

Realistische seismische Lastannahmen
für bauliche Anlagen mit erhöhtem
Sekundärrisiko. Abschlussbericht

T 1257

T 1257

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

T 1257: Realistische seismische Lastannahmen für bauliche Anlagen
mit erhöhtem Sekundärrisiko

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Auf Anfrage und gegen Aufpreis können von diesen Vorlagen Farbkopien angefertigt werden.

© Copyright by IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Zustimmung des IRB Verlags.

IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon ☎ (0711) 9 70-25 00
Telefax (0711) 9 70-25 08
Telex 7 255 168 iza d

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ABSCHLUSSBERICHT

im Auftrag des Instituts für Bautechnik, Berlin
(Aktenzeichen IV/1-5-377/82)

von

D. Hosser

H. Klein

mit Beiträgen von

L. Ahorner, W. Rosenhauer

H. Berckhemer, J. Kopera

G. Schneider, Th. Kunze

G. Waas, H. Werkle, W. Weber

Dezember 1983

Informationszentrum RAUM und BAU
der Fraunhofer-Gesellschaft

Inventar-Nr.

lfd. Nr.

7 1257

8405/2375

I N H A L T	Seite
Vorbemerkung	III
Zusammenfassung	IV
Abstract	V
Résumé	VI
1. Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Zielsetzung	2
2. Grundkonzept	4
3. Datenbasis	8
3.1 Erdbebenbibliothek	8
3.2 Aufbereitung der Daten	9
3.3 Klassifizierung nach seismischen Kenngrößen	13
3.4 Klassifizierung nach Untergrundverhältnissen	15
4. Freifeld-Antwortspektren	17
4.1 Vorgehensweise	17
4.2 Untergrund- und intensitätsabhängige Freifeld- Antwortspektren	18
4.3 Untergrundunabhängige Freifeld-Antwortspektren	29
5. Starkbebendauer	33
5.1 Definition der Starkbebendauer	33
5.2 Statistische Auswertung	36
5.3 Generierung von Zeitverläufen	37
6. Synthetische Basisspektren	39
6.1 Definition und Grundlagen	39
6.2 Kinematische Herdbruchmodelle	46
6.3 Ausbreitung im Kristallin und Paläozoikum	47
6.4 Referenzbeispiele	50
7. Übertragungsfunktionen	52
7.1 Grundsätzliches	52

7.2	Untergrundmodellierung	52
7.3	Berechnungsverfahren	57
7.4	Schräger Welleneinfall	58
7.5	Anwendungsbeispiele	66
8.	Empirische Basisspektren	70
8.1	Abschätzung des Untergrundeinflusses	70
8.2	Einfluß des sedimentären Festgesteins	74
8.3	Fourierbetragsspektren für Festgestein	76
8.4	Intensitätsabhängige Basisspektren	81
9.	Erdbebenzonenkarte	83
9.1	Datenbasis	83
9.2	Seismizitätsanalyse	91
9.3	Probabilistische Standortanalysen	97
9.4	Ergebnisse und Schlußfolgerungen	99
10.	Bemessungshilfen	104
10.1	Intensitäts- und untergrundunabhängige Freifeld-Bemessungsspektren	104
10.2	Untergrundunabhängige Freifeld-Bemessungsspektren	111
10.3	Intensitätsabhängige Festgesteinsspektren	114
11.	Zusammenfassung und Wertung	116
Anhang 1	Bezeichnungen	
Anhang 2	Literaturzusammenstellung	
Anhang 3	Liste der verwendeten Seismogramme	
Anhang 4	Vergleich verschiedener Untergrundklassifizierungen	
Anhang 5	Zusammenstellung von Freifeld-Antwortspektren	
Anhang 6	Berechnung synthetischer Basisspektren	
Anhang 7	Berechnung von Übertragungsfunktionen	
Anhang 8	Übertragungsfunktionen für deutsche Standorte	
Anhang 9	Modellrechnungen zum Festgesteinseinfluß	

VORBEMERKUNG

Das Forschungsvorhaben "Realistische seismische Lastannahmen" wurde von König und Heunisch, Beratende Ingenieure, gemeinsam mit den Seismologen Prof. Ahorner (Erdbebenstation Bensberg der Universität Köln), Prof. Berckhemer (Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt/M.) und Prof. Schneider (Institut für Geophysik der Universität Stuttgart) durchgeführt. Beiträge zu speziellen Fragen wurden außerdem auf freiwilliger Basis von der Hochtief AG, Frankfurt/M., geleistet. Die Erarbeitung der Erdbebenzonenkarte wurde dadurch ermöglicht, daß die Interatom GmbH Statistik- und Probabilistik-Rechenprogramme zur Verfügung gestellt und die Benutzung der firmeneigenen Rechenanlage gestattet hat. Durch eine finanzielle Unterstützung der Kraftwerk Union AG wurde die Mitwirkung von Herrn Dr. Rosenhauer möglich, der die betreffenden Programme erstellt hat. Hierfür sei den genannten Firmen an dieser Stelle, im Namen aller Beteiligten ganz herzlich gedankt.

Die Projektkoordination und Federführung für die Berichterstellung wurde von König und Heunisch wahrgenommen. Der vorliegende Abschlußbericht wurde von D. Hosser und H. Klein auf der Grundlage von Textbeiträgen von H. Berckhemer und J. Kopera (zu Abschnitten 1.1, 2, 3.3, 3.4, 5.1, 6.1, 8.1, 8.2, Anhang 4 und 9), G. Schneider und Th. Kunze (zu Abschnitten 6 und 7 sowie Anhang 6 und 8), L. Ahorner und W. Rosenhauer (zu Abschnitt 9), G. Waas, H. Werkle und W. Weber (zu Abschnitten 7.3, 7.4 und Anhang 7) erstellt.

Frankfurt/M. im Dezember 1983

G. König

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ZUSAMMENFASSUNG

Das Forschungsvorhaben hatte zum Ziel, seismische Lastannahmen zu entwickeln, die den seismischen Verhältnissen in der Bundesrepublik bestmöglich Rechnung tragen. Insbesondere sollten die Abhängigkeit der Lastannahmen von der Erdbeben-Intensität und den Untergrundverhältnissen am betrachteten Standort sowie die Auftretenshäufigkeit der Intensität realistischer als bisher berücksichtigt werden.

Im ersten Arbeitspaket wurden deshalb für deutsche Verhältnisse repräsentative Erdbeben-Registrierungen hinsichtlich Frequenzgehalt und Starkbebendauer statistisch ausgewertet. Es wurden intensitäts- und untergrundabhängige Freifeld-Antwortspektren, untergrundunabhängige Freifeld-Antwortspektren, intensitätsabhängige Festgestein-Fourierspektren und untergrundabhängige Starkbebendauern mit Mittelwerten und Standardabweichungen ermittelt. Die Ergebnisse wurden zu Bemessungshilfen aufbereitet.

Im zweiten Arbeitspaket wurden synthetische Basisspektren der Erregung an der Basis der Sedimentdecke aus kinematischen Herdbruchmodellen berechnet. Außerdem wurden Übertragungsfunktionen für die Sedimentdecke (zwischen Basis und Freifeld) am Beispiel mehrerer deutscher Standorte bestimmt. Durch genauere Analysen des schrägen Welleneinfalls wurde gezeigt, daß die Annahme eindimensional vertikal propagierender Scherwellen für die praktische Berechnung von Übertragungsfunktionen hinreichend genau ist. Mit Hilfe theoretischer Überlegungen konnten die Basisspektren in Festgestein- oder Freifeldspektren umgerechnet und so mit empirisch ermittelten Spektren verglichen werden.

Das letzte Arbeitspaket umfaßte eine Seismizitätsanalyse der Bundesrepublik zur Erstellung einer Erdbebenzonenkarte. Ein umfangreicher Erdbebenkatalog wurde mit Mitteln der Extremwertstatistik ausgewertet; hieraus wurden Verteilungen von Maximalamplituden, Herdtiefen und Intensitätsabnahmebeziehungen für 30 verschiedene Seismizitätszonen gewonnen. In einer probabilistischen Standortanalyse für über 700 Standorte wurden die jeweiligen Intensitäts-Häufigkeits-Beziehungen errechnet, auf deren Grundlage die Erdbebenzonenkarte für eine gegebene Intensitäts-Häufigkeit gezeichnet werden konnte.

REALISTIC SEISMIC LOAD ASSUMPTIONS FOR STRUCTURES WITH INCREASED
SECONDARY RISK

ABSTRACT

The research project aimed at the development of seismic load assumption which should describe best the seismic conditions in the Federal Republic of Germany. Especially, the load assumptions as a function of earthquake characteristics such as earthquake intensity and subsoil conditions at the site as well as the frequency of the intensity had to be considered more realistically than before.

At first, earthquake registrations representative for German conditions were evaluated statistically with respect to frequency content and strong motion duration. Free-field response spectra as a function of intensity and subsoil, subsoil independent response spectra, Fourier-spectra on rock and strong motion duration as a function of subsoil were evaluated by means of 50-percentile (median) and standard deviation. Smoothed spectra to be used for the dimensioning of structures are given.

In the next step, synthetic base spectra of the earthquake excitation at the base of the sediment layers were calculated with the help of kinematic models of the focal event. In addition, transmission functions were determined for the sediment cover (between base and free-field) by referring to several German locations. By means of more exact analyses of inclined waves it could be shown that the usual assumption about vertical propagating shear waves is sufficient for the calculation of transmission functions. For comparison purposes the base spectra can be converted into rock or free-field spectra by the help of frequency-dependent empiric factors.

Finally, a seismicity analysis for the Federal Republic of Germany was conducted resulting in a seismicity map. An extensive updated earthquake catalogue was evaluated with the help of the statistics of extremes; distributions of maximum magnitudes, focal distances and site-intensity - focal distance relations were evaluated for 30 different seismic zones. Exceedance rates of site intensity were determined in a probabilistic site analysis for more than 700 locations. Based on the results it was possible to draw a map of earthquake zones for given frequency of site intensity.

DES CHARGES SISMIQUES RÉALISTIQUES POUR DES CONSTRUCTIONS AVEC UN RISQUE SECONDAIRE AUGMENTÉ

RESUME

Le programme de recherches se donnait pour but d'évaluer de charges sismiques qui tiennent compte le mieux possible des conditions sismiques en Allemagne Fédérale. Surtout, il fallait considérer d'une manière plus réaliste l'intensité du séisme et des conditions du sous-sol à la site considérée ainsi que la fréquence d'apparition de l'intensité.

Premièrement, on évaluait par une analyse statistique des enregistrements des séismes représentant les conditions allemands le contenu de fréquences et la durée des mouvements forts. On trouvait des spectres moyens de réponse et l'écart-type qui dépendent de l'intensité et des conditions du sous-sol, des spectres de réponse indépendant du sous-sol, des spectres-Fourier pour la roche dépendant de l'intensité et, enfin, des périodes de mouvement fort dépendant du sous-sol.

Deuxièmement, on a calculé les spectres de base synthétiques de l'excitation au fond de la couche sédimentaire à l'aide des modèles cinématiques de la fracture focale. De plus, on a déterminé à l'exemple de plusieurs sites en Allemagne les fonctions de transmission pour la couche sédimentaire.

Des analyses plus exactes sur les ondes inclinées ont montré que l'hypothèse selon laquelle le cisaillement se propage verticalement à une dimension est suffisante pour les calculations pratiques des fonctions de transmission. A l'aide de facteurs empiriques les spectres de base pouvaient être convertis en spectres de roches ou de libre-champs. Ainsi, on pouvait les comparer aux spectres statistiques.

Dernièrement on a fait une analyse de la sismicité allemande pour pouvoir dresser une carte de zones sismiques. Un catalogue complet des séismes a été analysé avec les moyens de la statistique des extrêmes. On pouvait obtenir les distributions des magnitudes maximales, des distances focales et de l'intensité pour 30 zones sismiques différentes. Dans une analyse probabiliste pour plus de 700 sites, on a déterminé respectivement les relations entre l'intensité et la fréquence sur la base desquelles on a pu dessiner une carte de zones sismiques pour une fréquence donnée de l'intensité.

1. EINLEITUNG

1.1 Ausgangssituation

Die Grundlage einer seismischen Risikoanalyse bildet die Häufigkeitsverteilung der am Standort zu erwartenden Erschütterungsintensitäten I . Diese wird aufgrund der historischen seismischen Ereignisse und der seismotektonischen Situation unter Verwendung statistischer Methoden ermittelt. Die Intensitätsangaben sind in realistische physikalische Parameter umzusetzen, die als Lastannahmen in baodynamische Berechnungen Eingang finden können. Speziell für Standorte in seismisch weniger aktiven Gebieten wie der Bundesrepublik ist dieses Problem bisher unbefriedigend gelöst.

Üblicherweise werden den Standortintensitäten I Maximalwerte a_{\max} der horizontalen Freifeldbeschleunigung zugeordnet, die dann als Einhängewerte für die Skalierung von Standard-Antwortspektren dienen. Beide Schritte geben Anlaß zur Kritik. Erstens haben sich die a_{\max}/I -Relationen in Veröffentlichungen des letzten Jahrzehnts aufgrund neuerer Meßdaten erheblich verschoben und damit zu einer Verunsicherung beigetragen, die möglichst beseitigt werden sollte. Zum anderen mehrten sich die Zweifel, ob a_{\max} überhaupt eine repräsentative und als ingenieurseismischer Parameter geeignete Größe ist. Alternativ wurde von japanischen Ingenieursseismologen [1.1], aber auch von Housner [1.2] als Skalierungsfaktor V_{\max} die maximale Freifeldgeschwindigkeit vorgeschlagen. Aber auch diese ergibt nur eine punktuelle Einhängung der Standard-Antwortspektren (bei mittleren Frequenzen) und ist insofern relativ starken Streuungen unterworfen. Vielleicht noch gravierender aber ist, daß Antwortspektren fehlen, die sowohl für die seismotektonischen Verhältnisse (mit Magnituden $M < 6$) als auch für die geo-

logischen Untergrundverhältnisse in der Bundesrepublik relevant sind. Das derzeit verwendete USAEC Standardspektrum basiert auf Strong motion-Seismogrammen von Beben mit $M > 6,5$ aus Kalifornien. Es wurde zwar durch Absenken im tieffrequenten Bereich deutschen Verhältnissen in etwa angepaßt [1.3] , jedoch ist dies stets als Behelfslösung angesehen worden. Auch der Versuch von Berckhemer und Schneider [1.4] , aus einigen wenigen schwächeren kalifornischen Beben ein gemittelttes Spektrum für den Gebrauch in Deutschland zu bilden, kann bei der jetzt vorhandenen Datenbasis nicht mehr als Stand der Wissenschaft angesehen werden. Insbesondere konnte bisher dem Wunsch nach standortspezifischen Spektren nicht entsprochen werden.

