



Doctoral Thesis

Development of microzonation methods application to Basle, Switzerland

Author(s):

Kind, Fortunat Johannes Paul

Publication Date:

2002

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004394981> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 14548

Development of Microzonation Methods: Application to Basle, Switzerland

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZÜRICH
for the degree of

Doctor of Natural Sciences

presented by
Fortunat Johannes Paul Kind
Dipl. Math. ETH
born March 10, 1971
citizen of Chur, (GR)

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Domenico Giardini, examiner
Dr. Donat Fäh, co-examiner
Prof. Dr. Frank Scherbaum, co-examiner
PD Dr. Peter Huggenberger, co-examiner

2002

Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden die lokalen Standorteffekte bei Erdbeben in der Stadt Basel in der Schweiz untersucht und eine seismischen Mikrozonierungskarte zusammengestellt. Aufgrund fehlender Starkbebenaufzeichnungen wurde der indirekte Weg über die Bestimmung der geophysikalischen Untergrundstruktur unter der Region Basel und numerische Modellierung gewählt. Neben den direkten Resultaten für die Stadt Basel ist auch die Weiterentwicklung von kostengünstigen Methoden für solche Studien ein Teilziel der Arbeit. Der Schwerpunkt liegt dabei bei Methoden, die auf der natürlichen seismischen Bodenunruhe beruhen, da sie mit geringem finanziellem Aufwand verbunden sind und auch innerhalb einer Stadt angewandt werden koennen.

In einem ersten Teil wird eine Karte der fundamentalen Resonanzfrequenzen des Untergrundes mittels der H/V Polarisationsanalyse von seismischer Bodenunruhe erstellt. Zum einen gibt die Fundamentalfrequenz eine untere Grenze für denjenigen Frequenzbereich an, in welchem mit einer Verstärkung der Bodenbewegung während eines Erdbebens gerechnet werden muss. Sie ist daher schon für sich eine wichtige Grösse in einer Mikrozonierung. Andererseits ist die Fundamentalfrequenz über die S-Wellen Geschwindigkeit mit der Tiefe des S-Wellenkontrastes verbunden, der für die Standorteffekte verantwortlich ist, was eine Interpretation der Fundamentalfrequenz für die Struktur erlaubt, falls die S-Wellen Geschwindigkeiten bekannt sind. Innerhalb der Rheingrabenstruktur sind die Fundamentalfrequenzen sehr tief (0.4-1Hz), was auf weiche Sedimente bis in grosse Tiefen hindeutet. Durch die grosse Dichte der Messungen im Stadtgebiet von Basel war der Vergleich benachbarter Messungen möglich und erlaubte eine zuverlässige Interpolation der Frequenzen.

In einem zweiten Teil der Arbeit wurde eine Methode zur Bestimmung von S-Wellen Geschwindigkeiten entwickelt. Scherwellen sind einer der kritischen Faktoren bei lokalen Standorteffekten und sie sind häufig nur ungenügend bekannt. Die Methode basiert auf der Aufzeichnung von natürlicher Bodenunruhe mittels eines seismischen Arrays von sehr kleiner Ausdehnung. Nach erfolgreichen Tests der Methode wurden an fünf Standorten in Basel Messungen durchgeführt und damit S-Wellen Geschwindigkeiten bis in über 100m Tiefe bestimmt.

Mit einem geologischen 3D Modell als Ausgangsbasis wurde dann in einem dritten Teil ein geophysikalisches 3D Modell der oberflächennahen Geologie er-

stellt (Tiefe ca 1km). Verwendet wurden die Daten aus den Array Messungen, Informationen aus der Literatur, von einem neuen tiefen Bohrloch in Basel und von zwei neueren seismischen Linien. Zur Validierung wurden die Fundamentalfrequenzen aus dem Modell bestimmt und mit den gemessenen Werten verglichen. Der Vergleich zeigte, dass die Tiefe der weichen Sedimente unter der Stadt Basel bisher unterschätzt worden war, und erlaubte eine Korrektur der geologischen Information.

In einem letzten Teil wurden Erdbeben auf dem Modell simuliert. Aus dem Vergleich mit Modellierungen auf einer Referenzstruktur wurde die spektrale Amplifikation der Bodenbewegung bestimmt. Über die Fundamentalfrequenzen und Amplifikationskurven konnte die Stadt Basel schlussendlich in Zonen ähnlichen Verhaltens bei Erdbeben eingeteilt werden.

Abstract

In this thesis the local site effects during earthquakes in the city of Basle in Switzerland are studied and a seismic microzonation map is determined. Because strong motion recordings are not available, an indirect approach was chosen, consisting in building a geophysical structural model for the region of Basle and then numerical simulation of earthquakes. Beside the results for the city of Basle itself, the development of inexpensive methods for determining structural information was a goal of the study. Techniques based on the analysis of ambient vibrations are a major part of the study, because they can be applied readily even in urban areas.

In the first part of this work we derive a map of the fundamental frequency of resonance of the ground from single station recordings of ambient vibrations, through H/V polarization analysis of ambient vibrations. The fundamental frequency on one hand indicates the lower boundary of the frequency range where ground motion amplification occurs and therefore gives already indications for a microzonation. On the other hand the fundamental frequency of resonance is linked through the S-wave velocity to the depth of the impedance contrast responsible for the local site effects, allowing structural interpretation of the frequency if the the velocity structure is known. Within the Rhine graben structure the fundamental frequencies are quite low (0.4-1Hz), which indicates soft sediments of large thickness. Because of the high density of the measurements in the city of Basle, a comparison of neighbouring measurements was possible and allowed a reliable interpolation of the frequencies.

In a second part of the thesis a method for determining S-wave velocity structures was developed. S-waves are a major factor in local site effects during earthquakes and they are often not sufficiently constrained. The method is based on recordings of ambient vibrations on seismic arrays of small aperture. After successful test, the method was applied at five sites in Basle and S-wave velocities for depths of more than 100m were determined

Starting from a geological 3D model, a geophysical 3D model of the close surface sediments (depth 1km) was determined in a third part of the thesis. The array measurement results were a major contribution, further information was taken from literature, from a recent deep borehole in Basle and from two recent seismic lines. Fundamental frequencies were then determined from the

model so as to validate the model against the measured values. The comparison showed that the depth of the soft sediments beneath the city of Basle had been underestimated previously. A correction of the geologic information was then possible with this data.

In the last part of the study scenario earthquakes were simulated on the model. From the comparison with numerical modelling of the identical events on a reference structure spectral amplification of the ground motion could be determined. Using the fundamental frequencies of resonance and the calculated amplification, the city of Basle was zoned into areas of similar behaviour during earthquakes.