wir arbeiten mit linear anelastischem Materialverhalten. Die Modellierung erfolgt für eine grosse Anzahl (512) von möglichen seismischen Quellen in einem Distanzbereich von 20 bis 50km und für Herdtiefen zwischen 2 und 20km, sowie für zufällig erzeugte Herdmechanismen.

Um die Verstärkung als Funktion der Frequenz zu berechnen werden dieselben seismischen Quellen für eine Referenzstruktur berechnet. Diese Referenzstruktur ist in Appendix C gegeben und entspricht einem qualitativ guten Felsstandort im Schweizerischen Vorland.

Somit kann die Verstärkung für ein Modell bezüglich dem Referenzmodell berechnet werden. Die Verstärkung ist gegeben für Beschleunigungsantwortspektren mit 5% Dämpfung. Die Zusammensetzung des Wellenfeldes und der Einfallswinkel der seismischen Wellen führt zu einer grossen Variabilität der Verstärkung. Abbildung 15 zeigt diese Variabilität anhand einer Struktur aus Abbildung 5. Die Verstärkung wird hauptsächlich durch die mächtigen Schichten der Molasse (v_s im Bereich von 1400m/s) in Kombination mit der lockeren Oberflächenschicht bestimmt.

Abbildung 16 zeigt das Resultat dieser Untersuchung für alle in Abbildung 5 gezeigten Modelle. Die Maximalwerte beschreiben den oberen Grenzbereich der möglichen Verstärkungen, und der Median die im Mittel zu erwartete Aufschaukelung. Für unsere Studie ist vor allem der Median ausschlaggebend. Das 90% Quantil wird gewählt, wenn ein Sicherheitsfaktor eingeführt werden soll. Eine weitere Überprüfung erfolgt später durch die 2D Modellierung.

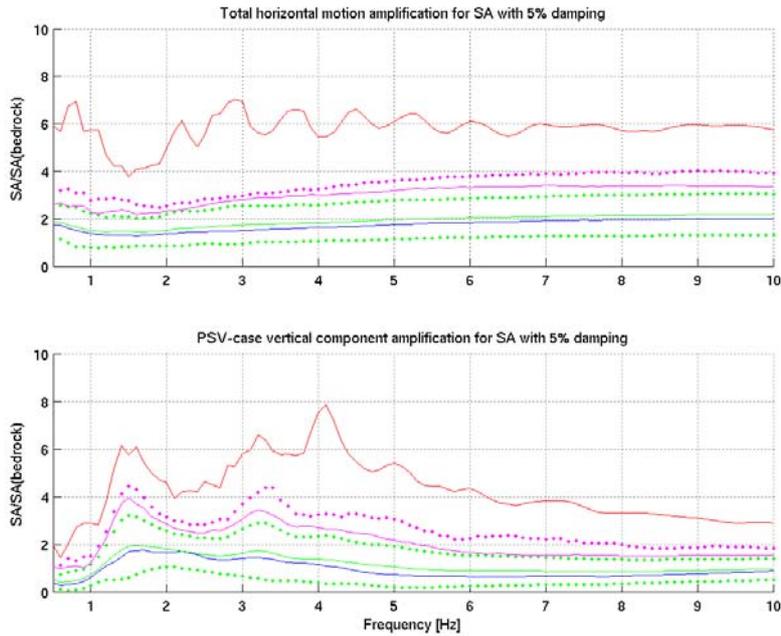


Abbildung 15. Verstärkungseffekte für die horizontale und vertikale Komponente der Bodenbewegung für eine invertierte Struktur bezüglich einem Referenzstandort. Median (blau), Mittelwert (grün) Mittelwert +/- eine Standardabweichung (grün gepunktet), 90% Quantil (violett), 95% Quantil (violett gepunktet), Maximalwert (rot).

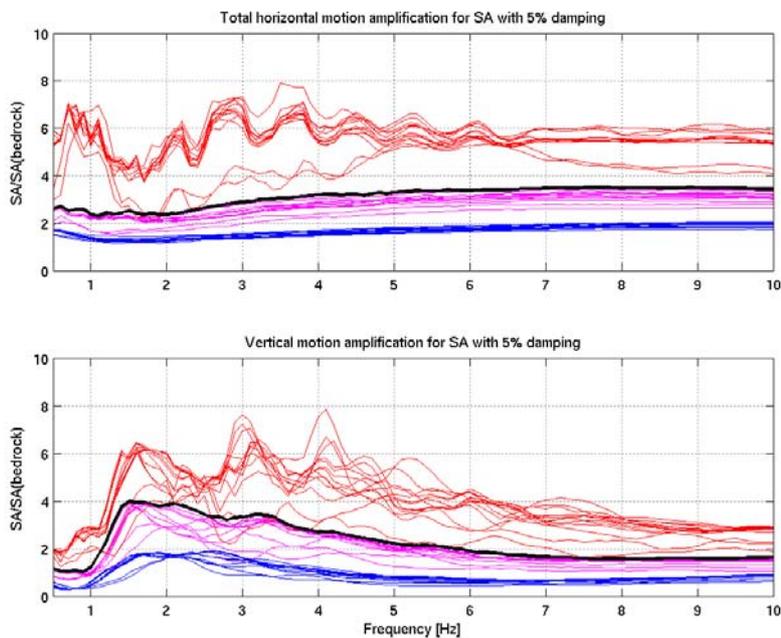


Abbildung 16. Verstärkungseffekte für die horizontal und vertikale Komponente der Bodenbewegung für alle invertierten Strukturen aus Abbildung 5, bezüglich einem Referenzstandort. Mediane (blau), 90% Quantile (violett) Maximalwerte (rot), und die Umhüllende der 90% Quantilen (schwarz).

Um die Unsicherheiten dieser Berechnungen für den Standort NO_01 zu umschreiben, wurden die gleichen Berechnungen für die am Standort NO_05 invertierten Strukturen bestimmt. Die Ergebnisse sind in Appendix A gezeigt und ergeben keine signifikanten Unterschiede zum Standort NO_01.