1.2 Zielsetzung

Aus diesem Grunde wurde beim Institut für Bautechnik im Herbst 1982 ein Forschungsvorhaben beantragt mit dem Ziel, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik verfügbaren Methoden zur Ermittlung realistischer seismischer Lastannahmen parallel anzuwenden und zu vergleichen. Dabei sollten Vor- und Nachteile, Anwendungsgrenzen und erforderliche Eingangsdaten herausgearbeitet werden. Auf der Grundlage der derzeit vorhandenen Datenbasis sollten Bemessungshilfen erarbeitet werden, die in Abhängigkeit von Art und Qualität der jeweiligen Eingangsdaten alternativ zur Festlegung seismischer Lastannahmen in der Praxis genutzt werden können.

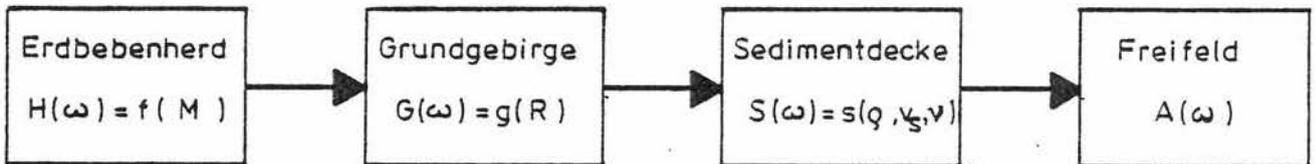
Im einzelnen wurden folgende Teilziele angestrebt:

1. Definition standortspezifischer Bemessungsspektren (Einmassenschwinger-Antwortspektren) für die Freifelderregung in Abhängigkeit der für den Standort maßgebenden

- den Intensität und Untergrundverhältnisse (Abschnitt 4),
2. Definition standortspezifischer Dauern starker Bodenbewegungen in Abhängigkeit der für den Standort maßgebenden Intensität und Untergrundverhältnisse (Abschnitt 5),
 3. Definition regional gültiger Bemessungsspektren (Einmassenschwinger-Antwortspektren oder Fourier-Betragspektren) für die seismische Erregung an der Oberkante des Festgesteins in Abhängigkeit der für den Standort maßgebenden Intensität (Abschnitt 6 und 8),
 4. Beschreibung und Erprobung von Methoden zur Berechnung der seismischen Erregung im Freifeld ausgehend von Festgesteinspektren unter Berücksichtigung der Untergrundverhältnisse am Standort (Abschnitt 7),
 5. Definition standortunabhängiger Freifeld-Bemessungsspektren für mittlere Untergrundverhältnisse unter Berücksichtigung der Standortintensität (Abschnitt 4.3),
 6. Festlegung einer Erdbeben-Zonenkarte für die Bundesrepublik mit Angabe der Bereiche, in denen bestimmte Standortintensitäten mit vorgegebener Häufigkeit erreicht oder überschritten werden (Abschnitt 9).

2. GRUNDKONZEPT

Der Verlauf der seismischen Welle vom Erdbebenherd zum Standort einer zu errichtenden baulichen Anlage bzw. der Seismographenstation kann näherungsweise als Kette linearer Filter dargestellt werden (Bild 2.1).



$$A(\omega) = H(\omega) \cdot G(\omega) \cdot S(\omega)$$

Bild 2.1 Übertragung seismischer Wellen vom Herd zum Standort

Sind die seismische Erregung an einem Glied der Kette und die Übertragungsfunktionen der nachfolgenden Glieder der Systemkette bekannt, so läßt sich die Erregung des letzten Kettengliedes, nämlich das Spektrum der Freifeldbewegung, durch Multiplikation der Systemfunktionen berechnen. Die zuverlässigsten Ergebnisse sind dann zu erwarten, wenn die Erregung so vorgegeben wird, daß vorliegende Informationen über die Standortverhältnisse optimal genutzt werden.

Liegen Informationen über die physikalischen Eigenschaften des Standortuntergrundes bis zum Grundgebirge vor, z. B. in Form von Tiefenprofilen der Dichte $\rho(z)$, der seismischen Wellengeschwindigkeiten $V_p(z)$ und $V_s(z)$ sowie der Dämpfungsgröße Q^{-1} , so kann die Erregung im Grundgebirge (Kristallin) und somit an der Basis der Sedimentdecke ("Basisspektrum") eingeführt und die Durchlaßfunktion $S(\omega)$ für die Sedimentdecke am Standort mit der Thomson-

Haskell-Matrizen - Methode [2.1] berechnet werden. Da die risikobestimmende Bodenbewegung von S-Wellen herrührt, wird es als ausreichend erachtet, die Berechnung der spektralen Durchlaßfunktion für SH-Wellen durchzuführen (Abschnitt 7). Als gute Näherung kann mit senkrechtem Strahleneinfall gerechnet werden. Wichtig ist jedoch die Berücksichtigung der Dämpfung.

Häufig werden die Informationen über den Standortuntergrund aus Bohrungen oder seismischen Messungen nicht bis zum kristallinen Grundgebirge reichen, sondern allenfalls bis in sedimentäres Festgestein. In diesem Falle ist es wünschenswert, eine spektrale Anregungsfunktion, die im wesentlichen durch den Herdvorgang und die Dämpfung im Festgestein bestimmt ist, an der Oberkante des sedimentären Festgesteins anzusetzen; wir sprechen dann vom "Festgesteinsspektrum". In einer speziellen Untersuchung soll festgestellt werden, inwieweit sedimentäres Festgestein ins Grundgebirge einbezogen werden darf, ohne daß sich das Festgesteinsspektrum signifikant vom Kristallinspektrum unterscheidet (Abschnitt 8.2 und Anhang 9).

Für die Ermittlung der Anregungsfunktion gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Wege:

- Eine analytische Berechnung der Herdfunktion $H(\omega)$ mit Hilfe einfacher kinematischer Herdbruchmodelle. Die darin vorkommenden Parameter, insbesondere das Seismische Moment, die Herdausdehnung, die Bruchausbreitungsgeschwindigkeit und die Abstrahlungsrichtung können aus allgemeinen Zusammenhängen erschlossen werden. Dieser Weg wird in Abschnitt 6 besprochen.
- Eine empirische Ermittlung von Basisspektren oder Festgesteinsspektren aus Strong motion-Seismogrammen

geeigneter Erdbeben (Abschnitt 8). Dies setzt voraus, daß Seismogramme von Erdbeben verfügbar sind, die hinsichtlich Magnitude, Herdentfernung, Herdtiefe und Herdmechanismus für das Sicherheitsbeben am Standort repräsentativ sind und daß hinreichende Informationen über den Stationsuntergrund vorliegen.

Eingangs wurde erwähnt, daß die Standortintensität diejenige Größe ist, die sich am wenigsten verfälscht aus erdbebenstatistischen Betrachtungen ergibt und außerdem unmittelbar die makroseismischen Wirkungen der Erdbebenererschütterungen zum Ausdruck bringt. Aus diesem Grund wird hier versucht, den Einfluß der Erdbebenstärke auf die Anregungsfunktion durch Klassifizierung nach Intensitäten zu erfassen (Abschnitt 3.3). Natürlich ist die Standortanregungsfunktion auch von der Herdentfernung R abhängig [2.2]. Diese wird jedoch für die Verhältnisse in der Bundesrepublik durch relativ enge Schranken begrenzt, so daß ihr Einfluß auf das Herdspektrum von untergeordneter Bedeutung sein dürfte. Um den vermuteten starken Untergrundeinfluß auf die Seismogramme nachzuweisen, wird eine grobe Klassifizierung der Registrierstationen nach 3 Untergrundtypen vorgenommen. Somit besteht auch die Möglichkeit, die Seismogramme auf einen einheitlichen Festgesteinsuntergrund zu reduzieren (Abschnitt 8.1 und 8.2).

Das Basisspektrum oder Festgesteinsspektrum wird hier als Fourier-Betragsspektrum der Beschleunigung $A(\omega)$ definiert; es entspricht derjenigen Wellenbewegung, die an der Basis der Sedimentdecke für die Berechnung der Freifeldbewegung anzusetzen ist. Demnach erhält man auch für das Freifeld zunächst ein Fourier-Betragsspektrum, das anschließend nach den einfachen Näherungsformeln

$$R_v(\omega, D=0) \geq A(\omega) \quad (2.1)$$

$$R_a(\omega, D=0) \geq \omega \cdot A(\omega) \quad (2.2)$$

und durch Multiplikation mit Korrekturfaktoren K (z. B. nach Riznichenko et al. [2.3]) für schwache Schwingerdämpfung (D)

$$R_{v,a}(\omega, D) \approx K(D) \cdot R_{v,a}(\omega, D=0) \quad (2.3)$$

in Einmassenschwinger-Antwortspektren R für die Geschwindigkeit bzw. R_a für die Beschleunigung umgesetzt wird. Da die Anregungsspektren bereits hinsichtlich Größe und Form für bestimmte Standortintensitäten gelten, erübrigt sich die bisher notwendige Skalierung des Freifeldspektrums mit Hilfe der Maximalbeschleunigung a_{\max} oder Maximalgeschwindigkeit v_{\max} .

Um empirisch die Abhängigkeit der Freifeldspektren von Standortintensität und Untergrund zu untersuchen, werden die einzelnen Intensitäts- und Untergrundklassen jeweils getrennt statistisch ausgewertet. Die erhaltenen Mittelwert- oder 84 %-Fraktile-Spektren können immer dann als Bemessungsspektren verwendet werden, wenn keine über die Grobklassifizierung hinausgehenden geologischen und baugrunddynamischen Informationen über den Standort vorliegen.

Als Ersatz für die bei Fourier-Betragspektrum und Antwortspektrum verlorengegangenen Phaseninformationen werden zusätzlich Mittelwerte und Standardabweichungen der Starkbebensdauer für die o.g. Intensitäts- und Untergrundklassen ermittelt (Abschnitt 5). Dies ist wichtig zur Generierung von künstlichen Zeitverläufen mit dem durch die Spektren vorgegebenen Frequenzgehalt.

3. DATENBASIS

3.1 Erdbebenbibliothek

Als Basis für die statistische Auswertung von Festgestein- und Freifeldregistrierungen wurden von König und Heunisch in Zusammenarbeit mit dem Institut für Massivbau der TH Darmstadt und dem Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt folgende Aufzeichnungen von Erdbeben-Zeitverläufen beschafft:

- 383 unkorrigierte Beschleunigungszeitverläufe aus dem Friaul, aufgenommen zwischen dem 6.5.1976 und dem 15.9.1976 durch CNEN/ENEL - Italien
- 12 korrigierte Beschleunigungszeitverläufe aus dem Friaul, aufgenommen zwischen dem 11.9.1976 und dem 15.9.1976 durch CEA - Frankreich
- 340 unkorrigierte amerikanische Beschleunigungszeitverläufe, Registrierungszeitraum 1933 - 1971, vertrieben durch World Data Center, Boulder
- 435 unkorrigierte algerische Geschwindigkeitszeitverläufe, registriert zwischen dem 22.10.1980 und dem 26.11.1980 durch CEA - Frankreich
- 51 unkorrigierte deutsche Beschleunigungszeitverläufe, registriert durch die Station Jungingen/Schwäb. Alb zwischen dem 11.2.1977 und dem 29.11.1980

Den einzelnen Verläufen konnten durch Literaturrecherchen folgende seismische Kennwerte zugeordnet werden [3.1 - 3.4]:

- Magnitude (Nahbebenmagnitude MWA oder M)
- Epizentralentfernung R_E (km)
- Epizentralintensität I_0 (MM o. MSK) (nicht für Algerien)
- Untergrundklasse (M, A oder R - siehe Abschnitt 3.4).

Eine Übersicht über den derzeitigen Stand der Erdbebenbibliothek findet sich in Anhang 3.

3.2 Aufbereitung der Daten

Die vorliegenden Zeitverläufe waren zum größten Teil (bis auf 12) unkorrigiert geliefert worden, so daß vor einer weiteren Auswertung eine Korrektur erforderlich wurde.

Es wurde ein Programm zur Korrektur digitalisierter, gemessener Erdbebenzeitverläufe erstellt. Das Rechenprogramm basiert auf dem amerikanischen Standardkorrekturverfahren, das in [3.5] beschrieben ist. Die Leistungen sind im einzelnen (siehe Bild 3.1):

1. Lineare Interpolation der Beschleunigungszeitverläufe
2. Baseline-Korrektur
3. Deconvolution (dynamische Seismometer-Korrektur)
4. Tiefpaßfilterung im Zeitbereich mit Ormsby-Filter zur Elimination hochfrequenter Digitalisierungsfehler
5. Hochpaßfilterung mit Ormsby-Filter zur Beseitigung niederfrequenter Fehler
6. Ermittlung der Geschwindigkeits- und Verschiebungszeitverläufe aus den korrigierten Beschleunigungszeitverläufen.

Der Frequenzverlauf des Ormsby-Bandpaßfilters mit den cut-off-Frequenzen 0,5 und 27 Hz ist in Bild 3.2 dargestellt. Das Ergebnis der Zeitverlaufkorrektur ist aus Bild 3.3 zu ersehen am Beispiel der NS-Komponente vom 15. 9. 1976, 3.15 h von Codroipo (Friaul, Zeitverlauf Nr. 340 der Liste).

