

## Zusammenfassung

Ein am 16. April 1972 im Pittental (im südlichen Niederösterreich) aufgetretenes Starkbeben mit der Epizentralintensität  $7\frac{3}{4}$  Grad nach Mercalli-Sieberg hatte überraschenderweise auch noch in Wien beachtliche Schadenswirkungen, besonders in den rund 60 km vom Epizentrum entfernten, nördlichen Stadtteilen.

Erklärt wird dieses Phänomen durch eine relativ hohe Bebenmagnitude (ca. 5,4 nach Richter), eine bevorzugte Energieleitung in nördliche Richtung und durch Resonanzwirkungen im Raum Wien. Letztere waren durch eine relativ große Andauer der Maximalphase des Bebens (ca. 12 Sekunden) und eine ungünstige Quartärmächtigkeit ( $\lambda/4$ ) über dem anstehenden Jungtertiär von höherer Schallhärte bedingt.

## Summary

On the 16th of April 1972, a destructive earthquake took place in the southern part of Lower Austria. Its maximum intensity was  $7\frac{3}{4}$  degrees according to the Mercalli-Sieberg scale. Unusually heavy damages were reported in the northern parts of Vienna, which are situated approximately 60 km north of the epicentre. A relatively large earthquake magnitude (about 5,4 according to Richter), an increased energy transmission towards the north and resonance effects were responsible for the destructions in Vienna. A thin Quarternary layer ( $\lambda/4$ ), which lies on top of Tertiary rocks with much higher density and velocity values, and a rather long lasting maximum-phase (approximately 12 sec) have been the causes for the latter.

## 1. Einleitung

Am 16. April 1972 um 11.10 Uhr MEZ erschütterten heftige Erdstöße weite Teile des östlichen Österreich und des angrenzenden Auslandes. Tausende Menschen liefen erschreckt ins Freie, während an Bauten verschiedentlich leichte bis mäßige, im Epizentralbereich des Bebens auch starke Schäden auftraten.

In der Bundeshauptstadt Wien, dem alleinigen Untersuchungsgebiet im Rahmen dieser Arbeit, waren die Bebenwirkungen von hierzulande ungewöhnlicher Stärke: Hunderte Hauskamine wurden beschädigt und etliche davon stürzten ebenso auf die Straße, wie ein Teil der westseitigen Steinballustrade des Universitäts-Hauptge-

bäudes. Viele der aus den Häusern geflohenen Menschen waren nur notdürftig bekleidet, da sie den verregneten Sonntag-Vormittag lieber zu Hause als im Freien verbringen wollten. Zur Bebenzeit waren daher auch nur sehr wenige Passanten unterwegs; allein diesem Umstand kann man den Bebenausgang ohne Tote und zahlreiche Verletzte verdanken.

Das im 20. Jahrhundert bisher stärkste österreichische Erdbeben ist um 11<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> 04<sup>s</sup> MEZ im südlichen Niederösterreich, im Raume Seebenstein—Pitten (47,7° N, 16,2° E), aufgetreten. Dieses tektonische Beben hatte nach vorläufigen Ermittlungen die Magnitude 5,4 nach Richter und die Epizentralintensität 7<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Grad nach der 12-teiligen makroseismischen Skala von Mercalli-Sieberg. Die horizontale Ausdehnung der zugehörigen Herdfläche muß nach unseren heutigen Kenntnissen mit ca. 5 bis 6 km und die Dislokation im Hypozentralbereich mit ca. 10 bis 20 cm angenommen werden (s. Schick 1970, Schneider 1971). Die Herdtiefe betrug auf Grund der Berechnung aus mikroseismischen Daten seitens des US-Erdbeben-Informationszentrums 18 km, während sie auf Grund von makroseismischen Überlegungen mit 10 bis 12 km anzunehmen ist. — Diese unterschiedlichen Werte stellen keineswegs einen Widerspruch dar, man kann sie vielmehr so deuten, daß der Herdvorgang in 18 km Tiefe begonnen und erst in 12 bis 10 km Tiefe sein Ende gefunden hat, denn die mikroseismische Herdtiefenbestimmung gilt für den Anfangspunkt des Herdvorganges und die für die makroseismische Herdtiefenbestimmung maßgebliche Epizentralintensität hängt wesentlich von der Obergrenze der Herdfläche ab. Nach einer von Gangl im September 1972 anlässlich der ESC-Generalversammlung in Braşov zur Diskussion gestellten Arbeit verläuft die Verwerfung von WSW nach ENE und der Herdvorgang war eine linksdrehende Horizontalverschiebung. Eine zeichnerische Darstellung davon ist in Abbildung 1 rechts unten eingefügt.

## 2. Einiges zur Energieausbreitung

Die seismische Energie des Seebensteiner Schadenbebens hatte die Größenordnung von 10<sup>20</sup> erg (ermittelt aus der Magnitude nach Gutenberg und Richter 1956), also ca. 2,8 Millionen Kilowatt-

stunden. Wie die von der Geophysikalischen Abteilung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien erstellte Isoseistenkarte (Abbildung 1) zeigt, war die Energieabstrahlung bei diesem Beben stark unsymmetrisch.