Für Gebäude mit einer Foundation auf dem unverwitterten Fels ergeben sich geringere Verstärkungsfaktoren, da der Einfluss der Lockersedimentschicht wegfällt. Abbildung 17 zeigt die Verstärkungen für eine freie Felsoberfläche. Die Verstärkungen sind im hochfrequenten Teil um ca. 50% geringer.

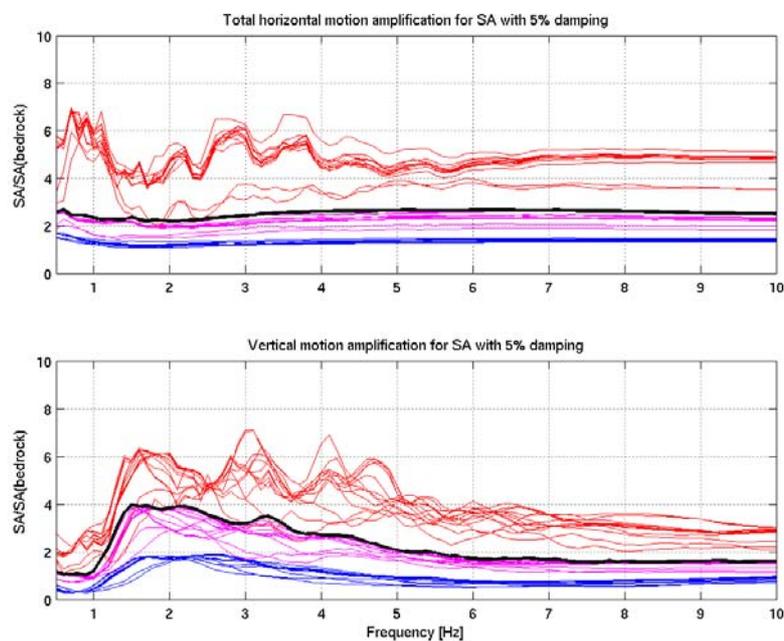


Abbildung 17. Verstärkungseffekte für die horizontale und vertikale Komponente der Bodenbewegung für eine freie Felsoberfläche, bezüglich einem Referenzstandort. Mediane (blau), 90% Quantile (violett) Maximalwerte (rot), und die Umhüllende der 90% Quantilen (schwarz).

Analog wurde für die aus den Phasengeschwindigkeiten und H/V Messungen bestimmten Strukturen (in Abbildung 14) die Verstärkungseffekte berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 18 dargestellt. Es zeigen sich keine grossen Unterschiede in der Verstärkung.

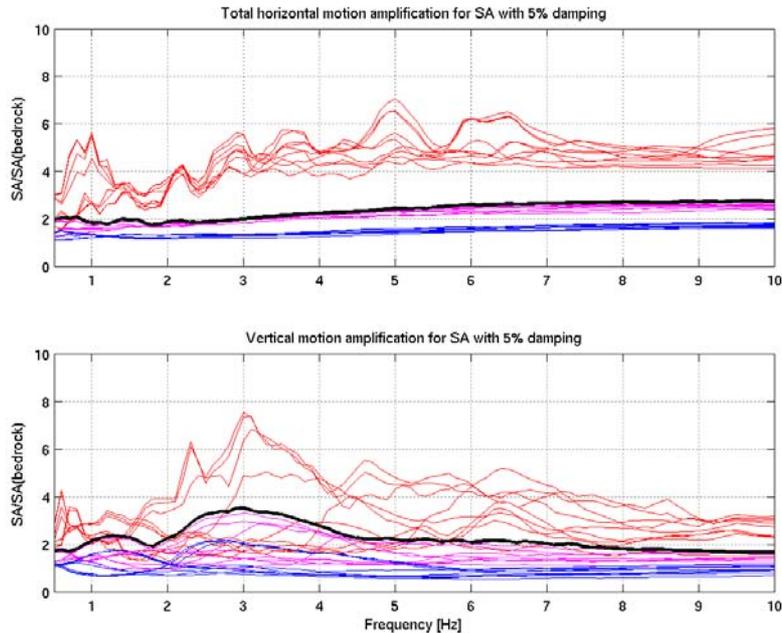


Abbildung 18. Verstärkungseffekte für die horizontale und vertikale Komponente der Bodenbewegung für alle invertierten Strukturen aus Abbildung 14, bezüglich einem Referenzstandort. Mediane (blau), 90% Quantile (violett) Maximalwerte (rot), und die Umhüllende der 90% Quantilen (schwarz).

4.2. Zweidimensionale Modellierung

Um den Einfluss der Topographie und der lateralen Variabilität der Struktur zu untersuchen werden zweidimensionale Modellierungen durchgeführt. Wir verwenden hierzu ein Hybridverfahren [14,15] welches den Einfluss der Quelle und des Ausbreitungsweges in einer 2D Struktur berücksichtigen kann. Wir verwenden hier nur den SH Fall. Um die Unsicherheiten zu berücksichtigen werden 3 Sektionen mit je zwei Geschwindigkeitsmodellen und vier seismische Quellen jeweils südlich und nördlich des Standorts modelliert. Die Quellparameter sind wie folgt: Streichen der Bruchfläche: 48° ; Dip: 75° ; Rake: 280° ; 20km Distanz mit Herdtiefen von 5 und 10km; 30km Distanz mit Hertiefen von 7.5 und 15 km. Dies ergibt total 48 Szenarien. Für das erste Modell (Modell 01, Abbildung 19) wird versucht, die Schichten des Profils 3 des Projekts [2] möglichst genau nachzuzeichnen. Ein genereller Trend im Gebiet des ETH-Areals zeigt, dass der Sandstein-Anteil von SW nach NE leicht abnimmt und jener der Mergel leicht zunimmt. Für das zweite Modell (Modell 02, Abbildung 19) wird angenommen, dass die Sandsteinschichten von Osten nach Westen als Zungen in die Mergelschichten hineinragen. Für das dritte Modell (Modell 03, Abbildung 19) werden planare nicht-parallele Schichten angenommen. Für alle drei Modelle werden die Mergel- und Sandsteinschichten am linken und rechten Ende des Profils mit einer Inklination von 1.7° von ENE nach WSW (Azimut 208°) weitergeführt. Zusätzlich wurde im Bereich des Limmattals (links vom Punkt 1 in Abb. 19) ein Feinsedimentbecken integriert (Abbildung 20). Die Variation der S-Wellengeschwindigkeiten der verschiedenen Schichten ist in Tabelle 2 gezeigt. Sie

deckt die möglichen Geschwindigkeitsbereiche aufgrund der vorgenommenen S-Wellenmessungen ab. Ausgewählt wurden hauptsächlich Strukturen die tendenziell tiefe S-Wellengeschwindigkeiten der oberflächennahen Felsschichten aufweisen. Um Unsicherheiten in der Struktur zu berücksichtigen wurden bei jeder Simulation 11 Aufnehmer auf der Felsterrasse platziert. Der Abstand zwischen den Aufnehmern beträgt 20m.