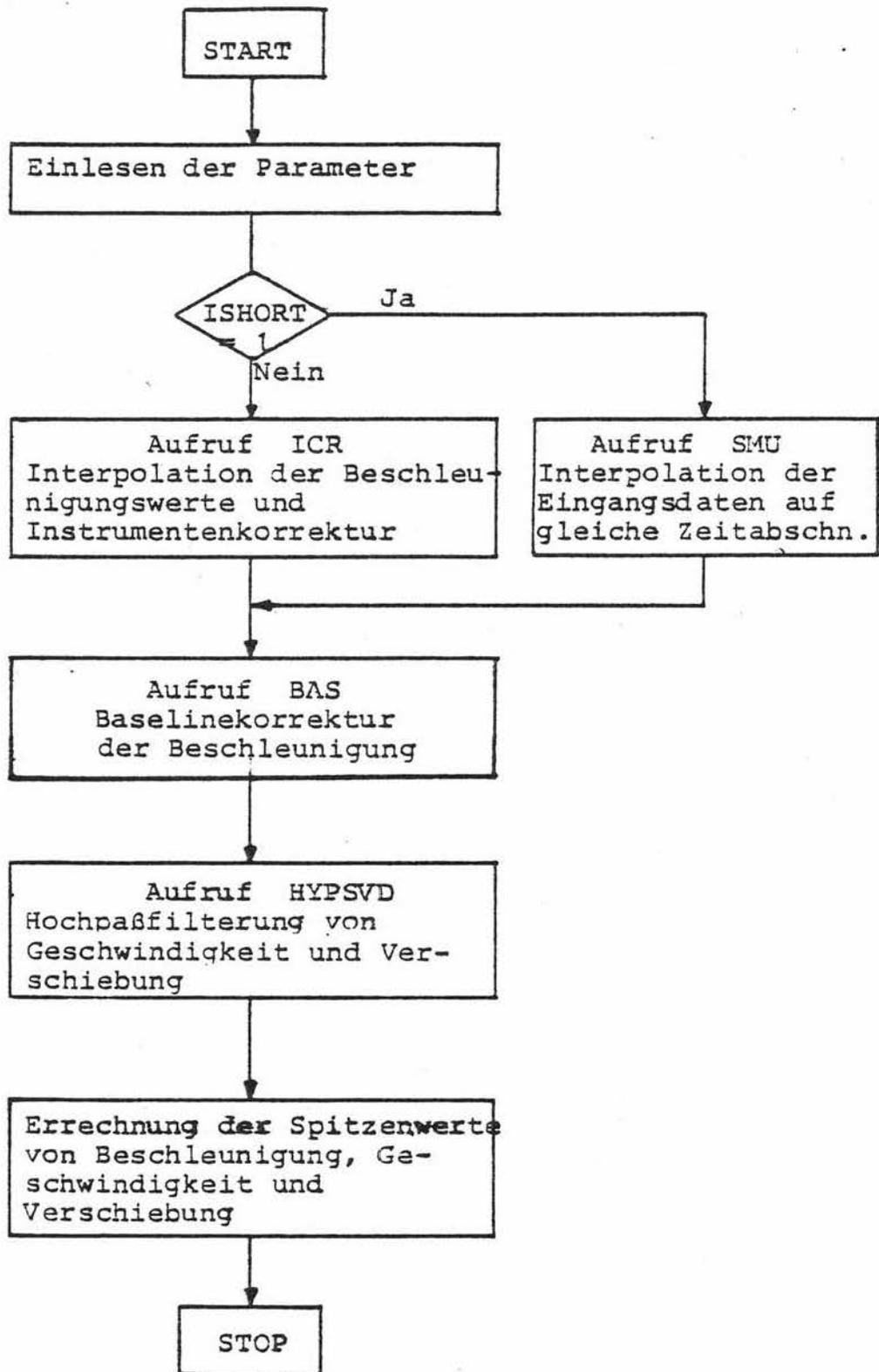


Bild 3.1 Flußdiagramm des Hauptprogramms zur Korrektur von Erdbebenzeitverläufen

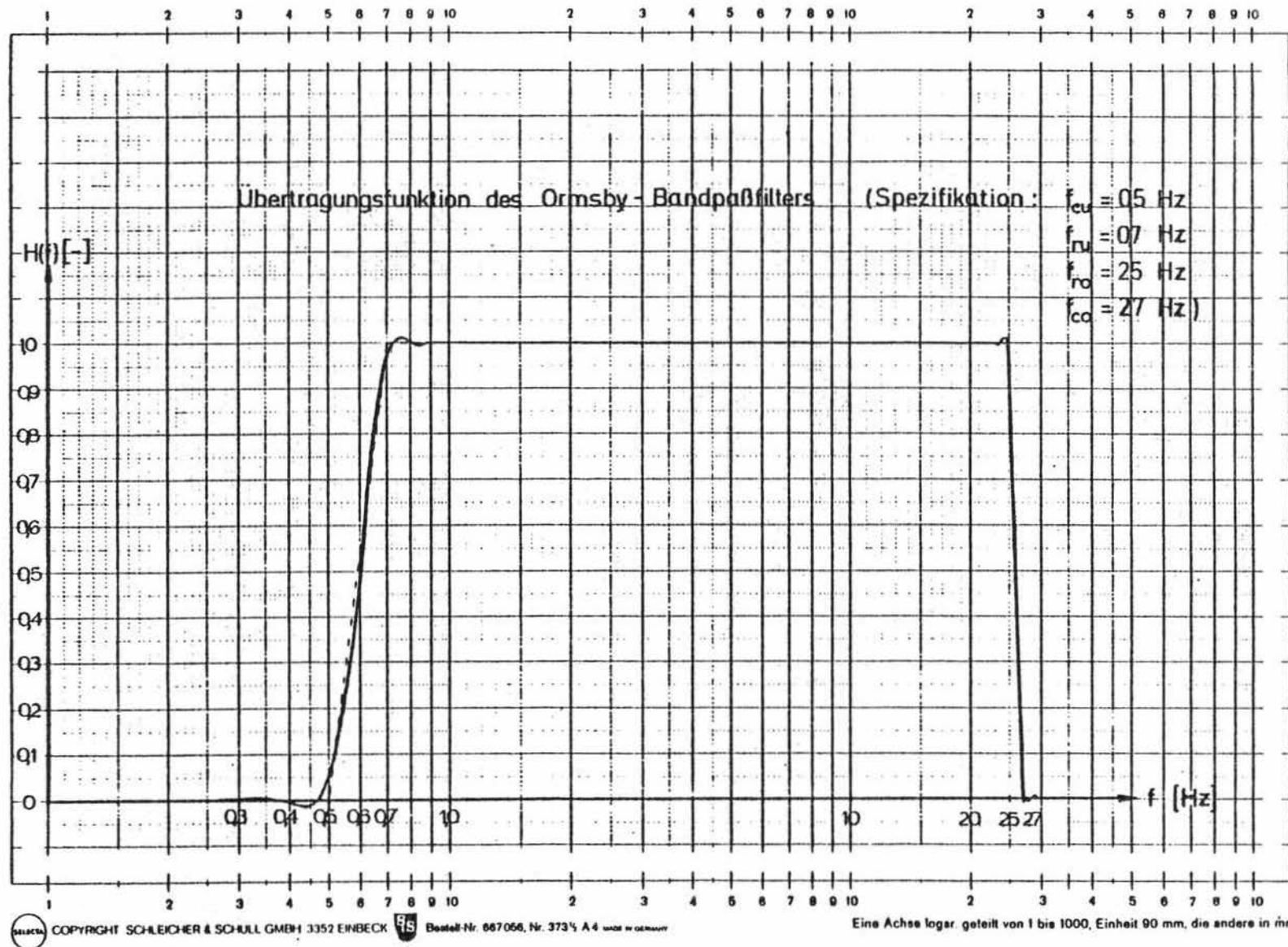


Bild 3.2 Frequenzverlauf des Ormsby-Bandpaßfilters mit den cut-off-Frequenzen 0,5 und 27 Hz

*** CSD-FILE-EDITOR ***

11-AUG-82 11:14:48

X-ACHSE: MIN = 1.000

MAX = 4096.

LIN.

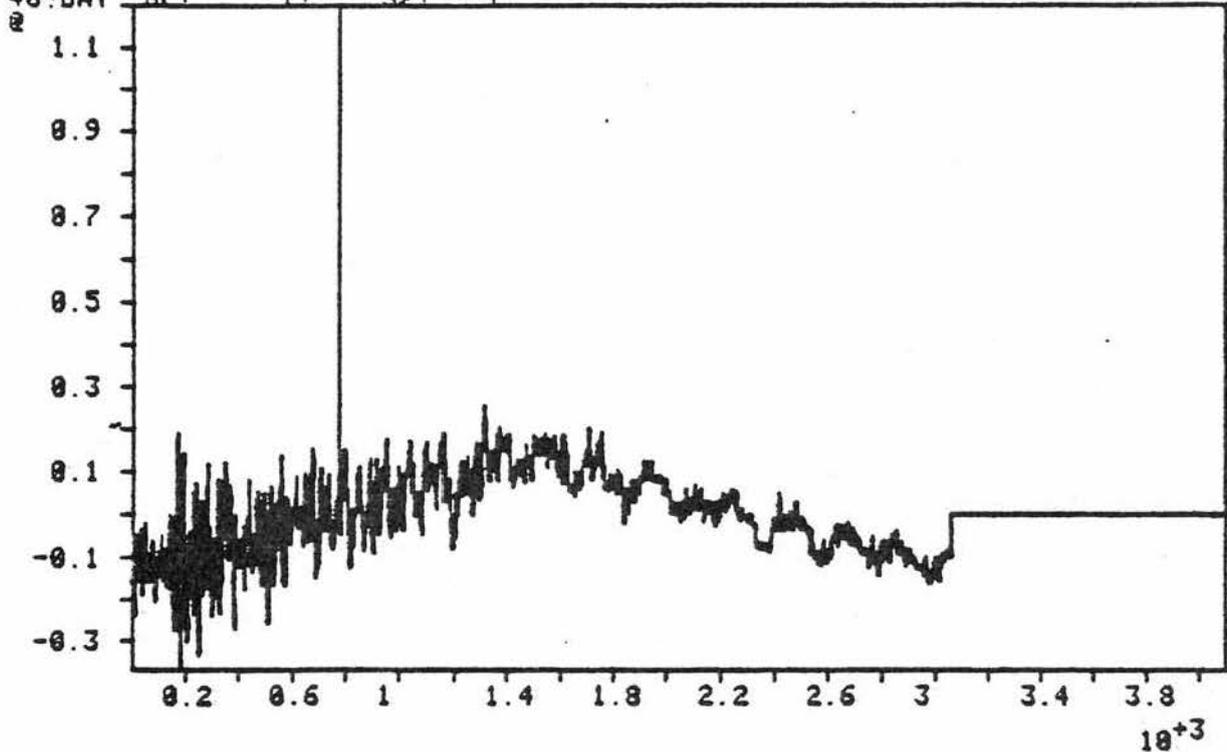
Y-ACHSE: MIN = -0.3711

MAX = 1.201

LIN.

DL1:F1T3

48 DAT BL: 1: 32: 1



*** CSD-FILE-EDITOR ***

23-MAR-83 12:04:10

X-ACHSE: MIN = 1.000

MAX = 2048.

LIN.

Y-ACHSE: MIN = -0.2396

MAX = 0.4250

LIN.

DL2:FFR3

40 DAT BL: 1: 15: 1

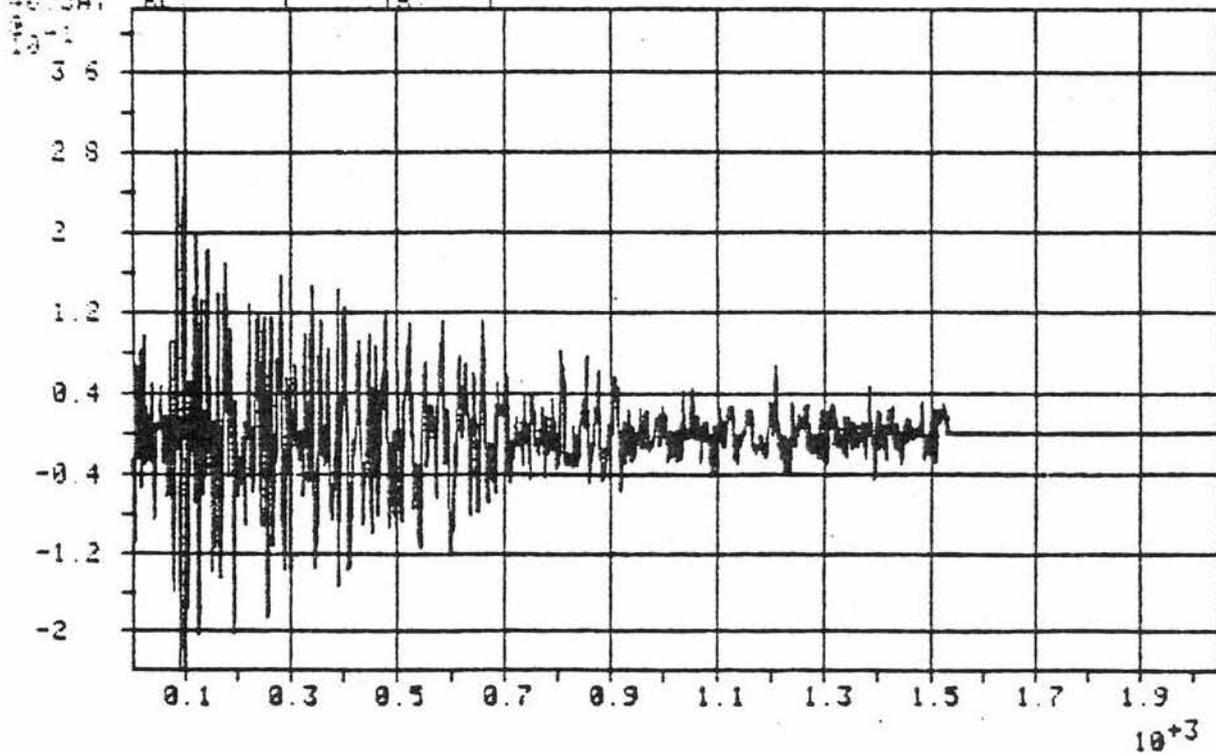


Bild 3.3 Vergleich zwischen unkorrigiertem und korrigiertem Beschleunigungszeitverlauf

3.3 Klassifizierung nach seismischen Kenngrößen

Wie in Abschnitt 2 erläutert, soll eine Klassifizierung der vorhandenen Seismogramme nach der Standortintensität und den Untergrundverhältnissen an den Registrierorten vorgenommen werden. Nach der Literatur [3.1 - 3.4] kann den Seismogrammen in der Regel die lokale Magnitude M_{WA} ($\hat{=} M_L$), in einigen Fällen zusätzlich die Epizentralintensität I_0 sowie die Epizentralentfernung R_E und die Herdtiefe h zugeordnet werden. Aus diesen Angaben muß die Standortintensität I rechnerisch ermittelt werden. Hierzu ist zunächst der für Erdbebengebiete der Bundesrepublik relevante Bereich der zugrundeliegenden makroseismischen Kenngrößen abzustecken.

Für Erdbeben in der Größenordnung eines Sicherheitserdbebens muß im Oberrheingraben, nach Ausschluß des Basler Erdbebens von 1356, mit einer maximalen Magnitude $M_{WA_{max}} = 5,75$ gerechnet werden. Dies trifft etwa auch für das Gebiet der Hohenzollernalb zu. Unter der Annahme, daß ein Erdbeben in der Größenordnung des Basler Bebens ($M_{WA} \approx 6.4$, vgl. Ahorner [3.6]) auch entlang der östlichen Randverwerfung des Oberrheingrabens möglich ist, wären Maximalmagnituden bis $M_{WA_{max}} = 6,5$ in Rechnung zu stellen. Nach unten kann die Magnitude bei etwa $M_{WA_{min}} = 4,5$ begrenzt werden, weil unterhalb dieser Größenordnung eine Gefährdung baulicher Anlagen nicht zu erwarten ist. Somit kann für Gebiete der Bundesrepublik der Magnitudenbereich repräsentativer Vergleichsbeben auf

$$4,5 \leq M_{WA} \leq 6,5$$

festgelegt werden.

Da die Bebenherde in der Bundesrepublik fast durchweg weniger als 20 km tief liegen, werden nur Vergleichsbeben mit $h \leq 20$ km ausgewertet.