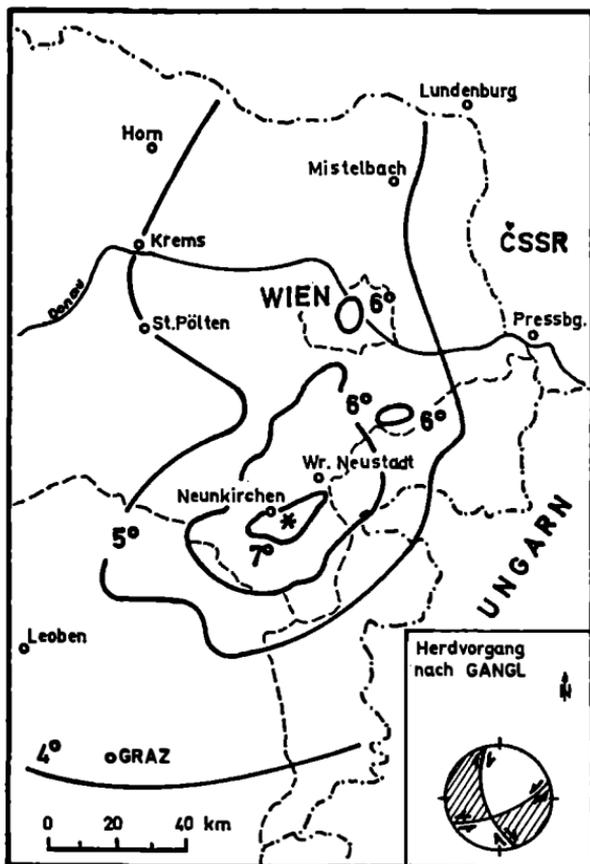


Abb. 1. Isoseistenkarte des Seebensteiner Bebens sowie dessen Herdlage und Herdmechanismus.

Während in Epizentralnähe die Isoseistendeformation noch durch die Dynamik des Herdvorganges geprägt ist (Streckung der Isoseisten parallel zur Herdfläche), zeigt sich in größeren Distanzen eine stark bevorzugte Energieausbreitung in nördliche Richtung, die einen

Einfluß des südlichen Wiener Beckens in der Art eines „Kanals“ vermuten läßt. Es handelt sich hier nicht um eine oben und unten begrenzte (vertikale) Geschwindigkeitsinversion, sondern um einen seitlich durch den Beckenrand begrenzten „Kanal“, der imstande ist, die von unten her eintretende Energie zu führen. Das geschlossene Schüttergebiet mit einer Bebenintensität von mindestens 6° MS reicht nordnordostwärts (also in Richtung der Längsachse des Wiener Beckens) bis zu einer Epizentraldistanz von nahezu 50 km, südwärts hingegen nur bis zu einer solchen von weniger als 20 km. Auffallend ist, daß im Raum Wien, etwa 60 km vom Epizentrum entfernt, abermals Bebenintensitäten von 6° MS und darüber aufgetreten sind. Die vermutlichen Gründe dafür sollen in diesem Bericht eingehender behandelt werden.

### 3. Die Bebenwirkungen im Raum Wien

Das Seebeben wurde von der Wiener Bevölkerung vielfach mit Furcht und Schrecken wahrgenommen. In zahlreichen, vor allem höher gelegenen Wohnungen entstanden Schäden von im allgemeinen nur leichter Natur: Verputzschäden, kleine Sprünge und Risse in Mauern, Beschädigungen von verfliesen Wänden, Sprünge in Fensterscheiben sowie Schäden an beweglichen Glas- und Porzellangegenständen. Durch das Beben wurden verschiedentlich auch Bücherregale abgeräumt und sogar schwere Möbel bewegt. An höheren Gebäuden gab es auch äußerliche Schäden: Fassadenverzerrungen lösten sich, Kamine wurden zerrüttet, mitunter verdreht und teilweise auch abgeworfen, so daß zusätzlich Folgeschäden an Dächern und parkenden Autos entstanden. Die Feuerwehr der Stadt Wien hatte dementsprechend Hochbetrieb, der sich in der großen Zahl von rund 800 Einsätzen innerhalb der ersten 36 Stunden nach dem Beben widerspiegelt.

Für Schlagzeilen sorgten aber in erster Linie spektakuläre Schäden am Hauptgebäude der Wiener Universität, bei den Kirchen St. Brigitta im 20., St. Paul im 19. und Maria Hilf im 6. Bezirk sowie der Absturz einer 1000 kg schweren Sirene vom Dach eines Hauses in Wien 17., Pezlgasse. Auch die folgenschwere Beschädigung der oberen