Material	Model 01	Model 01a	Model 02	Model 02a	Model 03	Model 03a
Auffüllung	200	200	200	200	200	250
Moräne	250	250	250	250	250	300
Verwitterte Molasse	360	320	400	400	360	350-400
Mergel	800	700	750-800	700-800	800	850-1000
Sandstein	1000	800	800-1000	900-1000	1000	1000-1200
Molasse tief	1400	1470	1400	1470	1400	1470

Tabelle 2. Verwendete S-Wellengeschwindigkeiten bei der 2D Modellierung (gegeben in m/s).

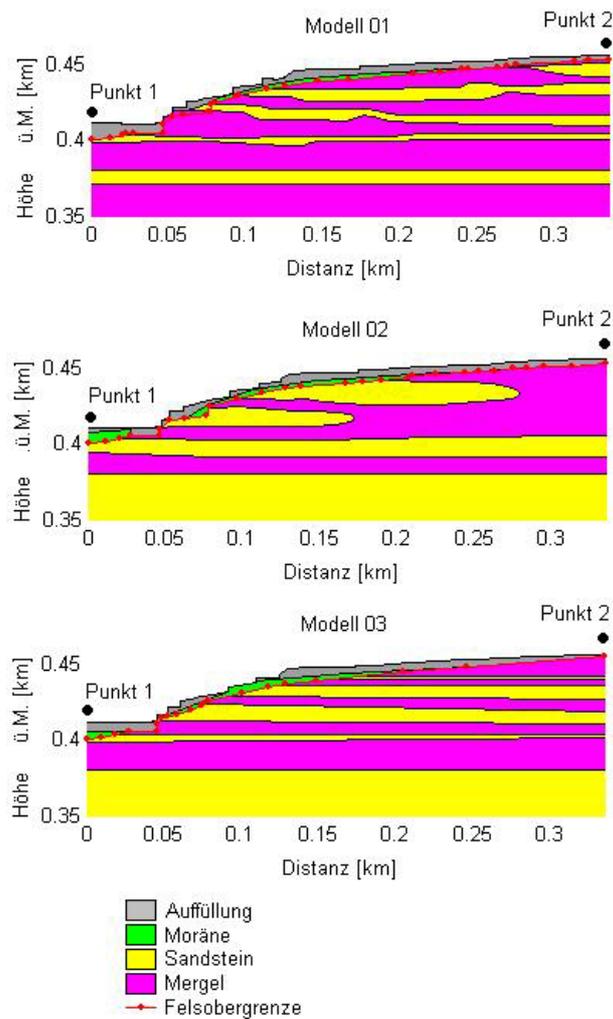


Abbildung 19. Drei Modelle entlang dem Profil 3 des Projekts “Geotechnische Untersuchungen im Gebiet des Centrals” [2]. Das erste Modell versucht die Schichten möglichst exakt wieder zu geben. Das zweite Modell nimmt die oberen Sandsteinlagen als hereinragende Zungen an. Das dritte Modell stellt planare Schichten dar.

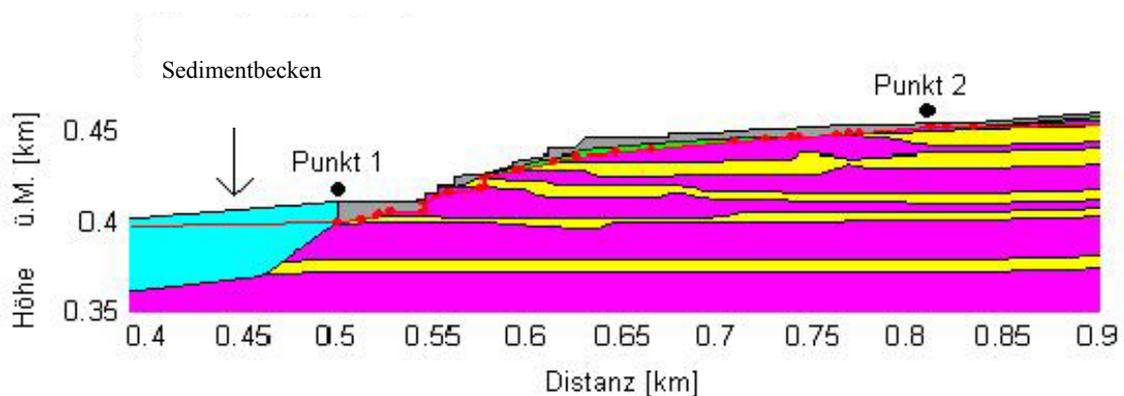


Abbildung 20. Modell 01 mit der Erweiterung eines Feinsedimentbeckens im Limmattal.

Die Ergebnisse der 2D Modellierung sind in Abbildung 21 dargestellt. Es zeigt sich, dass der Medianwert der Verstärkung in der Größenordnung der 1D Modellierung liegt, jedoch ein Unterschied zwischen angenommenen Quellen im Norden und im Süden besteht. Für den Welleneinfall aus Norden werden im tieffrequenten Bereich höhere Werte erreicht als bei der 1D Modellierung. Diese sind auf topografische Effekte zurückzuführen.