Die Abschätzung des seismischen Risikos in der Bundesrepublik ist hauptsächlich für Standorte in oder nahe seismotektonisch aktiven Einheiten von Bedeutung. Dann sind aber nur standortnahe Ereignisse risikobestimmend. Entsprechend sind nur Registrierungen in kleiner Herdentfernung R relevant. Der Herdentfernungsbereich wurde ursprünglich auf $R \leq 30$ km begrenzt; im Hinblick auf Standorte außerhalb von Herdzonen und zur Verbreiterung der Datenbasis wurde er bei kleineren Intensitäten bis $R \leq 60$ km erweitert.

Im einzelnen werden folgende drei Intensitätsklassen betrachtet, denen bestimmte Herdentfernungsbereiche zugeordnet sind:

Klasse 1:	$I = 6.0 - 6.9$	$R \leq 60$ km
Klasse 2:	$I = 7.0 - 7.9$	$R \leq 40$ km
Klasse 3:	$I = 8.0 - 8.9$	$R \leq 30$ km.

Sofern die Epizentralentfernung R_E oder Hypozentralentfernung R und die Epizentralintensität I_0 bekannt sind, wird die Standortintensität I am Registrierort aus folgender Beziehung nach Sponheuer [3.7] berechnet

$$I(R) = I_0 + 3 \cdot \log(h/R) + 3 \cdot \alpha \cdot \log e \cdot (h-R) \quad (3.2)$$

mit R_E = Epizentralentfernung in km

R = Hypozentralentfernung in km

$$= \sqrt{R_E^2 + h^2}$$

h = Herdtiefe in km

$\alpha \approx 2,5 \times 10^{-3}$ = Energieabsorptionskoeffizient in km^{-1}

Für den Fall, daß nicht die Epizentralintensität, jedoch die lokale Erdbebenmagnitude M_{WA} bekannt ist, kann die Intensität I

in der Herdentfernung R mit Hilfe der Beziehung von Ahorner [3.6]

$$I(R) = 1,5 MWA + 2 - 3 \log R - 1,3 \cdot \alpha \cdot (R-10) \quad (3.3)$$

ermittelt werden. Der Formel liegt die Magnituden-Epizentralintensitätsbeziehung von Karnik [3.8] zugrunde mit einer Herdtiefe von $h \approx 10$ km (siehe Abschnitt 9.1).

Strong motion-Seismogramme liegen aus den Erdbebengebieten Deutschlands nur in sehr begrenztem Umfang vor (Hohenzollerngraben) und beziehen sich mit Ausnahme des Albstadtbebens 1978 auf Erdbeben mit $M < 4,5$. Von den über tausend der Arbeitsgruppe zur Verfügung stehenden digitalisierten Strong motion-Seismogrammen aus den USA, Algerien, Italien und der Bundesrepublik erfüllen am weitestgehenden diejenigen aus dem Friaul-Gebiet in Oberitalien die oben angeführten Auswahlkriterien. Die Herdtiefen der Friaul-Beben von 5 - 11 km [3.9] sind durchaus charakteristisch auch für stärkere Beben in der Bundesrepublik. Dies trifft jedoch nicht unbedingt für den Herdvorgang zu, der im Friaul zwischen flachen Überschiebungen (Hauptstoß vom 6.5.1976, vgl. Müller [3.10]) und horizontalen Scherbrüchen (Blattverschiebungen) (Nachstöße, vgl. Ebblin [3.16]) variiert.

3.4 Klassifizierung nach Untergrundverhältnissen

Es ist schon mehrfach versucht worden, für eine zumindest qualitative Berücksichtigung des Untergrunds auf die Freifeld-Bodenbewegung eine Einteilung in Untergrundklassen vorzunehmen (z.B. durch Hayashi et al. [3.11], Seed et al. [3.12], Newmark [3.13, 3.17]). In Anlehnung an diese Arbeiten wird hier folgende Einteilung vorgenommen (V_p = Druckwellen-

geschwindigkeit):

Klasse	Kennzeichen	V_P m/s
A	Holozän, Lockersedimente und Böden niedriger Impedanz, mindestens 5 m mächtig	≤ 1000
M	mittelsteif, halbverfestigte Sedimente, weder (A) noch (R)	1000 - 3000
R	Fels, gut verfestigtes, wenig poröses Gestein	≥ 3000

K	kristallines Grundgebirge (nur zu Vergleichszwecken)	≥ 4500

Beim Fehlen von seismischen Geschwindigkeitsangaben wird vorgeschlagen, den Klassen die in Tabelle 3.1 angegebenen Rechenwerte der Druckwellengeschwindigkeit V_P , Scherwellengeschwindigkeit V_S , Dichte ρ und Poisson-Zahl ν zuzuordnen (vgl. z. B. Schön [3.14], Christensen [3.15]).

Tabelle 3.1 Rechenwerte für die Untergrundklassen

Klasse	A	M	R	K
V_P m/s	800	2000	4000	5000
V_S m/s	300	900	2300	3200
ρ g/cm ³	1,8	2,1	2,4	2,7
ν	0,42	0,35	0,25	0,25

Es ist zu beachten, daß mit abnehmender Kompaktion die Poisson-Zahl ν signifikant ansteigt.

4. FREIFELD-ANTWORTSPEKTREN

4.1 Vorgehensweise

Für die gemäß Abschnitt 3.3 und 3.4 ausgewählten Freifeld-Beschleunigungszeitverläufe wurden Pseudogeswindigkeits-Antwortspektren berechnet, wobei die Frequenz in logarithmischer Teilung mit 10 Schritten/log. Einheit von 0,5 bis 25 Hz gesteigert wurde. Die Amplituden wurden in logarithmierter Form gespeichert.

Bei der statistischen Auswertung werden in den Frequenzschritten jeweils Mittelwert und Standardabweichung der logarithmierten Geschwindigkeitsamplituden einer Klasse errechnet. Die Ergebnisse werden grafisch dargestellt. Hierbei entsprechen die Mittelwerte MW der logarithmierten Amplituden der 50 %-Fraktile (= Zentralwert einer logarithmischen Normalverteilung); die Kurven MW + 1S (Mittelwert + Standardabweichung) entsprechen den üblicherweise für eine Bemessung zugrundezulegenden 84 %-Fraktilen.

Da die Mittelwerte der Standortintensitäten in den Intensitätsklassen nicht genau in der Klassenmitte liegen, sondern zufällig davon abweichen, sind für die Weiterverwendung die errechneten Antwortspektren noch jeweils mit dem Faktor F zu skalieren, der von Ahorner in [4.1] vorgeschlagen wurde:

$$F = 10^{0,3 (I_m - \bar{I})} \quad (4.1)$$

mit

$$I_m = \text{Klassenmitte (6,5; 7,5 oder 8,5)}$$
$$\bar{I} = \text{mittlere Intensität der Klasse}$$

Aus den Pseudogeswindigkeits-Antwortspektren läßt sich in einfacher Weise auch die Beschleunigung a oder Verschiebung

d ablesen, wenn eine dreifach-logarithmische Teilung eingetragen wird unter Beachtung der Beziehungen

$$d = \frac{v}{\omega} = \frac{v}{2\pi \cdot f} \quad (4.2)$$

$$a = v \cdot \omega = v \cdot 2\pi \cdot f$$

4.2 Untergrund- und intensitätsabhängige Freifeld-Antwortspektren

Als Ergebnisse der statistischen Auswertungen von Geschwindigkeits-Antwortspektren gemäß Abschnitt 4.1 für die 9 Untergrund- und Intensitätsklassen sind in Bild 4.1 bis 4.9 jeweils die 50 %-Fraktile (MW), 84 %-Fraktile (MW + 1S) und 16 %-Fraktile (MW-1S) im doppeltlogarithmischen Maßstab über der Frequenz f aufgetragen. Außerdem ist die mittlere Intensität I der Stichprobe sowie der Skalierungsfaktor F für die Klassenmitte gemäß Gl. (4.1) angegeben. Man erkennt hieraus, daß

- der Frequenzgehalt bei Untergrundklasse R im Bereich von etwa 1 - 10 Hz relativ konstant ist,
- die mittleren Frequenzen von 2 - 6 Hz bei Untergrundklasse M höhere Spektralwerte aufweisen als bei Klasse R,
- die Spektralwerte im niedrigen Frequenzbereich 1 - 2 Hz bei Untergrundklasse A relativ oder absolut höher ausfallen als bei Untergrundklassen M und R
- die Spitzenwerte der Spektren innerhalb einer Untergrundklasse mit wachsender Intensität zu den niedrigeren Frequenzen wandern,
- die Spektralampplituden bei allen Untergrundklassen im hohen Frequenzbereich ab etwa 7 Hz gleichmäßig mit der Intensität wachsen,
- im mittleren und niedrigen Frequenzbereich die Unterschiede in den Spektralampplituden benachbarter Intensitätsklassen mit zunehmender Intensität geringer werden.

Die Abhängigkeit der Freifeldspektren von der Untergrundklasse einerseits und der Intensitätsklasse andererseits ist offensichtlich so ausgeprägt, daß sie die Verwendung untergrund- und intensitätsabhängiger Spektren in jedem Falle rechtfertigt. Aufgrund der unterschiedlichen Zunahme der Spektralamplituden in den verschiedenen Frequenzbereichen erscheint die Skalierung eines "Standardspektrums" über einen frequenzunabhängigen Faktor fragwürdig (siehe Abschnitt 4.3).

Es bleibt anzumerken, daß trotz der großen Anzahl verfügbarer Erdbeben-Zeitverläufe (über 1.200) aufgrund der vereinbarten Auswahlkriterien nur relativ wenige Zeitverläufe in den neun Untergrund- und Intensitätsklassen verblieben (vgl. Tabelle 4.1). Hinzu kommt, daß praktisch nur Registrierungen aus dem Friaul in Frage kommen. Besonders bei den Spektren für Untergrundklassen A und R ist aus diesem Grunde eine gewisse Skepsis am Platze. Hier wäre es wünschenswert, in einem nächsten Schritt die Datenbasis zu erweitern, um die Ergebnisse weiter abzusichern.

Tabelle 4.1 Zuordnung der verwendeten Zeitverläufe zu den Untergrund- und Intensitätsklassen

Untergrund- klasse	Intensitätsklasse					
	1		2		3	
	Anzahl	Standort	Anzahl	Standort	Anzahl	Standort
M	2	Maiano	2	Maiano	2	Tolmezzo
	2	Tarcento	2	Tarcento	2	Tarcento
	4	Tolmezzo	2	Cormino	4	Forgaria
	6	Forgaria	4	Forgaria		
R	4	San Rocco	2	San Rocco	4	San Rocco
	1	Somplago	2	Somplago	2	Somplago
A	2	Codroipo	2	Codroipo	4	Buia
	2	Buia	4	Buia	6	Molinis

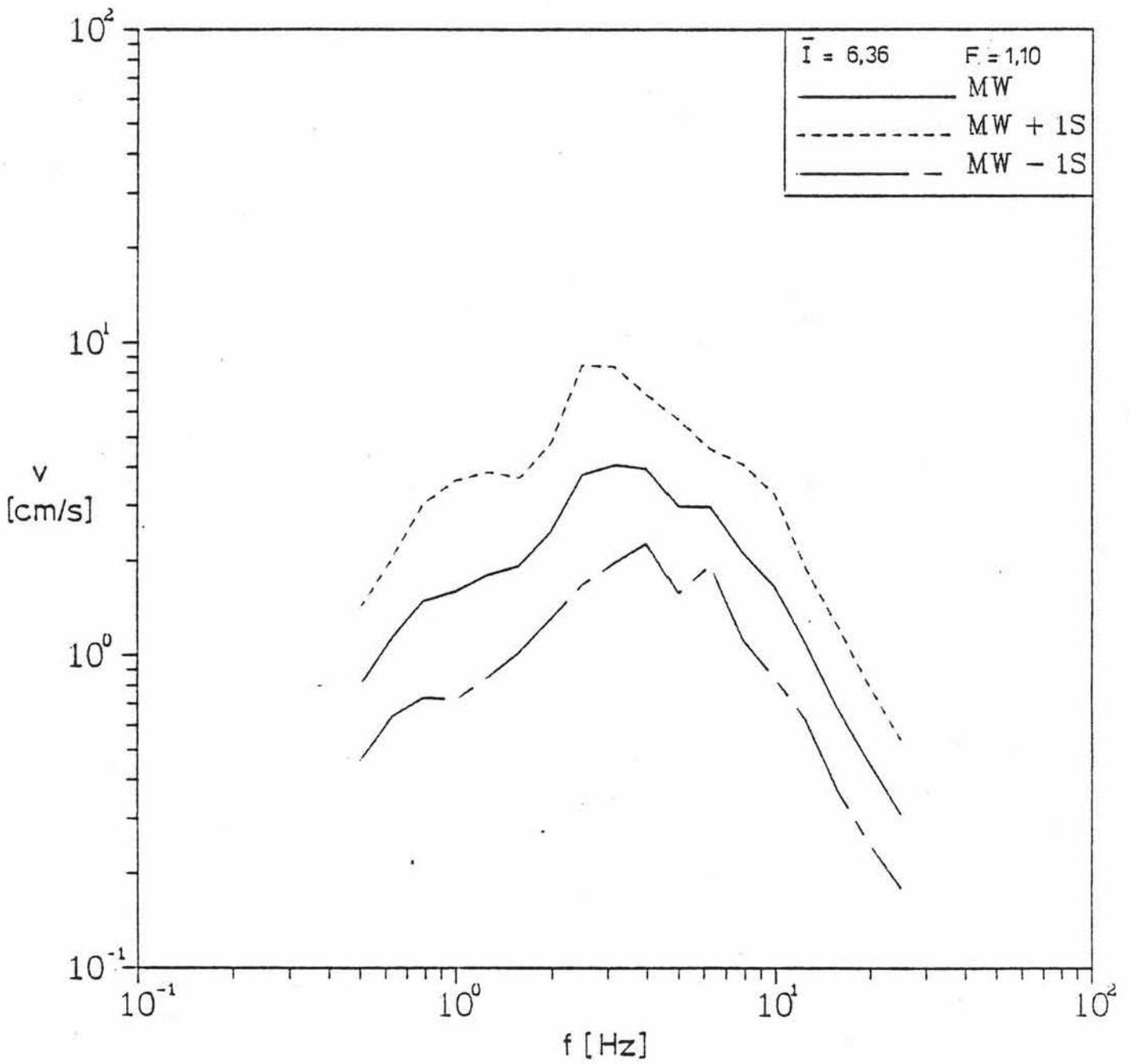


Bild 4.1 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse M und Intensitätsklasse 1. (Dämpfung $D = 5 \%$)