Teile eines 30 m hohen Fabrikschornsteins in Wien 7., Wimbergergasse, fand starke Beachtung. (Die Extremschäden sind in Abbildung 3 angeschrieben.) Vom Universitäts-Hauptgebäude ist in der Reichsratsstraße aus ca. 20 m Höhe eine Steinballustrade abgestürzt, und zwar in einer Länge von 15 m, das ist ein Drittel der 45 m langen und 80 cm hohen Ballustrade, mit einer Sockelbreite von ca. 40 cm. Alle 3 m angeordnete Pfeiler wurden dabei aus ihrer Verankerung gerissen. Die Reparatur wird rund eine Million Schilling kosten. Da die Ballustrade in der Verbindungslinie Epizentrum—Universität Wien liegt, ist ihr seitlicher Absturz ein ausgezeichnete Hinweis darauf, daß hier die Horizontalkomponente der maximalen Scherungswellen die dominierende Rolle gespielt hat. — Bei der zweitürmigen, 62 m hohen St. Brigitta-Kirche (erbaut 1860) wurde ein 2 m hohes, schweres Schmiedeeisenkreuz durch das Beben unten abgebrochen und zum Absturz gebracht, ein Blitzableitenseil hat es allerdings bald abgefangen. Das Kreuz des zweiten Turms wurde leicht geknickt, und zwar offenbar ebenfalls durch Scherungswellen. Die Dekanatskirche St. Paul mußte nach dem Beben, das hier nur provisorisch reparierte Kriegsschäden aus dem 2. Weltkrieg wieder bloßgelegt hat, ein halbes Jahr lang gesperrt und gründlich renoviert werden. In der Kirche Maria Hilf fiel ein Teil des Deckenfreskos in den Altarraum. Die in Hernals wie eine Bombe herabgefallene Sirene zertrümmerte ein unbesetztes, parkendes Auto. Der bereits funktionslose, 30 m hohe Fabrikschornstein in Wien-Neubau trug bei dem Beben einen 2 m langen Riß davon und verlor seine obersten Ziegel, die ein Garagendach durchschlugen und zwei eingestellte Fahrzeuge beschädigten.

Diese unvollständige Aufzählung sollte einen vorläufigen Eindruck von den relativ großen Schadenswirkungen des Seebebensteiner Starkbebens im Stadtgebiet von Wien vermitteln. In der Geophysikalischen Abteilung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik sind Hunderte telefonische und schriftliche Wahrnehmungsberichte aus allen Stadtteilen eingelangt. Zusätzlich wurden von allen Bezirkspolizeikommissariaten Schadensmeldungen eingeholt und Auszüge aus den rund 800 Einsatzprotokollen der Städtischen Feuerwehr angefertigt.

Die in einem Stadtplan eingetragenen Schadensfälle sind keines-

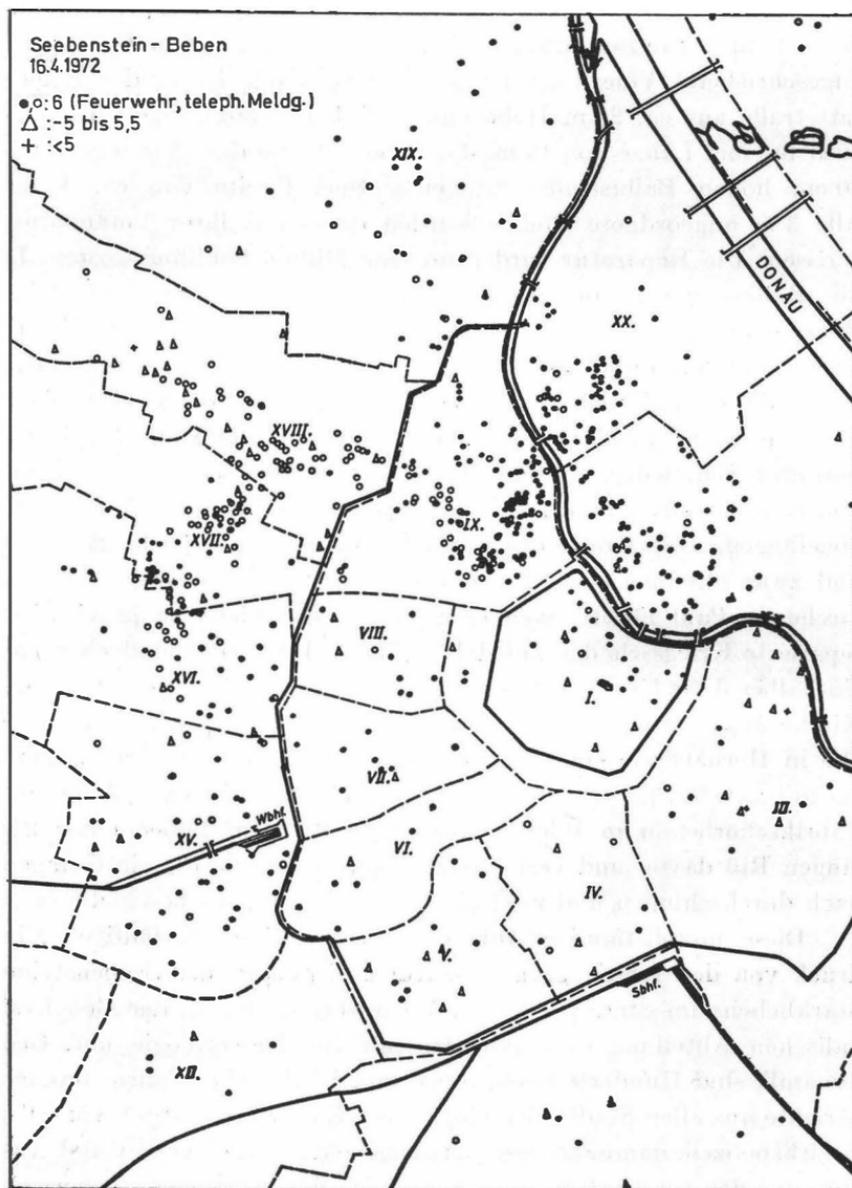


Abb. 2. Verteilung der Schadensmeldungen in Wien.

wegs gleichmäßig über das Stadtgebiet verteilt oder, entsprechend einer normalen Intensitätsabnahme, am südlichen Stadtrand dicht und nach Norden zu weniger dicht gesät. — Es zeigen sich vielmehr auffällige Häufungsstellen im Norden und Nordwesten der Stadt (Abbildung 2 und schraffierte Zonen in Abb. 3). Besonders in Mitleidenenschaft gezogen wurden der 2., 20. und 9. Bezirk sowie Teile des 18., 17. und 16. Bezirks. Beachtenswert ist auch das in Gersthof (18. Bezirk) erkennbare Schadensgebiet. — Am südwestlichen Stadtrand und in den Bezirken östlich der Donau war die Bebenintensität durchwegs deutlich geringer als im übrigen Wien.