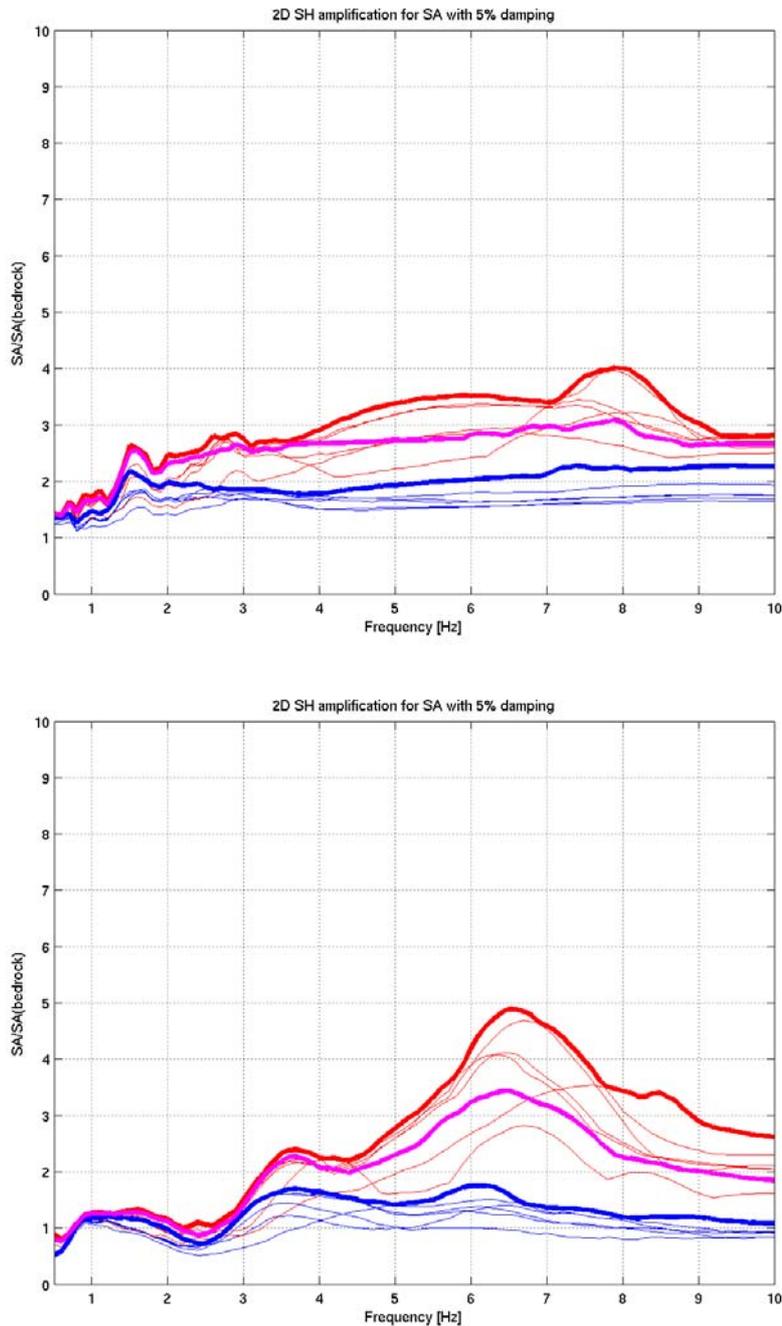


Abbildung 21. Verstärkungseffekte für den SH Fall der Bodenbewegung für die Modelle aus Abbildung 19 und Tabelle 2, bezüglich einem Referenzstandort. Mediane (blau), Maximalwerte (rot), und die Umhüllende der 90% Quantilen (violett). Es wird unterschieden zwischen Erdbebenherd im Norden (oben) und Süden (unten).

5. Bestimmung des Antwortspektrums für einen Standort im Gebiet der ETH Zentrum

Den Ausgangspunkt bilden die Spektralwerte der horizontalen Bodenbeschleunigung bei verschiedenen Frequenzen zwischen 0.5 und 10 Hz für einen Fels und für eine Wiederkehrperiode von 475 Jahren, wie dies für Zürich in Abbildung 22 dargestellt ist [16,17].

Die Bestimmung eines standortspezifischen Spektrums erfolgt durch Multiplikation des Felsspektrums mit den Amplifikationsfunktionen aus den Modellierungen. Es ist unsicher, ob die Foundation des NO bzw. ETZ Gebäudes auf Material mit tiefen S-Wellengeschwindigkeiten liegt. Daher wählen wir alle Verstärkungsfunktionen für die horizontale Komponente aus den Abbildungen 16, 17, 18, 21 und A2. Die meisten dieser Modelle berücksichtigen eine oberflächennahe Schicht mit geringen S-Wellengeschwindigkeiten. Um den Unsicherheiten Rechnung zu tragen, wählen wir die Umhüllende der Medianwerte aus allen Berechnungen. Das Ergebnis ist in Abbildung 22 als blaue Kurve gezeigt. Das Ergebnis für die Medianwerte (blaue Kurve) kann durch die schwarze Kurve vereinfacht werden. Da die Modellierung nicht alle Fälle berücksichtigen kann, schlagen wir die vereinfachte Kurve als standortspezifisches Spektrum für das Gebiet des ETH Zentrum vor. Tabelle 3 gibt die Punkte an, welche die vorgeschlagene Kurve definieren.

Abbildung 22 zeigt zudem das Ergebnis für die 90% Quantile der Verstärkungen, und vergleicht die Spektren mit den Antwortspektren der Baunorm SIA261. Das 90% Quantil wird gewählt, wenn ein grosser Sicherheitsfaktor eingeführt werden soll. Da die Spektren der Norm mit konservativen Annahmen hergeleitet wurden, ist zu erwarten, dass die Werte des lokalen Spektrums tiefer liegen.

Um die hier vorgeschlagenen Werte zu überprüfen betreibt der Schweizerische Erdbebendienst seit Juli 2004 eine seismische Station im NO Gebäude. Zur Zeit sind jedoch noch keine lokalen Ereignisse registriert worden, deren Bodenbewegung signifikant über der Bodenunruhe liegen.