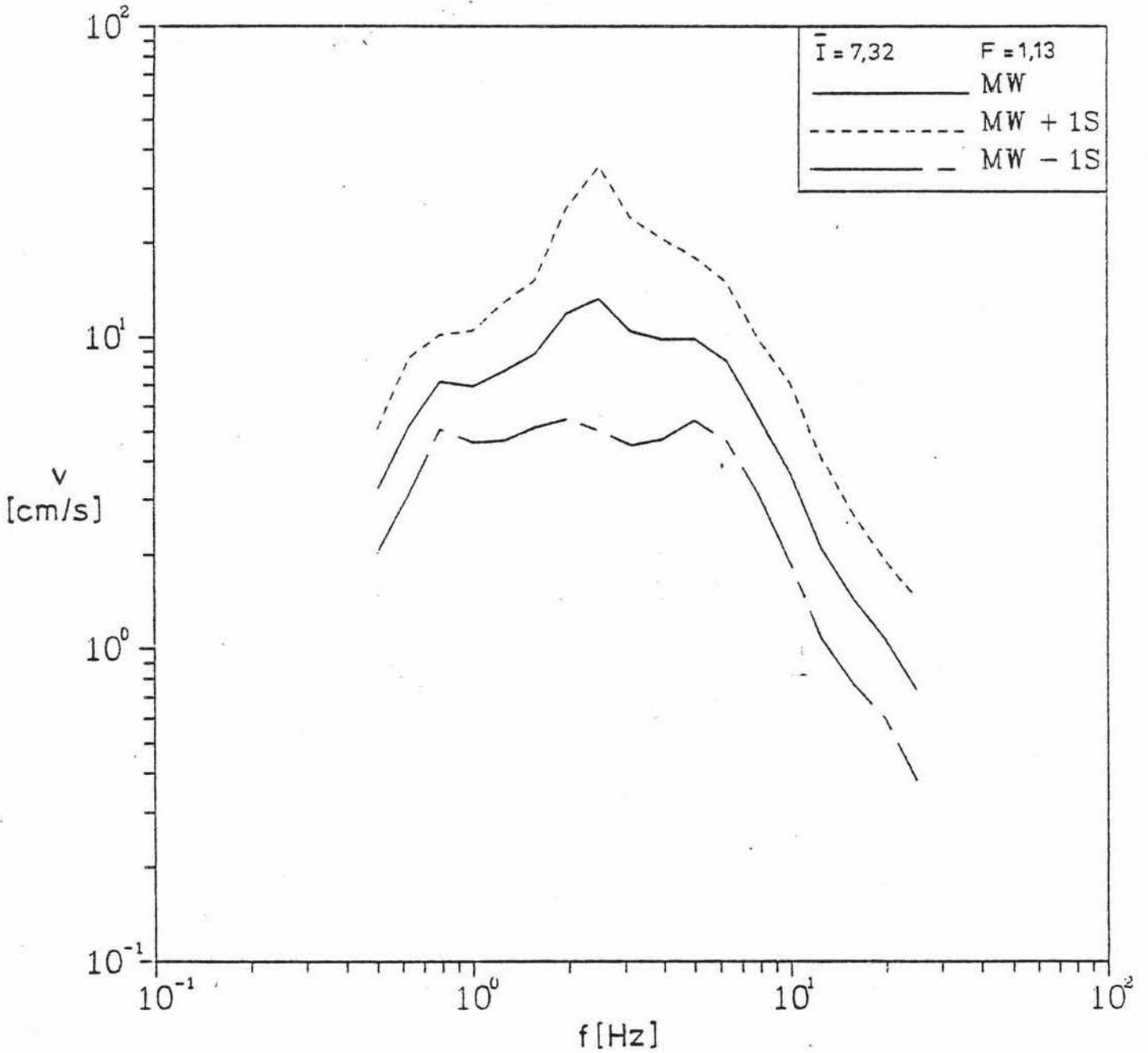


Bild 4.2 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse M und Intensitätsklasse 2 (Dämpfung $D = 5\%$)

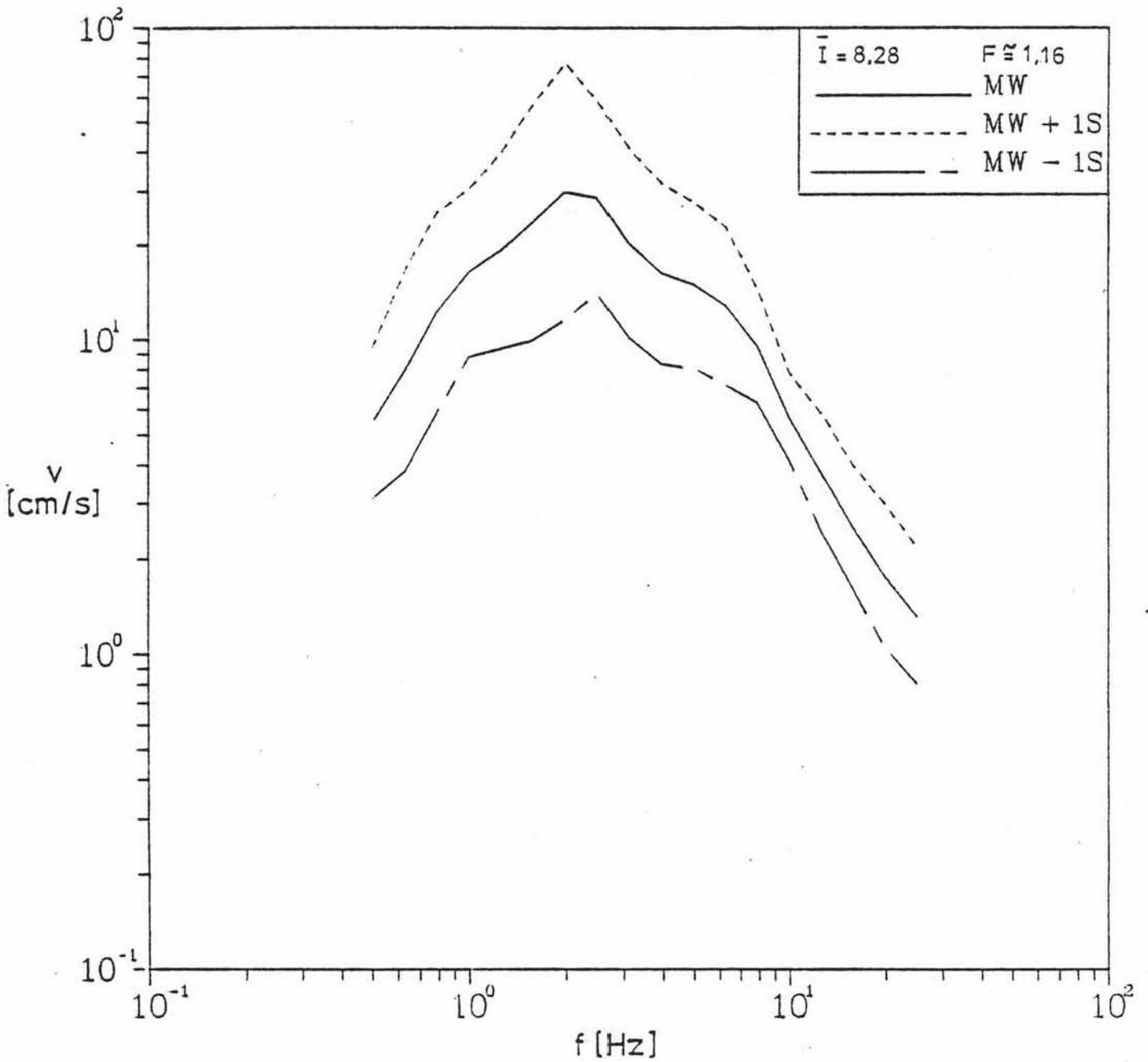


Bild 4.3 Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse M und Intensitätsklasse 3 (Dämpfung $D = 5\%$)

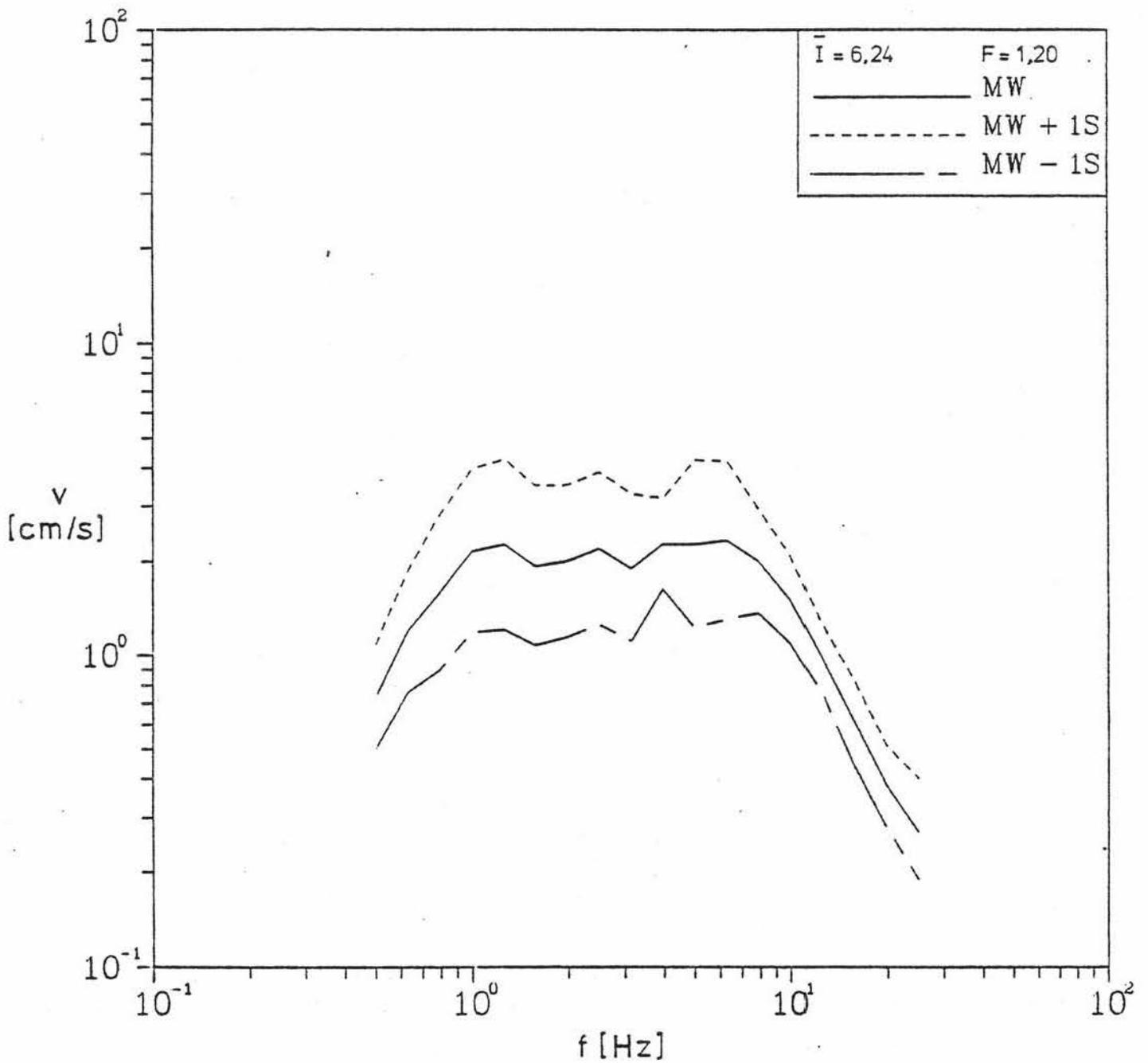


Bild 4.4 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse R und Intensitätsklasse 1 (Dämpfung $D = 5 \%$)

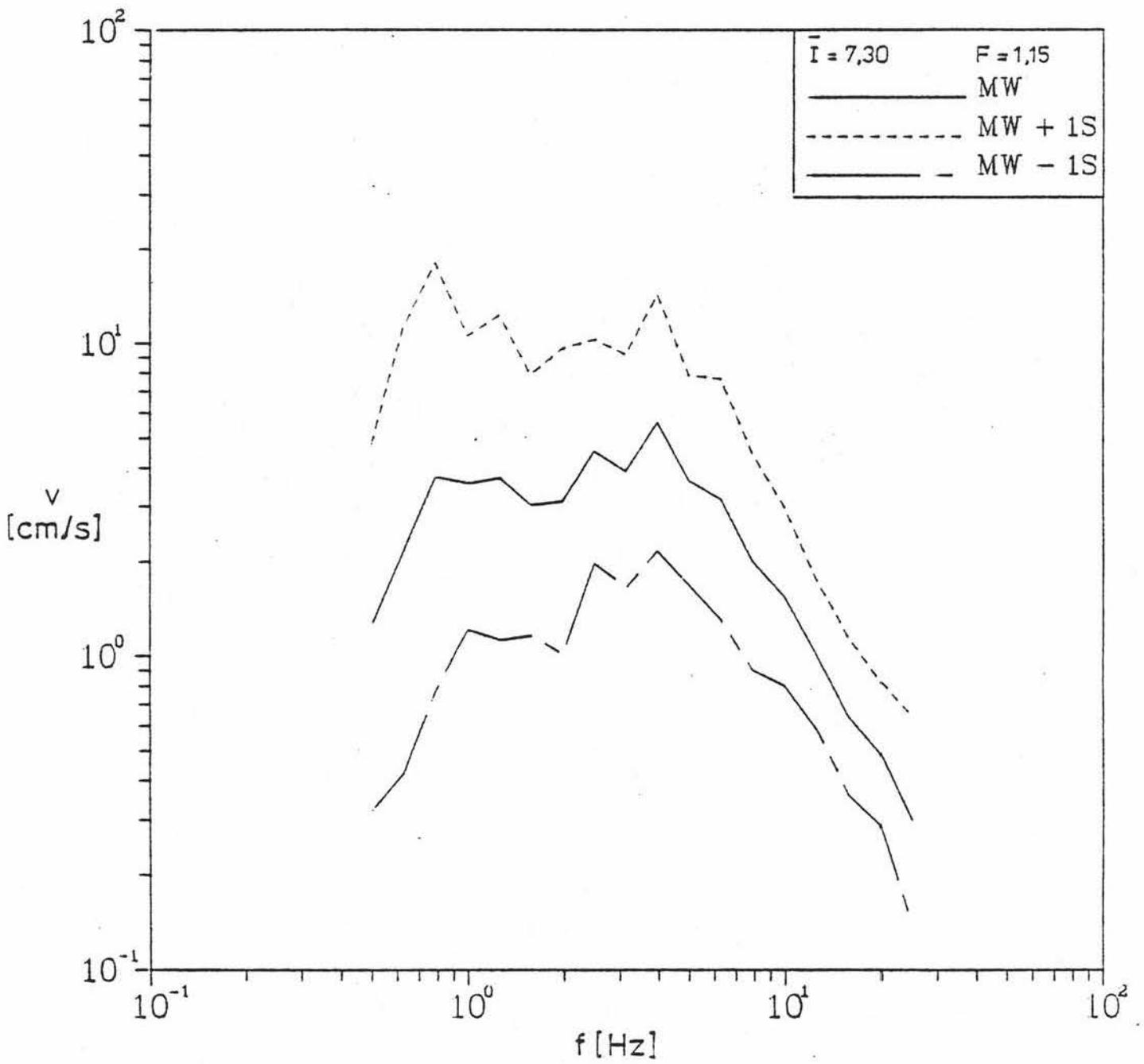


Bild 4.5 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse R und Intensitätsklasse 2 (Dämpfung $D = 5 \%$)