Bei der Klassifikation der Schäden nach der 12-teiligen makro-seismischen Skala mußte sehr vorsichtig vorgegangen werden, denn die teilweise recht hohe Schadensdichte konnte leicht zu einer Überschätzung der Erdbebenintensität führen. — Bei einer nur oberflächlichen Betrachtung müßte man den mehr oder minder geschlossenen Schadensgebieten im Norden und Nordwesten Wiens die Bebenintensität 7° MS zuordnen, da der Absturz von zahlreichen Hauskaminen in gewissen Fällen, nämlich bei ein- bis zweigeschossigen Ziegelbauten, ein sicheres Zeichen für diese Intensität ist. Da jedoch im Untersuchungsgebiet vorwiegend vier- und mehrgeschossige, in der Bauweise vergleichbare Gebäude beschädigt wurden und die Schwere der Schäden erfahrungsgemäß mit wachsender Gebäudehöhe zunimmt, wird man die zugehörige Bebenintensität mit ca. 6,5° MS festlegen müssen. — Das Gleiche gilt für die speziell aufgezählten Schäden an den Kirchen und dem 50 Jahre alten Fabrikschornstein, vor allem wegen der überdurchschnittlichen Höhe der Objekte und teilweise auch wegen der bereits vor dem Beben geschwächten Konstruktionen.

Bestehen bleibt trotzdem die Tatsache, daß in Wien ausgeprägte sekundäre Maxima der Bebenintensität — entsprechend einer rund dreifachen Amplitudenvergrößerung — aufgetreten sind, die einer Erklärung bedürfen.

An der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, die außerhalb eines der geschlossenen Gebiete erhöhter Schadensdichte in einem Bereich mit der Intensität 6° MS liegt, wurde dieses „Beben des Jahrhunderts“ von den Seismographen nur unvollkommen aufgezeichnet, denn der Verstärker eines elektrodynamischen Vertikal-

seismographen wurde durch die Heftigkeit der Erdbewegung bedeutend übersteuert, die mechanischen Wiechert-Seismographen fielen bald nach dem Ersteinsatz aus und das hinreichend unempfindliche Horizontalpendel nach Conrad hat, konstruktionsbedingt, nur die E—W-Komponente der Bewegung registriert. Auch dieses Conrad-

- a) Universitäts- Hauptgebäude
- b) Kirche St. Brigitta
- c) Kirche St. Paul
- d) Kirche Maria Hilf
- e) Pezlgasse
- f) Wimbergergasse

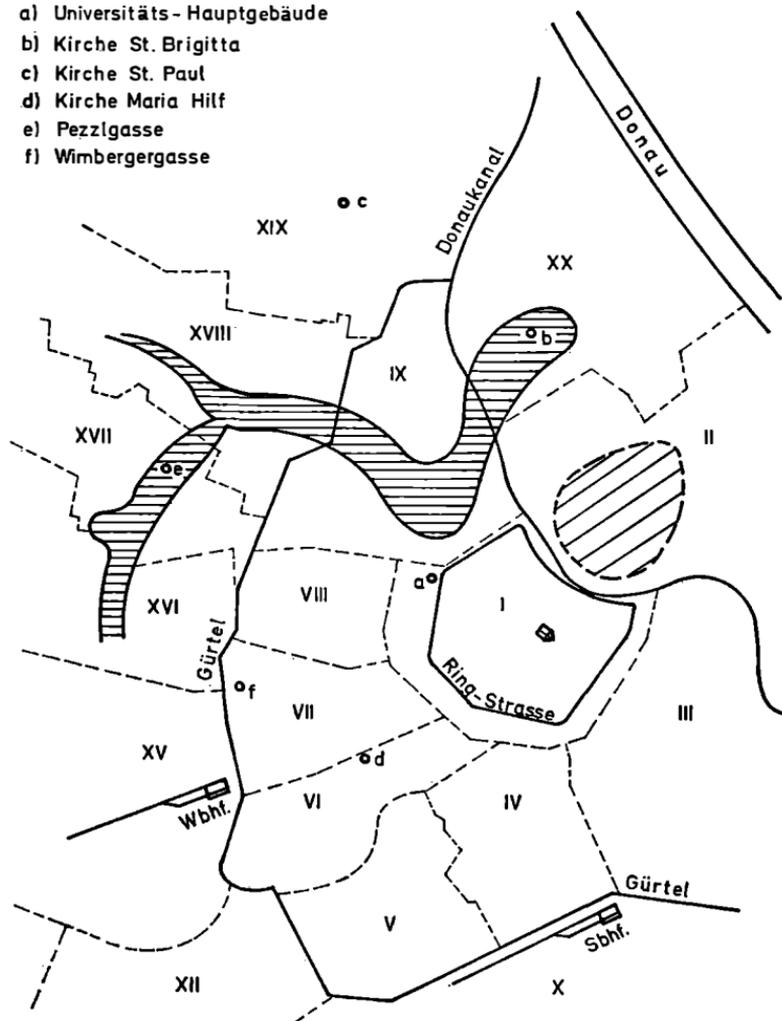


Abb. 3. Gebiet erhöhter Schadensdichte (schraffiert) und Extremschäden (a—f).