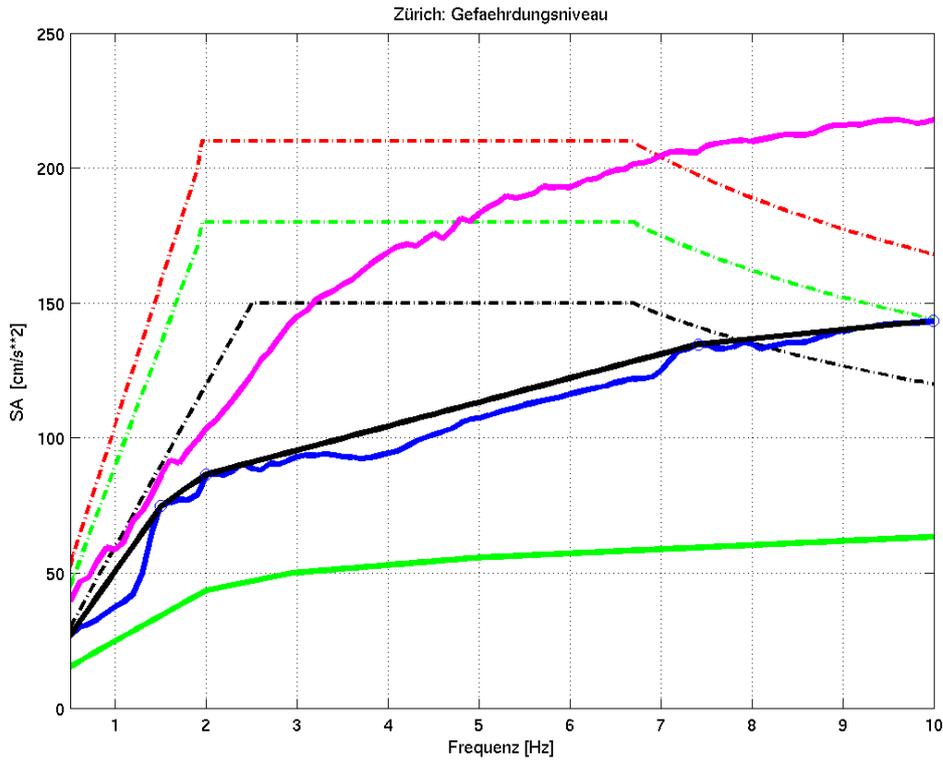


Abbildung 22. Antwortspektren der Baunorm SIA261 (gestrichelte schwarze Kurve: Bodenklasse A; gestrichelte grüne Kurve: Bodenklasse B; gestrichelte rote Kurve: Bodenklasse E) verglichen mit den Werten für ein lokales Spektrum für einen Standort im Gebiet des ETH Zentrum. Die blaue Kurve entspricht der Umhüllenden der Medianwerte, die violette Kurve der Umhüllenden der 90% Quantilen. Die schwarze Kurve entspricht dem vorgeschlagenen standortspezifischen Spektrum für Gebäude im ETH Zentrum. Die grüne Kurve zeigt das Spektrum auf Felsuntergrund.

Frequenz [Hz]	Spektrale Beschleunigung [cm/s ²]
0.5	26.5
1.5	74.7
2.0	86.5
7.4	134.7
10.0	143.4

Tabelle 3. Punkte welche das vorgeschlagene standortspezifische Spektrum für Gebäude im Bereich der ETH Zentrum definieren. Die Punkte sind in Abbildung 22 gegeben.

6. Referenzen

- (1) Jäckli, H. (1988). Geologie von Zürich. Von der Entstehung der Landschaft bis zum Eingriff des Menschen.
- (2) Tiefbauamt Stadt Zürich, Planung und Projektierung (1971). Geotechnische Untersuchungen im Gebiet Central. Bericht der Untersuchungen 1970/71. G. Schindler, Architektur- und Ingenieur Bureau, Geotechnisches Büro Dr. A. Von Moos.
- (3) Fechtig, R. und M. Glättli (1990). Projektierung und Bau der S-Bahn Zürich. Verlag: Stäubli Verlag Zürich.
- (4) Gysi und Leoni AG (1992). Zürich-Oberstrass ETH- Altempa, Neubau Institutsgebäude CLA 2. Etappe; Geotechnischer Bericht. Amt für Bundesbauten.
- (5) Berichte Dr. Heinrich Jäckli AG: Bericht Reservoir Bolleysteasse, Bericht Frauenklinik (Aufschluss der Baugrube), Bericht Bettenhausprovisorium.
- (6) Fäh, D., Kind, F. and D. Giardini, (2001). A theoretical investigation of average H/V ratios. *Geophysical Journal Int.*, 145, 535- 549.
- (7) 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.
- (8) Noack, T., Fäh, D., Kruspan, P. , (2000). Mikrozonierung von Basel-Stadt. Landeshydrologie und -geologie Bern, Geologischer Bericht Nr. 24.
- (9) Kind, F., (2002). Development of Microzonation Methods: Application to Basle, Switzerland. PhD Thesis Nr. 14548, ETH Zuerich.
- (10) Fäh, D., Kind, F., Gisler, M., Sellami, S., Becker, A., Ferry, M., Giardini, D., Zechner, E., Huggenberger, P. (2003). Spektrale Mikrozonierung und Gefährdungsanalyse für Basel Stadt. Ein Bericht zuhanden des Kantons Basel Stadt, Schweizerischer Erdbebendienst ETH Zürich, 20.11.2003.
- (11) Ripperger, J. and D. Fäh, (2003). Records of earthquakes, battles, and reconstructions in Augusta Raurica: an archeological and seismological research project. Second-year Report, Schweizerischer Erdbebendienst ETH Zürich, 11. Nov. 2003.
- (12) Panza, G.F., (1985). Synthetic seismograms: The Rayleigh waves modal summation. *J. of Geophysics*, 58, 125-145.
- (13) Florsch, N., Fäh, D., Suhadolc, P. and Panza, G. F., (1991). Complete synthetic seismograms for high frequency multimode SH-waves. *Pageoph*, 136, 529-560.
- (14) Fäh, D., (1992). A hybrid technique for the estimation of strong ground motion in sedimentary basins. Ph.D. thesis Nr. 9767, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich.
- (15) Fäh, D. and P. Suhadolc, (1994). Application of numerical wave-propagation techniques to study local soil effects: The case of Benevento (Italy). *Pageoph*, Vol.143, No.4, 513-536.
- (16) Wiemer, S., Giardini, D., Fäh, D., Deichmann, N., Sellami, S. and S. Jenny (2004). Probabilistic Seismic Hazard Assessment for Switzerland: Best Estimates and Uncertainties. BSSA, in preparation
- (17) Giardini, D., Wiemer, S., Fäh, D., Deichmann, N., (2004). Seismic Hazard Assessment of Switzerland, 2004. Report of the Swiss Seismological Service, ETH Zürich.