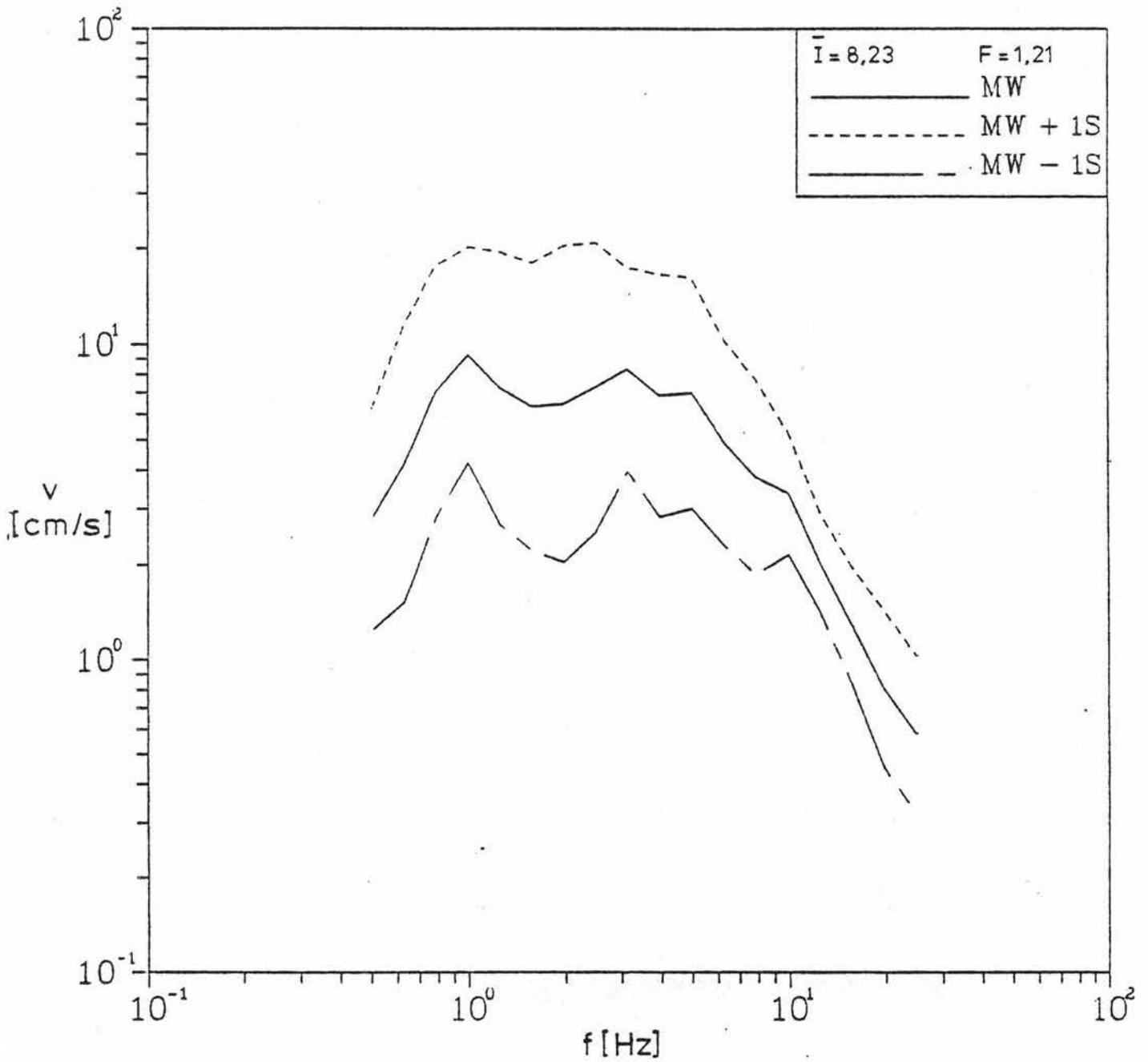


Bild 4.6 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse R und Intensitätsklasse 3 (Dämpfung $D = 5 \%$)

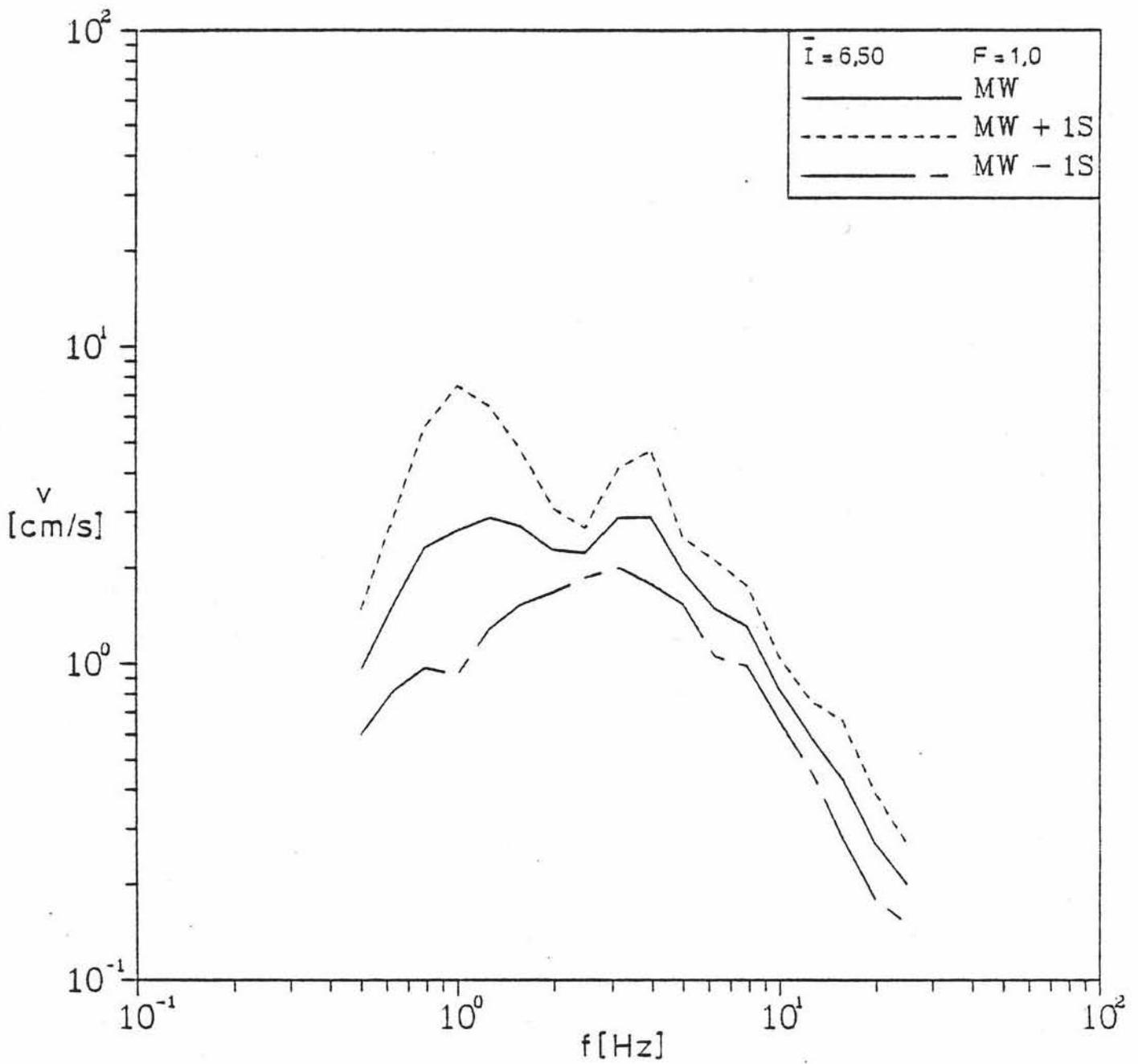


Bild 4.7 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse A und Intensitätsklasse 1 (Dämpfung $D = 5 \%$)

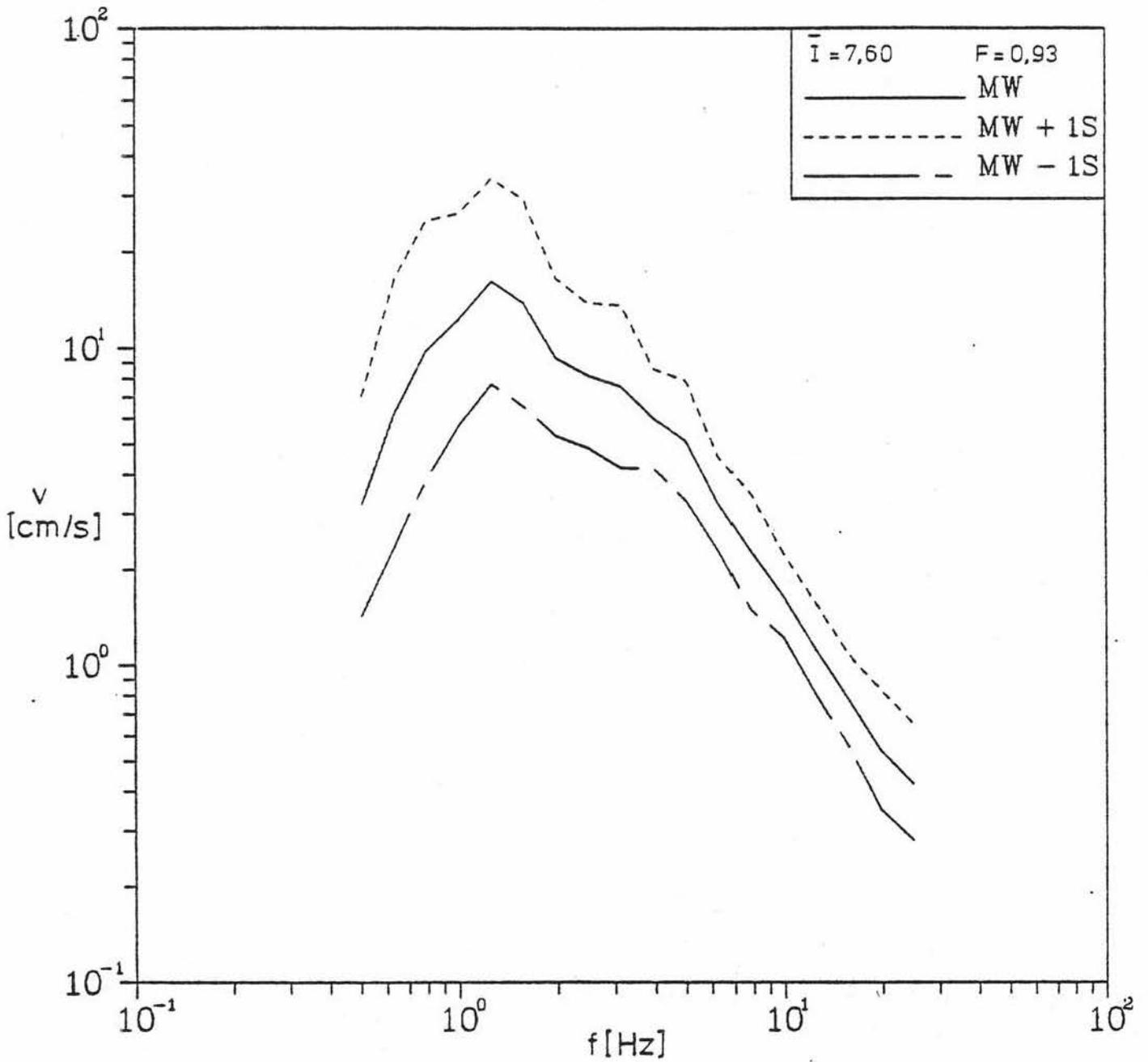


Bild 4.8 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse A und Intensitätsklasse 2 (Dämpfung $D = 5 \%$)

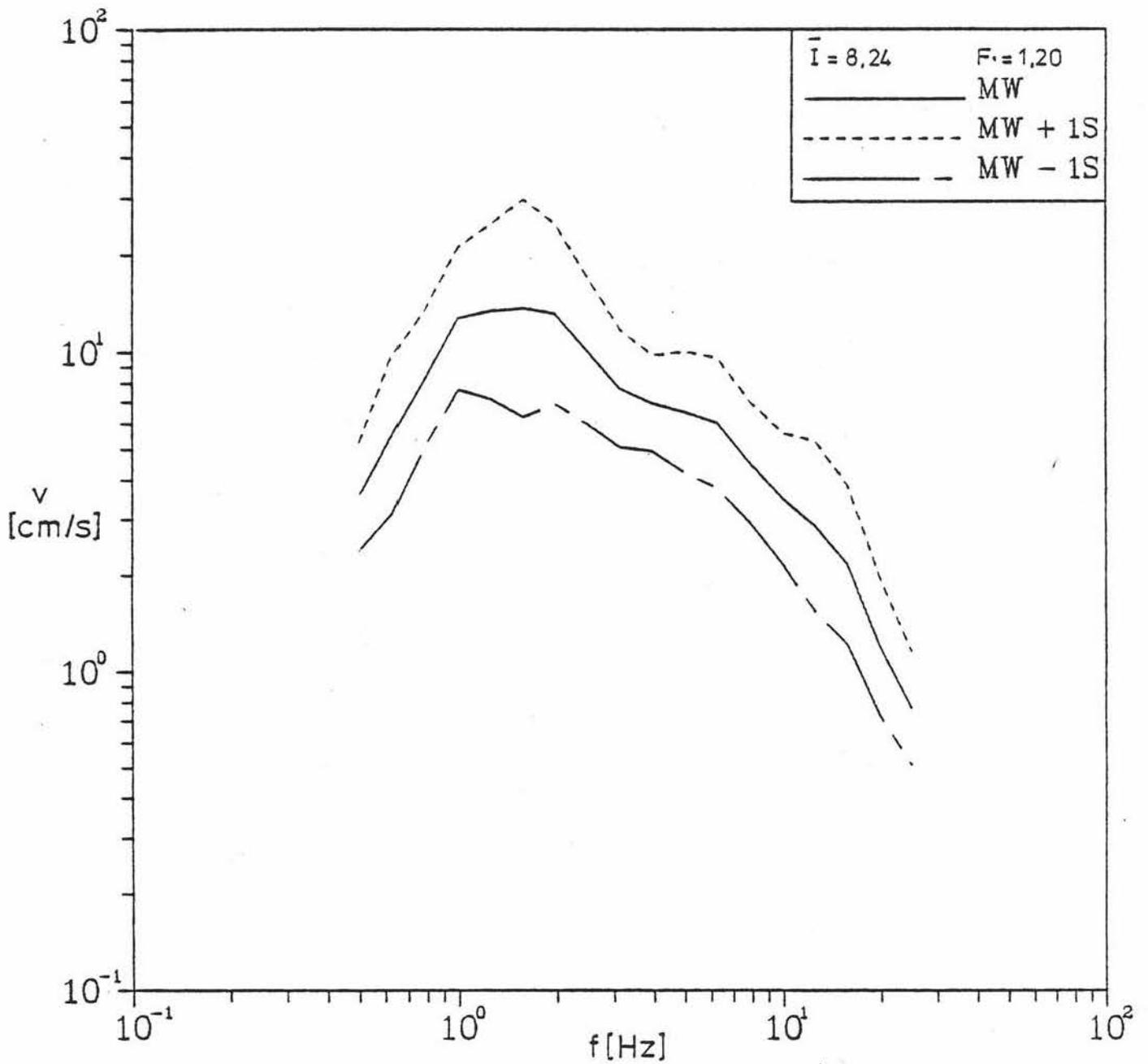


Bild 4.9 Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Antwortspektren für Untergrundklasse A und Intensitätsklasse 3 (Dämpfung $D = 5 \%$)

4.3 Untergrund unabhängige Freifeld-Antwortspektren

Obgleich der Untergrundeinfluß auf den Frequenzgehalt der Antwortspektren in Abschnitt 4.2 verdeutlicht wurde, sollen entsprechend der Zielsetzung des Vorhabens auch untergrund-unabhängige Freifeld-Antwortspektren ermittelt werden. Diese können vornehmlich dann benutzt werden, wenn hinreichende Informationen für eine Klassifizierung des Untergrundes in eine der drei gewählten Untergrundklassen nicht vorliegen.