Pendel wurde durch das Beben beschädigt, weshalb die Auswertung des kaum reproduktionswürdigen Seismogramms einige Schwierigkeiten bereitete. Trotzdem können wir folgende Richtwerte für die besonders wichtige E—W-Komponente der Bodenbewegung in Wien-Hohe Warte angeben:

größte Amplitude (halbe Doppelamplitude) der wahren	
Bodenbewegung	ca. 2,43 mm
maximale Bodengeschwindigkeit	2,5 cm/sec
maximale Bodenbeschleunigung	
(knapp 3% von g)	27 cm/sec <sup>2</sup>
vorherrschende Periode	0,6 sec
Dauer der Maximalphase	12 sec

Die N—S-Komponente der Bewegung war vermutlich wesentlich kleiner, da sie mit der Schwingungsrichtung der dominierenden Scherungswellen einen Winkel von nahezu 90° einschließt.

Das Seebensteiner Beben wurde auch in der Inneren Stadt registriert, und zwar von einem schreibenden Neigungsmeßgerät der Magistratsabteilung 41 — Stadtvermessung, das im nördlichen Heidenturm des Stephansdoms installiert war, mit der eigentlichen Aufgabe, den Einfluß der U-Bahn-Bauarbeiten auf den Dom zu beobachten. Da hier nur die N—S-Komponente aufgezeichnet wurde, sind die Werte der gemessenen Neigungsänderungen mit 0,26 mm/m nach Süden und 0,09 mm/m nach Norden (Mindestwerte) recht bescheiden ausgefallen.

#### 4. Erklärung der anomalen Bebenwirkungen in Wien

Die ausgeprägten sekundären Maxima der Bebenintensität im Raum Wien und die Tatsache, daß unter der Stadt beachtliche tektonischen Störungen (siehe Bruchlinien in Abb. 4) existieren, könnten eine lokale Spannungsauslösung durch die von Süden her verursachte Bodenerschütterung vermuten lassen. Da aber die Schadenswirkungen bei der für ein Lokalbeben eher ungewöhnlichen dominierenden Periode von 0,6 Sekunden aufgetreten sind und die Lage der Schadensgebiete mit den bekannten geologischen Störungen nicht korrelierbar sind, muß eine solche Vermutung verworfen werden.

In seinem Buch der Ingenieur-Seismologie berichtet Medvedev (1962 a) über eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Erdbebenschäden, wenn sich der Grundwasserspiegel weniger als 4 m unter der Erdoberfläche befindet. Aus diesem Grunde wurde auch diese Möglichkeit

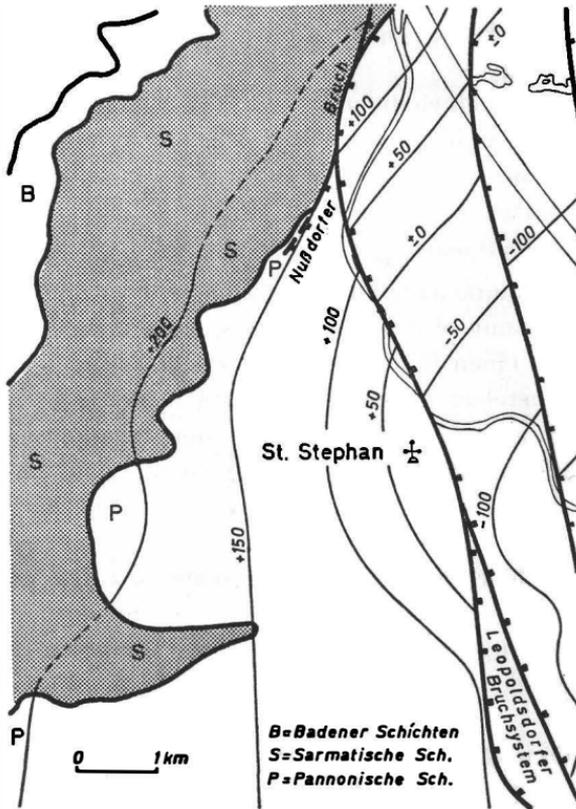


Abb. 4. Sarmatoberkante im Raum Wien (nach F. Brix).

untersucht. In jenen Bereichen der Schadensgebiete, in denen Grundwasser-Meßstellen vorhanden sind (den Bezirken II, VII, VIII, IX, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX) und deren Pegelstände damals von der Magistratsabteilung 29 erfragt wurden, war aber keine deutliche intensitätssteigernde Wirkung des Grundwassers festzustellen.