- (18) Takahashi, T. and H. Suzuki, (2001). A study on technical methodologies underpinning site selection process for geological disposal. A study on site screening system for geological disposal (I) Microtremor measurements. Nagra Project Report 01-28.
- (19) Nagra, Sonic Daten der Bohrung Benken und Bassersdorf.

Appendix A. Resultate für Messpunkt NO_05

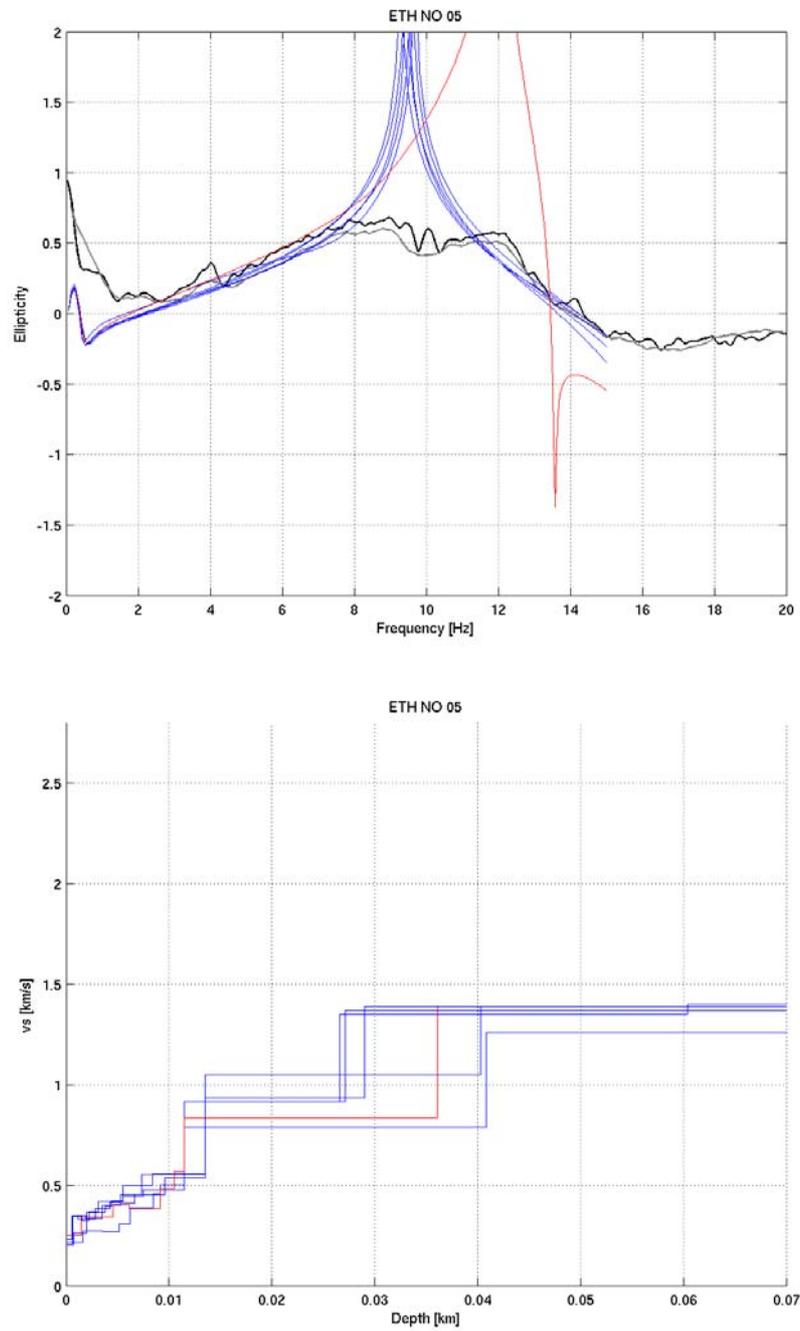


Abbildung A1. Anpassung der Elliptizität der Rayleighwellen an das H/V Spektrum am Standort 5 des NO Gebäudes, und entsprechende S-Wellenprofile.

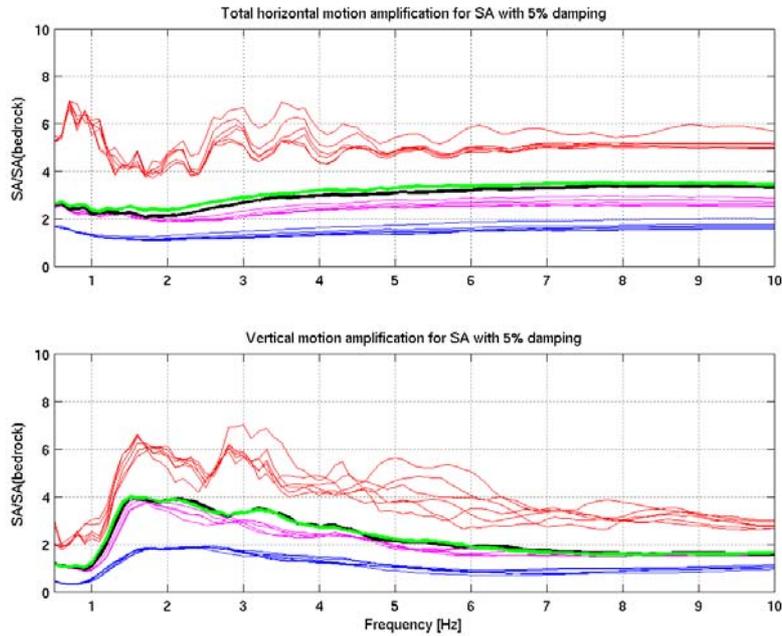
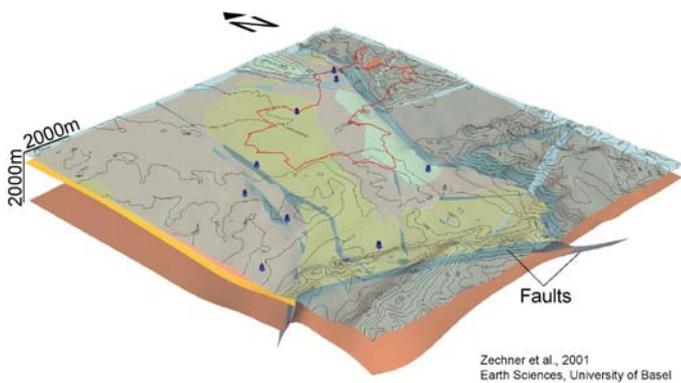