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Spektren entspricht wiederum der in Abschnitt 4.1 beschriebenen. Allerdings werden jetzt nur noch drei Intensitätsklassen betrachtet, während eine Unterscheidung von Untergrundklassen entfällt.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung sind in Bild 4.10 bis 4.12 geplottet. Von der Form her ähneln die Spektren am ehesten denen der Untergrundklasse M. Dies leuchtet auch unmittelbar ein, da diese Untergrundklasse die größte Anzahl von Zeitverläufen aufweist und somit dominieren muß. Die Verschiebung der Spitzenwerte mit zunehmender Intensität zu niedrigen Frequenzen ist auch hier klar erkennbar. Daher empfiehlt sich die Beibehaltung der drei Intensitätsklassen. Falls jedoch nur ein "Standardspektrum" gewünscht wird, um die Vorgabe der Erdbebenlasten weitestgehend zu vereinheitlichen, dann sollte das Spektrum für die mittlere Intensitätsklasse gewählt werden. Eine Skalierung für andere Standortintensitäten kann mit dem in Abschnitt 4.1 angegebenen Faktor F erfolgen, der sowohl bei einer Verringerung als auch bei einer Vergrößerung der Intensität auf der sicheren Seite liegt.

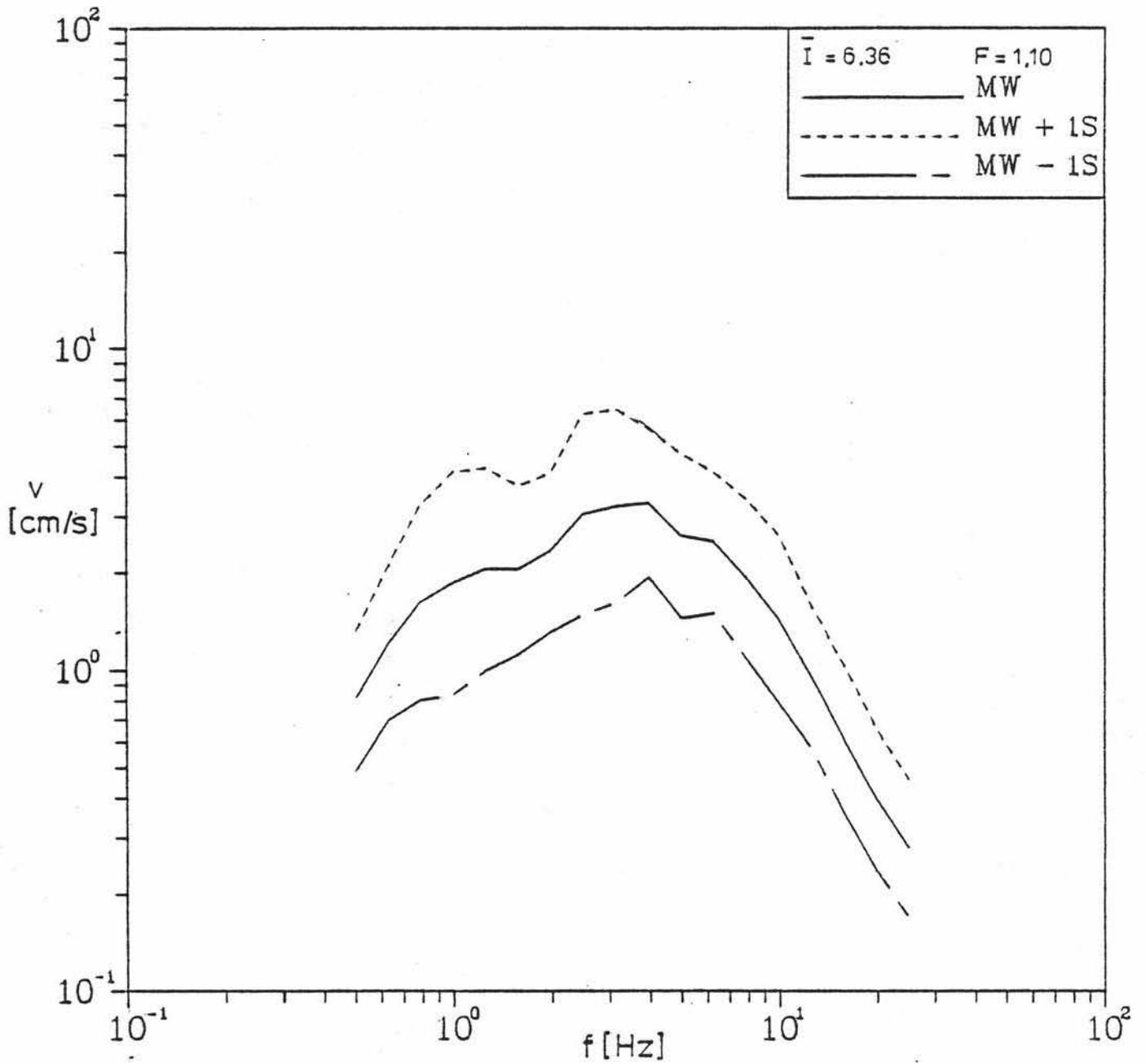


Bild 4.10 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für mittlere Untergrundverhältnisse und Intensitätsklasse 1 (Dämpfung $D = 5 \%$)

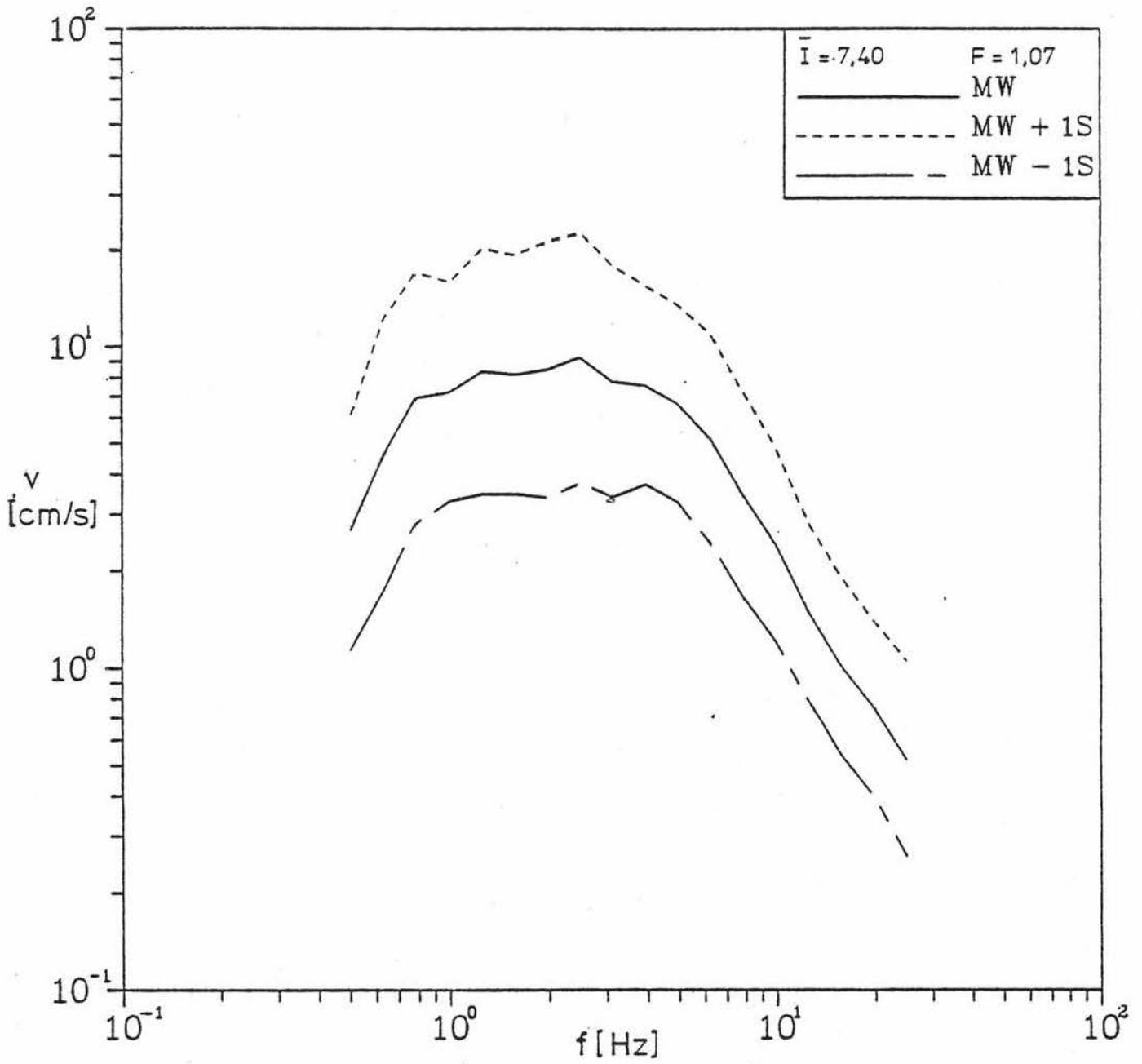


Bild 4.11 Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für mittlere Untergrundverhältnisse und Intensitätsklasse 2 (Dämpfung $D = 5 \%$)

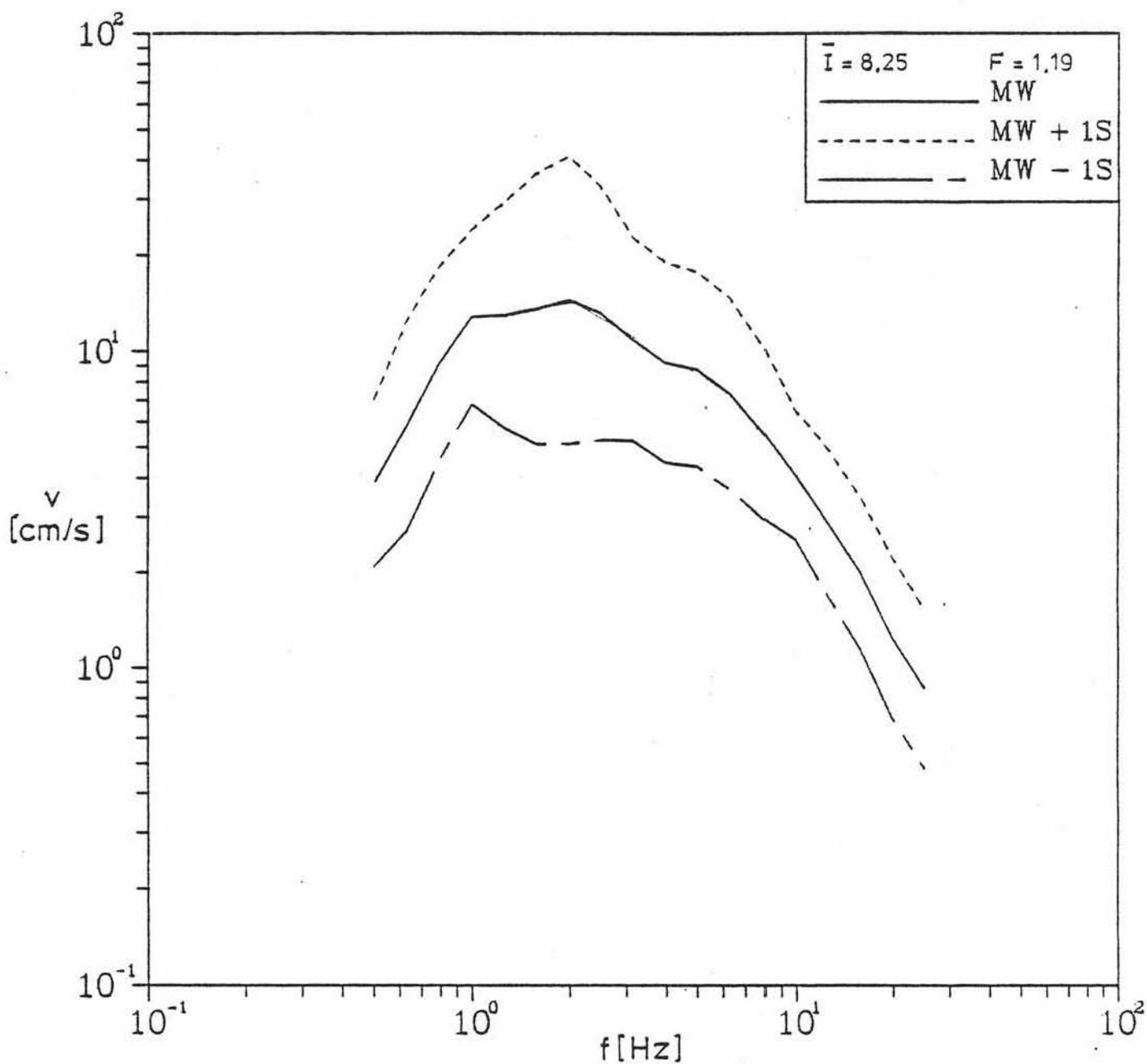


Bild 4.12 Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Antwortspektren für mittlere Untergrundverhältnisse und Intensitätsklasse 3 (Dämpfung $D = 5 \%$)

5. STARKBEBENDAUER

5.1 Definition der Starkbebedauer

Neben der spektralen Amplitudenverteilung spielt die Dauer der Starkbebenphase eine entscheidende Rolle für das Schadenspotential einer seismischen Erschütterung. Zahlreiche Vorschläge zur Definition und Bestimmung einer hierfür geeigneten Maßgröße aus Strong motion-Seismogrammen sind in der Literatur zu finden.