Nun blieb noch zur Erklärung die literaturbekannte Tatsache, daß

lockeres Erdreich über Fels stärker als die Unterlage durch Erdbeben erschüttert wird und in Sonderfällen sogar in Resonanzschwingungen geraten kann, weshalb darin gegründete Bauwerke besonders erdbebengefährdet sind. Allein durch die Unterschiede in der Schallhärte zwischen Unterlage und Oberflächenmaterial kann theoretisch eine maximal zweifache Amplitudenvergrößerung erzielt werden. Die Schallhärteendifferenz (Tertiär—Quartär) ist in Wien aber nicht entsprechend groß, außerdem war, aus den makroseismischen Wirkungen zu schließen, ein Vergrößerungsfaktor von etwa 3 aufgetreten. Solche Verstärkungen können aber nur durch Resonanz erklärt werden.

Sowohl nach sowjetischen als auch nach amerikanischen Veröffentlichungen (s. z. B. Medvedev 1962 a, Hansen 1970) ist in lockerem Erdreich der Mächtigkeit  $H$ , das über starrem oder elastischem Fels lagert, die Anregung von Resonanzschwingungen durch horizontale S-Wellen möglich, wenn

$$H = (2n - 1) \cdot \lambda/4, \text{ mit } n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

gilt. In realen Fällen wird vorwiegend nur die Grundschiwingung mit  $n = 1$  und  $H = \lambda/4$  in Frage kommen ( $\lambda =$  Wellenlänge der Scherungswellen  $= c_s \cdot T$ , mit  $c_s$  als Wellengeschwindigkeit und  $T$  als Periode). In dem für uns interessanten Fall einer Lockerschicht (Index E) über elastischem Fels (Index F) gilt unter der zulässigen Voraussetzung, daß der Dämpfungsfaktor  $\beta$  in der Lockerschicht für alle Moden  $n$  konstant ist ( $2\beta = \frac{\eta_E \cdot \Omega}{G_E}$ , Viskositätskonstante  $\eta_E$  umgekehrt proportional der Kreisfrequenz  $\Omega$  der Schwingung,  $G_E$  Schermodul) die Beziehung

$$V_m = \frac{(\rho \cdot c_s)_F}{(\rho \cdot c_s)_E} \left/ \left[ 1 + \frac{\pi}{2} \beta \frac{(\rho \cdot c_s)_F}{(\rho \cdot c_s)_E} \right] \right. \quad (2)$$

(s. Roesset in Hansen 1970) d. h. der Vergrößerungsfaktor  $V_m$  der Schwingungsamplituden im Resonanzmaximum nimmt bei Annahme plausibler Kenndaten für Erde und Fels ( $\rho =$  Dichte) die für eine Erklärung der in Wien aufgetretenen Erscheinungen notwendige

Größe an. — Die Lösung eines Mehrschichtenproblems wäre bei Kenntnis der einzelnen Schichtdicken und Materialeigenschaften zwar exakter, aber wesentlich unübersichtlicher, und daher für uns im Rahmen dieser Untersuchung unzweckmäßig.

Eine erste Vorstellung von den maßgeblichen Schichten verschafften wir uns gemeinsam mit den Kollegen Dipl.-Ing. Dr. Brückl und Dipl.-Ing. Breitfuß vom Institut für Geophysik an der Technischen Hochschule Wien mit Hilfe seismischer Testuntersuchungen. — Im Garten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik konstatierten wir für die oberste Schicht, eine lößartige Lehmschicht, die  $P$ -Wellengeschwindigkeit  $c_p = 340$  m/s. Knapp 7,5 m darunter stieg die  $P$ -Wellengeschwindigkeit sprunghaft auf  $c_p = 1850$  m/s an; dies ist ein für jungtertiäre Schichten (Tegel) typischer Wert. — Im 20. Bezirk, in der Wehlstraße, lag die  $P$ -Wellengeschwindigkeit der Lockermassen bei 400 m/s; den unteren Refraktor konnten wir trotz eines 65 m langen Meßprofils nicht erreichen, d. h. die Mächtigkeit des lockeren Erdreichs hat 25 m wohl überschritten.

Weitere Hinweise auf die wahrscheinlichen Materialeigenschaften wurden der Fachliteratur entnommen (Hansen 1970, Makris 1971, Medvedev 1962 b). — Für die oberste Schicht ist demnach mit mittleren Dichtewerten  $\rho_E = 1,7 \pm 0,3$  g/cm<sup>3</sup> und für die anschließende, feste Jungtertiärschicht mit  $\rho_F = 1,9 \pm 0,2$  g/cm<sup>3</sup> zu rechnen. Die zugehörigen  $P$ -Wellengeschwindigkeiten dürften durchwegs die Größenordnung  $c_{pE} = 400 \pm 100$  m/s und  $c_{pF} = 1900 \pm \pm 100$  m/s besitzen. — Die für uns maßgebliche  $S$ -Wellengeschwindigkeit läßt sich aus der  $P$ -Wellengeschwindigkeit mit Hilfe der Beziehung

$$c_s = c_p \cdot \sqrt{\frac{1 - 2\sigma}{2(1 - \sigma)}} \quad (3)$$

berechnen, sofern die Poissonsche Konstante  $\sigma$  bekannt ist. Für wenig feuchte Böden gilt  $\sigma \doteq 0,35$  (s. Whitman in Hansen 1970); mit zunehmender Wassersättigung strebt  $\sigma \rightarrow 1/2$  und  $c_s \rightarrow 0$ . — In unserem Falle wird also etwa  $c_{sE} = 160 \pm 40$  m/s und  $c_{sF} = 760 \pm 40$  m/s gelten, d. h. die Resonanzmächtigkeit der oberflächennahen Lockermassen (also Quartär einschließlich künstliche Aufschüttungen und

allenfalls jungtertiäre Lockersande) wird bei einer Periode  $T = 0,6$  s im Intervall  $18 \leq H \leq 30$  m (Mittel:  $H = 24$  m) liegen. Der zugehörige Vergrößerungsfaktor  $V_m$  nimmt unter der Voraussetzung einer für Quartärmassen typischen internen Dämpfung von  $\beta = 0,10$  (s. Roesset sowie Whitman in Hansen 1970) Werte zwischen 3,9 und 2,1 (Mittelwert nahe 3) an, die völlig in unser Konzept passen.