Abbildung A2. Verstärkungseffekte für die horizontale und vertikale Komponente der Bodenbewegung für alle invertierten Strukturen in Abb. A1 bezüglich einem Referenzstandort. Mediane (blau), 90% Quantile (violett), Maximalwerte (rot), und die Umhüllende der 90% Quantilen (schwarz). Die grüne Kurve zeigt zum Vergleich die 90% Quantile für den Standort NO_01.

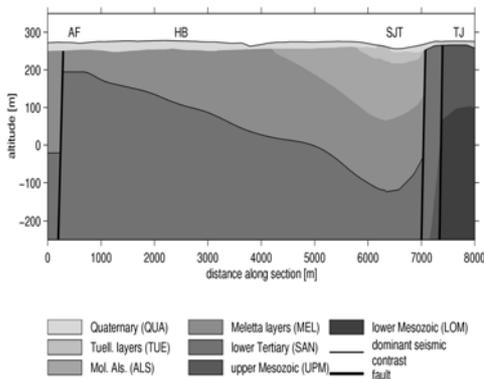
Appendix B. Gemessene Geschwindigkeiten aus anderen Studien

Abbildung B1 zeigt gemessene Werte für die Region Basel Stadt, Tabelle B1 für das Gebiet von Augusta Raurica. Tabelle B2 fasst die Bohrlochmessungen der NAGRA zusammen. Die für den Standort des NO Gebäudes gefundenen Werte sind mit diesen Resultaten vergleichbar.



layer	abbreviation	ρ [kg/m^3]	V_p [m/s]	Q_p	V_s [m/s]	Q_s
Quaternary	QUA	1850	800 ^c (600-1000)	30	450 ^d (400-500)	15
Tüßlinger layers	TUE	1850	2200 ^c (1800-2600)	50	725 ^d (650-900)	25
Molasse Alsacienne	ALS	1850	2200 ^b (2000-2800)	50	650 ^d (600-800)	25
Meletta Layers	MEL	2000	1800 ^b (1400-2500)	50	600 ^d (450-700)	25
lower Tertiary/ first Mesozoic	SAN	2350	3400 ^b (3200-3600)	125	2000 ^b (1800-2200)	50
upper Mesozoic	UPM	2550	4000 ^b (3600-4500)	125	2350 ^b (2150-2650)	50

^aArray measurement; ^bBorehole sonic log; ^cReflection seismics; ^dLiterature



depth [m]	$V_S(MEL)$ [m/s]	$V_S(ALS)$ [m/s]	$V_S(TUE)$ [m/s]
25-50	600	575	650
50-75	600	675	850
75-100	600	725	925
100-150	650	775	1000
150-200	650	825	1025
200-250	700	850	1050
250-300	700	875	1075
300-350	750	900	1100
AV_{100}	600 (450-700)	650 (600-800)	725 (650-900)

Abbildung B1. 3D Modell der Region Basel, Schnitt durch das Modell von Westen nach Osten, und physikalische Parameter und deren Unsicherheiten [9,10].

Tiefe ab Basis Quartär [m]	vp [m/s]	vs [m/s]
0-10	2000	580
10-17	2100	600
17-18	2300	650
18-24	2700	900
24-35	3100	1250
35-40	3100	1500

Tabelle B1. Mittlere Geschwindigkeit für einen verwitterten Gipskeuper, Augusta Raurica [11, z.T. unveröffentlicht]. Die tiefsten gemessenen Werte für vp und vs in den oberen 20m liegen bei 1800m/s und 500m/s.

Material	Tiefenbereich [m]	vp [m/s]	vs [m/s]
Untere Süßwassermolasse	20-90	2500	830
Untere Süßwassermolasse	90-130	2500	990
Untere Süßwassermolasse	130-230	3000	1440
Untere Süßwassermolasse	90-200	2700-3100	1100-1500
Untere Süßwassermolasse	180-580	3700	1470
Malm	40-140	3000	1400
Malm	230-390	4000-6000	2790
Dogger	140-320	3000-4000	1990
Dogger	390-580	2800-3800	1760
Malm/Dogger	580-1040	4000-5000	2400
Keuper/Muschelkalk	520-770	4000-6000	2300
Keuper/Muschelkalk	1040-1540	4000-6000	2800

Tabelle B2. Ausgewählte P- und S-Wellen Geschwindigkeitsmessungen für tiefere geologische Formationen [18,19].