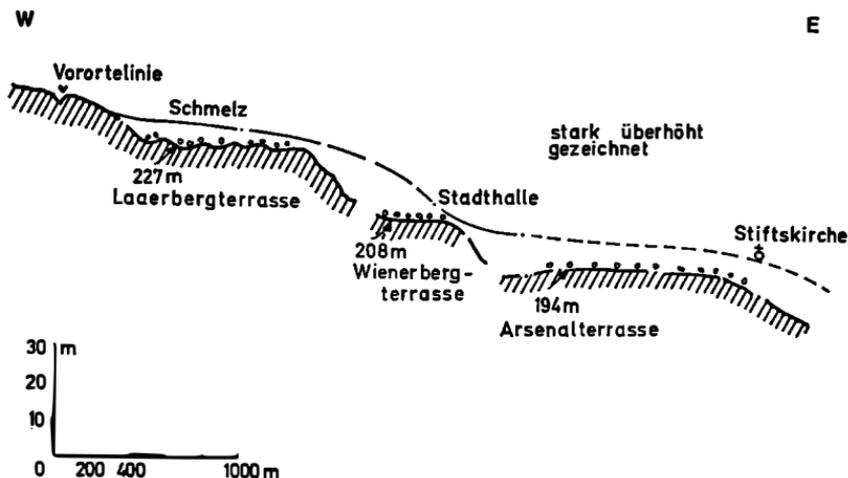


Abb. 5. Terrassentreppe im Westen Wiens (nach H. Küpper).

Ein Besuch in der Geologischen Bundesanstalt in Wien, wo derzeit Dr. Janoschek eine Karte der Quartärmächtigkeiten in Wien ausarbeitet, bestärkte uns in der Auffassung, daß bei den markanten Schadensfällen die lokale Quartärmächtigkeit der Resonanzdicke entspricht. — So steht beispielsweise das Universitäts-Hauptgebäude auf einer ca. 25 m dicken Schotterschicht, der 30-m-Kamin in der Wimbergergasse auf einer solchen von etwa 20 m und die Kirche St. Brigitta vermutlich auf einer ca. 25 m mächtigen Lockerschicht, die wahrscheinlich auch jungtertiäre Lockersande einschließt. — Es zeigte sich allerdings auch, daß nicht alle Orte mit resonanzfähigen Lockermassen eine erhöhte Bebenintensität aufweisen. Dies ist offenbar wegen einer merklich reduzierten Energiezufuhr aus dem Untergrund der Fall. So müssen zwangsläufig alle Gebiete in der

Schattenzone der rund 5,5 km tiefen Schwechater Mulde zufolge der erhöhten Energieabsorption der Muldenfüllung eine verringerte Bebenintensität aufweisen; dies ist beim Wiener Stadtgebiet östlich der Donau größtenteils der Fall. — Es ist anderseits auch denkbar,

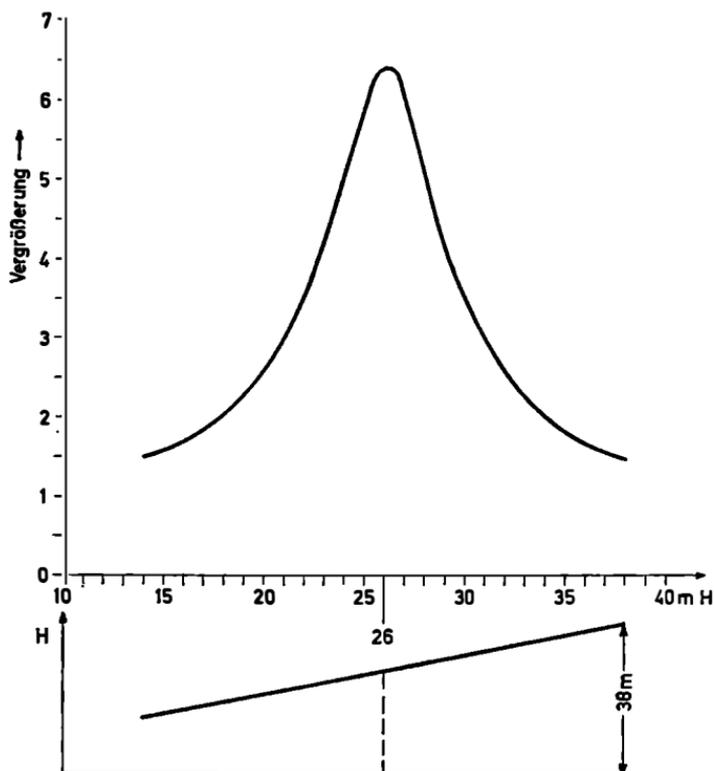


Abb. 6. Amplitudenüberhöhung der Beschleunigungswerte an der Erdoberfläche in Abhängigkeit von der Schichtmächtigkeit, bei einer Periode von ca. 0,6 sec und einem Dämpfungsfaktor  $\beta = 0,1$ .

daß ausgedehnte, tiefliegende Grundwasserseen die *S*-Wellenausbreitung örtlich stark behindern und so den nachteiligen Einfluß von darüberliegenden, resonanzfähigen Lockermassen kompensieren.