Appendix C: Referenzstruktur für einen Felsstandort

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)
0.10000E-01	0.23000E+01	0.24000E+01	0.10417E-02	0.12000E+01	0.41667E-02
0.10000E-01	0.23000E+01	0.28000E+01	0.89286E-03	0.14000E+01	0.35714E-02
0.10000E-01	0.23000E+01	0.31500E+01	0.79365E-03	0.18000E+01	0.27778E-02
0.11000E+00	0.24000E+01	0.32000E+01	0.78125E-03	0.18500E+01	0.27027E-02
0.12000E+00	0.24000E+01	0.33000E+01	0.75758E-03	0.19100E+01	0.26178E-02
0.12000E+00	0.24000E+01	0.34000E+01	0.73529E-03	0.19700E+01	0.25381E-02
0.12000E+00	0.24000E+01	0.38000E+01	0.65789E-03	0.21900E+01	0.22831E-02
0.20000E+00	0.25000E+01	0.42000E+01	0.47619E-03	0.24200E+01	0.20661E-02
0.20000E+00	0.25000E+01	0.43000E+01	0.46512E-03	0.24800E+01	0.20161E-02
0.20000E+00	0.25000E+01	0.46500E+01	0.43011E-03	0.26800E+01	0.18657E-02
0.20000E+00	0.25000E+01	0.46500E+01	0.43011E-03	0.26800E+01	0.18657E-02
0.20000E+00	0.26000E+01	0.50000E+01	0.40000E-03	0.28900E+01	0.17301E-02
0.20000E+00	0.26000E+01	0.50000E+01	0.40000E-03	0.28900E+01	0.17301E-02
0.10000E+00	0.26000E+01	0.50000E+01	0.40000E-03	0.28900E+01	0.17301E-02
0.20000E+00	0.26000E+01	0.54500E+01	0.36697E-03	0.31500E+01	0.15873E-02
0.20000E+00	0.26000E+01	0.54500E+01	0.36697E-03	0.31500E+01	0.15873E-02
0.10000E+00	0.26000E+01	0.54500E+01	0.36697E-03	0.31500E+01	0.15873E-02
0.20000E+00	0.26000E+01	0.59000E+01	0.33898E-03	0.34100E+01	0.14663E-02
0.20000E+00	0.26000E+01	0.59000E+01	0.33898E-03	0.34100E+01	0.14663E-02
0.50000E+00	0.26000E+01	0.61000E+01	0.32787E-03	0.35200E+01	0.14205E-02
0.50000E+00	0.26000E+01	0.61001E+01	0.32787E-03	0.35201E+01	0.14205E-02
1.00000E+00	0.28500E+01	0.61000E+01	0.16393E-03	0.35400E+01	0.70621E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.61400E+01	0.14477E-03	0.35600E+01	0.62422E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.61800E+01	0.14383E-03	0.35800E+01	0.62073E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.62200E+01	0.14291E-03	0.36000E+01	0.61728E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.62600E+01	0.14199E-03	0.36200E+01	0.61387E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.63000E+01	0.14109E-03	0.36400E+01	0.61050E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.63200E+01	0.14065E-03	0.36520E+01	0.60849E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.63400E+01	0.14020E-03	0.36640E+01	0.60650E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.63600E+01	0.13976E-03	0.36760E+01	0.60452E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.63800E+01	0.13932E-03	0.36880E+01	0.60255E-03
0.10000E+01	0.28500E+01	0.64000E+01	0.13889E-03	0.37000E+01	0.60060E-03
0.10000E+01	0.28800E+01	0.64800E+01	0.12346E-03	0.37500E+01	0.53333E-03
0.10000E+01	0.28800E+01	0.64800E+01	0.12346E-03	0.37500E+01	0.53333E-03
0.10000E+01	0.28800E+01	0.65700E+01	0.12176E-03	0.38000E+01	0.52631E-03
0.10000E+01	0.28800E+01	0.65700E+01	0.12176E-03	0.38000E+01	0.52631E-03
0.10000E+01	0.29000E+01	0.67600E+01	0.11834E-03	0.39000E+01	0.51282E-03
0.10000E+01	0.29000E+01	0.67600E+01	0.11834E-03	0.39000E+01	0.51282E-03
0.10000E+01	0.29000E+01	0.67600E+01	0.11834E-03	0.39000E+01	0.51282E-03
0.10000E+01	0.29000E+01	0.67600E+01	0.11834E-03	0.39000E+01	0.51282E-03
0.10000E+01	0.29000E+01	0.67600E+01	0.11834E-03	0.39000E+01	0.51282E-03
0.10000E+01	0.29500E+01	0.69500E+01	0.11511E-03	0.40000E+01	0.50000E-03
0.10000E+01	0.29500E+01	0.69500E+01	0.11511E-03	0.40000E+01	0.50000E-03
0.10000E+01	0.29500E+01	0.69500E+01	0.11511E-03	0.40000E+01	0.50000E-03
0.10000E+01	0.29500E+01	0.69500E+01	0.11511E-03	0.40000E+01	0.50000E-03
0.20000E+01	0.33000E+01	0.74500E+01	0.59657E-04	0.43000E+01	0.25840E-03
0.20000E+01	0.33000E+01	0.74500E+01	0.59657E-04	0.43000E+01	0.25840E-03
0.20000E+01	0.33000E+01	0.74500E+01	0.59657E-04	0.43000E+01	0.25840E-03
0.25000E+01	0.33000E+01	0.74900E+01	0.59338E-04	0.43200E+01	0.25720E-03
0.25000E+01	0.33000E+01	0.74900E+01	0.59338E-04	0.43200E+01	0.25720E-03
0.25000E+01	0.33000E+01	0.75400E+01	0.58945E-04	0.43400E+01	0.25602E-03
0.25000E+01	0.33000E+01	0.75400E+01	0.58945E-04	0.43400E+01	0.25602E-03
0.25000E+01	0.33000E+01	0.75800E+01	0.58634E-04	0.43500E+01	0.25543E-03
0.25000E+01	0.33000E+01	0.75800E+01	0.58634E-04	0.43500E+01	0.25543E-03
0.25000E+01	0.34000E+01	0.76100E+01	0.52562E-04	0.43625E+01	0.22923E-03
0.25000E+01	0.34000E+01	0.76100E+01	0.52562E-04	0.43625E+01	0.22923E-03
0.25000E+01	0.34000E+01	0.76400E+01	0.52356E-04	0.43750E+01	0.22857E-03
0.25000E+01	0.34000E+01	0.76400E+01	0.52356E-04	0.43750E+01	0.22857E-03
0.25000E+01	0.34000E+01	0.76700E+01	0.52151E-04	0.43875E+01	0.22792E-03
0.25000E+01	0.34000E+01	0.76700E+01	0.52151E-04	0.43875E+01	0.22792E-03
0.25000E+01	0.34000E+01	0.77000E+01	0.51948E-04	0.44000E+01	0.22727E-03
0.25000E+01	0.34000E+01	0.77000E+01	0.51948E-04	0.44000E+01	0.22727E-03