In der von WSW nach ENE (vom 16. zum 18. Bez.) verlaufenden Zone erhöhter Schadensdichte dürfte, nach den geologischen

Gegebenheiten zu schließen, ebenfalls ein Resonanzeffekt, aber im Zusammenhang mit einer keilförmigen Struktur des Untergrundes, wirksam gewesen sein. Diese ist im Westen Wiens durch einen stufenförmigen Abfall des Tortons (in Richtung SE, also normal zur Richtung der Schadenszone) und die darüber befindlichen terrestrisch-fluvialen Absätze unterschiedlicher Mächtigkeit gegeben (siehe Abb. 5). So wird in einem Bereich dieser „keilförmigen Bedeckung“ ebenfalls die Resonanzmächtigkeit erreicht. Abbildung 6 zeigt eine nach Roeset (in Hansen 1970) berechnete Resonanzkurve in Abhängigkeit von der Schichtdicke.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die auffallend hohen Schäden im Raume Wien anlässlich des Seebensteiner Starkbebens eine Folge des Zusammentreffens mehrerer ungünstiger Umstände ist, und zwar:

1. Hohe Bebenenergie und überdurchschnittliche Andauer der Maximalphase des Bebens,
2. übernormaler und verlustarmer Transport seismischer Energie vom Bebenherd zum Schadensgebiet durch einen „Kanal“ und
3. ungünstige geologische Schichtung im Schadensgebiet, nämlich an der Oberfläche Lockermassen mit „Resonanzmächtigkeit“ in bezug auf die vorherrschende Periode in der Maximalphase des Bebens und darunter Fels von deutlich höherer Schallhärte.

### **Danksagung**

Die vorliegende Arbeit stellt einen von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften finanzierten Beitrag zum Internationalen Geodynamischen Projekt dar. Für ihre Unterstützung sei an dieser Stelle gedankt. Den Herren o. Univ.-Prof. Dr. Exner und o. Univ.-Prof. Dr. Tollmann danken wir für die Diskussionsmöglichkeit im Rahmen des Seminars im Geologischen Institut der Universität Wien, Herrn Dr. Janoschek von der Geologischen Bundesanstalt sowie den Herren Dipl.-Ing. Dr. Brückl und Dipl.-Ing. Breitfuß vom Geophysikalischen Institut an der Technischen Hochschule Wien danken wir für die Unterstützung durch geologische Daten, bzw. durch seismische Testuntersuchungen. Zwei Abbildungen wurden uns vom Verlag Jugend und Volk, Herrn Dipl.-Ing. Brix, sowie von der Geologischen Bundesanstalt zum Abdruck zur Verfügung gestellt. Ebenso sind wir dem Magistrat der Stadt Wien, der Städtischen Feuerwehr, der Bundespolizei und

nicht zuletzt der Wiener Bevölkerung für die Bereitstellung von einschlägigen Daten und Wahrnehmungsberichten zu Dank verpflichtet, den wir hiemit zum Ausdruck bringen.

### Literatur

- Brix, F.: *Die Naturgeschichte Wiens* (Bd. I). © 1970 bei Jugend und Volk Verlagsges. m. b. H. Wien-München.
- Drimmel, J., G. Gangl, R. Gutdeutsch, M. Koenig u. E. Trapp: *Interpretation of Macroseismic Data of the East Alpine Region with the Help of Model Seismic Experiments*. XIIIth General Assembly of the ESC, Braşov 1972.
- Gangl, G.: *Seismic Regime and Seismotectonic Analysis of Earthquakes in the Eastern Alps*. XIIIth General Assembly of the ESC, Braşov 1972.
- Gutenberg, B., and C. F. Richter: *Magnitude and Energy of Earthquakes*. *Annali di Geofisica*, 9, 1—15 (1956).
- Hansen, R. J.: *Seismic Design for Nuclear Power Plants*. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1970.
- Küpper, H.: *Geologie von Wien*. Verlag Brüder Hollinek, Wien, Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin. Copyright 1965 by Geologische Bundesanstalt, Wien III.
- Makris, J.: *Aufbau der Kruste in den Ostalpen aus Schweremessungen und die Ergebnisse der Refraktionsseismik*. *Hamburger Geophysikal. Einzelschriften*, Heft 15 (1971).
- Medvedev, S. V., 1962 a: *Engineering Seismology*, Moscow 1962. Übersetzung aus dem Russischen durch Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1965.
- Medvedev, S. V., 1962 b: *Problems of Engineering Seismology*. Moscow 1962. Übersetzung aus dem Russischen durch Consultants Bureau New York.
- Schick, R.: *A Method for Determining Source Parameters of Small Magnitude Earthquakes*. *Zeitschrift f. Geoph.*, 36, 205—224, 1970.
- Schneider, G.: *Seismizität und Seismotektonik der Schwäbischen Alb*. Ferd. Enke Verlag, Stuttgart 1971.