Bei Schwellenwertkriterien wird der Zeitraum vom ersten bis zum letzten Überschreiten eines vorgegebenen Wertes der Bodenbeschleunigung bzw. der Schwinggeschwindigkeit als Maß für die Bebedauer definiert, z. B. Bolt [5.1], Page et al. [5.2]. Das Problem liegt dabei in der Festlegung relevanter Schwellwerte, die von Bauwerkstruktur zu Bauwerkstruktur verschieden sein können.

Einer alternativen Definition der Starkbebedauer t_s liegt die einem Bauwerk zugeführte seismische Energie zugrunde. Als Energie wird hier das Integral über das Quadrat der Schwingungsamplituden des Strong motion-Seismogramms verstanden. Die verschiedenen Definitionen unterscheiden sich durch den prozentualen Betrag der Energie, die der Starkbebenphase zugeordnet wird.

Neben den Definitionen von Husid [5.3]: $t_s = t_E$ (95 %) und Danovan [5.4]: $t_s = t_E$ (90 %) sind besonders die Definitionen von Trifunac und Brady [5.5]: $t_s = t_E$ (95 %) - t_E (5%) und Kennedy [5.6]: $t_s = t_E$ (75 %) - t_E (5%) von Interesse. Hierbei bedeutet t_E (x %) die Zeit, bei welcher das Energieintegral x % des Endwerts erreicht hat. Durch die Festlegung des Beginns der Starkbebenphase bei t_E (5 %) wird einmal die Unsicherheit des Einschaltvorgangs des Strong motion-Seismogrammen beseitigt und zum anderen die ingenieurseismisch

weniger relevante P-Phase des Seismogramms eliminiert.

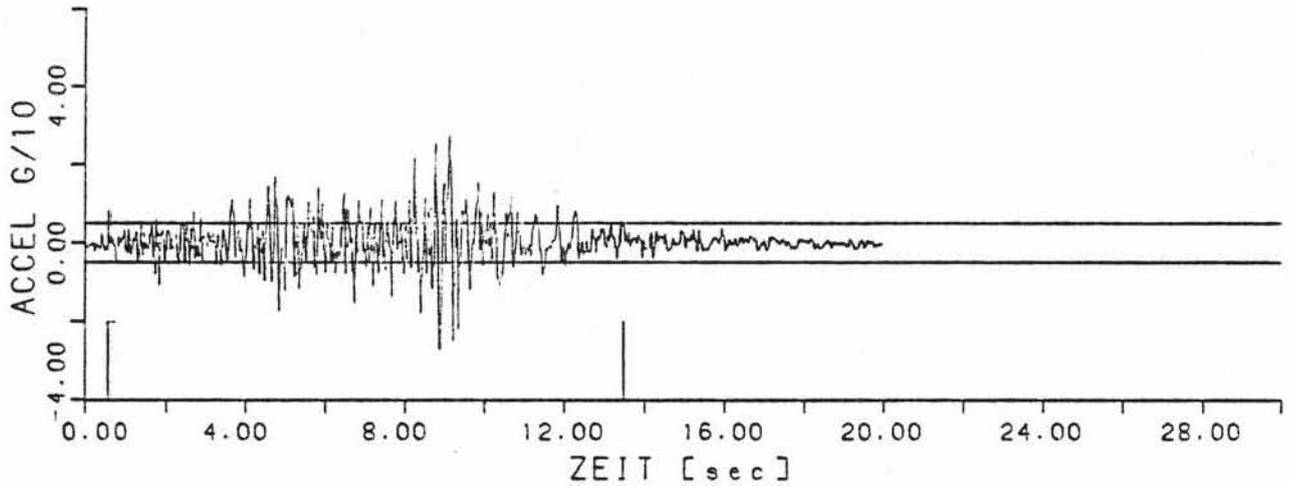
Diese integralen Kriterien haben gegenüber den Schwellwertkriterien den Vorteil, von Zufälligkeiten im Zeitverlauf unabhängig zu sein und die Dauer unabhängig vom Amplitudenniveau zu beschreiben. Ihnen ist insbesondere dann der Vorzug zu geben, wenn die Dauer als Parameter zur Generierung synthetischer Seismogramme verwendet werden soll. Ob nach dem Vorschlag von Trifunac und Brady die Integrationsdauer zwischen 5 und 95 % der Energie als Signaldauer bezeichnet wird oder nach Kennedy die Obergrenze bei 75 % der Energie angesetzt wird, ist letztlich nicht entscheidend, wenn nur bei Verwendung der Werte die entsprechende Definition berücksichtigt wird. Andere, kompliziertere integrale Definitionen von z. B. McCann und Shah [5.7] und Vanmarcke und Lai [5.8] sollen hier nicht berücksichtigt werden.

In der vorliegenden Studie wird entsprechend Kennedy [5.6] die Dauer durch das Integral der Bodenbeschleunigung zwischen 5 und 75 % der Gesamtenergie als Starkbebendauer bezeichnet (Bild 5.1).

1 THESSALONIKI, JUNE 20, 1978 V ML=6.4
EPD=31[KM] H=n *AUFBER. *->AEQU

ING.-S.-DAUER= 12.9 SEC

GES.-ENERGIE = 5.031



1 THESSALONIKI, JUNE 20, 1978 V ML=6.4
EPD=31[KM] H=n *AUFBER. *->AEQU

ING.-S.-DAUER= 4.2 SEC

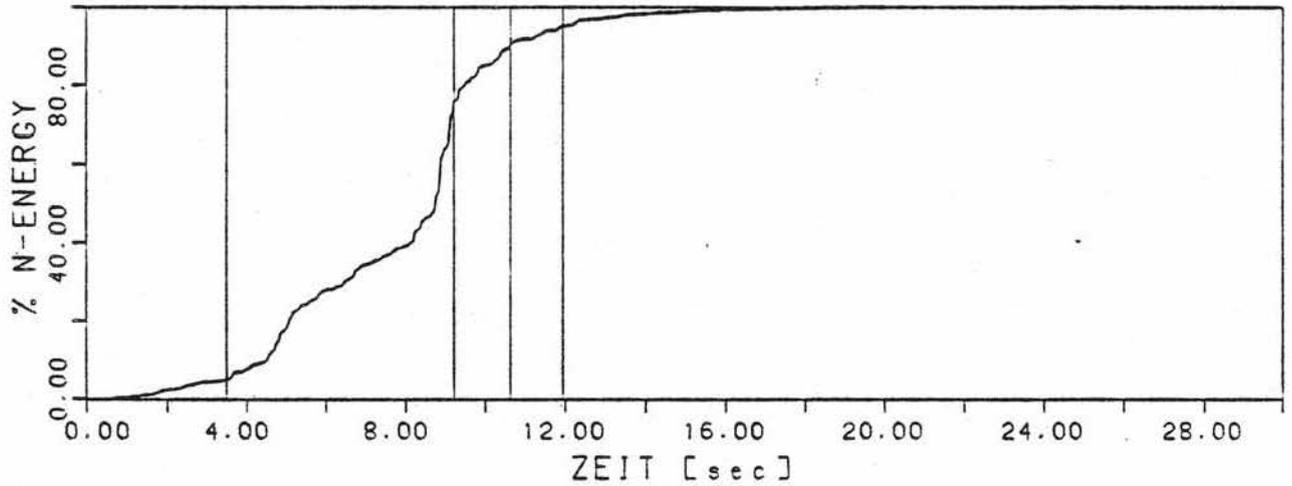


Bild 5.1 Energiebezogene Definition der Starkbebendauer

5.2 Statistische Auswertung

Die Starkbebendauern nach der vorgenannten Definition wurden für alle ausgewählten Erdbebenzeitverläufe berechnet und für die drei Intensitätsklassen getrennt statistisch ausgewertet. Es ergaben sich die in Tabelle 5.1 zusammengestellten Mittelwerte und Standardabweichungen.

Tabelle 5.1 Mittelwerte \bar{t}_s und Standardabweichungen S_{ts} der untergrund- und intensitätsabhängigen Starkbebendauern

Untergrund- klasse	Intensität I (MSK)					
	6 - 7		7 - 8		8 - 9	
	\bar{t}_s	S_{ts}	\bar{t}_s	S_{ts}	\bar{t}_s	S_{ts}
M	2,3	1,2	2,5	1,1	2,4	1,0
A	5,4	4,4	6,1	2,8	3,1	1,6
R	1,4	0,8	1,9	0,8	1,4	0,7

Die auf den ersten Blick verwunderlichen Ergebnisse lassen sich so erklären, daß hohe Intensitäten einerseits nur bei kleinen Herdentfernungen anzutreffen sind und andererseits die maßgebende Magnitude zunimmt. Es ist bekannt, daß die Starkbebendauer bei konstanter Magnitude mit abnehmender Herdentfernung kleiner wird; bei gleicher Herdentfernung nimmt die Dauer mit der Magnitude zu. Die beiden Einflüsse - mit I abnehmende Herdentfernung und zunehmende Magnitude - heben sich also offensichtlich teilweise auf, wobei die ungünstigste Kombination bei der mittleren Intensitätsklasse erreicht wird.

Für die weitere Arbeit wird angesichts des relativ kleinen Unterschiedes vereinfachend von einer intensitätsunabhängigen, jedoch baugrundspezifischen Starkbebendauer ausgegangen. In Tabelle 5.2 sind einmal die gewichteten Mittelwerte und Standardabweichungen der Starkbebendauern für die drei Untergrundklassen angegeben, die man bei Zusammenfassen der drei Intensitätsklassen unter Berücksichtigung der jeweiligen Anzahl von Beobachtungen erhält. Zum andern sind die entsprechenden Kennwerte aus einer gesonderten statistischen Auswertung aufgeführt, bei der alle Intensitäten im Bereich $6 \leq I \leq 9$ und alle Herdentfernungen $R \leq 60$ km zugelassen waren. Für die praktische Anwendung werden die in den letzten beiden Spalten eingetragenen "Bemessungswerte" empfohlen; die Variationskoeffizienten betragen hierbei einheitlich 60 %.

Tabelle 5.2 Mittelwerte und Standardabweichungen baugrundspezifischer Starkbebendauern

Untergrund- klasse	$6 \leq I \leq 9$ gewichtet		$6 \leq I \leq 9$ $R \leq 60$ km		Bemessungs- werte	
	\bar{t}_s	s_{ts}	\bar{t}_s	s_{ts}	\bar{t}_s	s_{ts}
M	2,4	1,3	2,3	1,6	2,4	1,4
A	4,5	2,9	3,7	2,3	4,0	2,4
R	1,5	0,8	1,6	1,2	1,6	1,0

5.3 Generierung von Zeitverläufen

Für die Generierung künstlicher Zeitverläufe als Erregung für dynamische Berechnungen nach der Zeitverlauf-Methode kann aufgrund der Definition der Starkbebendauer in Abschnitt 5.1 die in Bild 5.2 gezeichnete Fensterfunktion für die Beschleunigung a vorgegeben werden. Die Starkbeben-

dauer t_s ist i. a. mit den Bemessungswerten \bar{t}_s gemäß Tabelle 5.2, vorletzte Spalte, einzusetzen. Bei nichtlinearen dynamischen Berechnungen muß im Rahmen von Parametervariationen ggf. auch die Auswirkung einer um 60 % höheren Starkbebendauer untersucht werden.

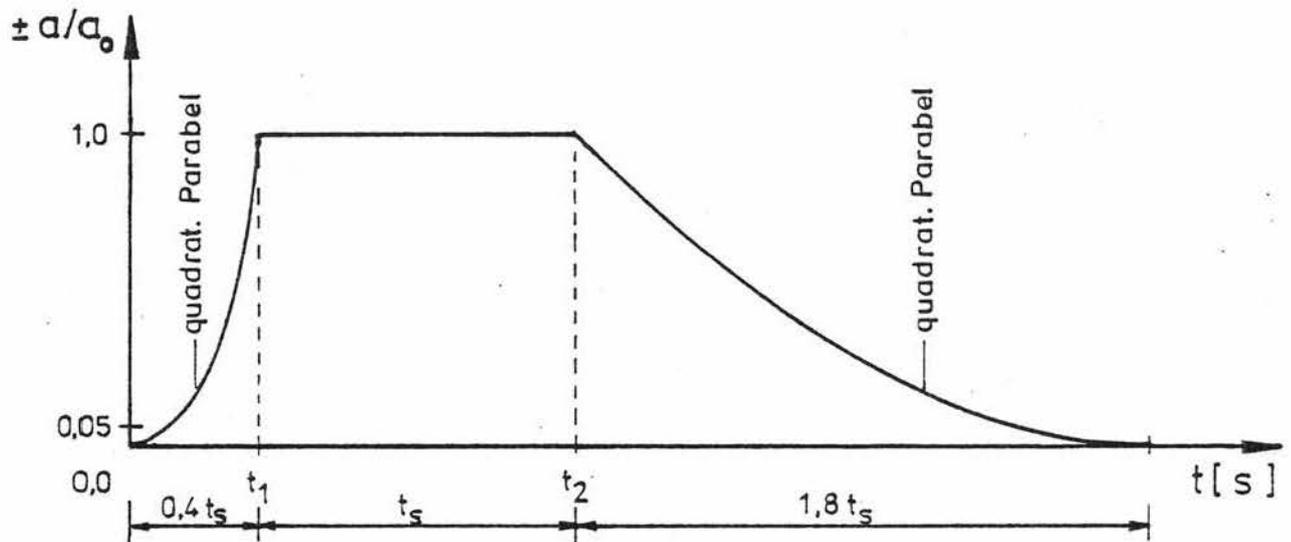


Bild 5.2 Fensterfunktion für die Generierung von Beschleunigungs-Zeitverläufen

6. SYNTHETISCHE BASISSEKTREN

6.1 Definition und Grundlagen

Wie in Abschnitt 2 dargestellt, lassen sich standortbezogene Freifeld-Antwortspektren auch dadurch gewinnen, daß ein Fourier-Betragspektrum an der Basis der Sedimentdecke vorgegeben und mit der spektralen Durchlaßfunktion (Übertragungsfunktion) des Standortuntergrundes multipliziert wird. Das vorgegebene Fourier-Betragspektrum wird als Basisspektrum bezeichnet. Es wird als derjenige Spektralverlauf verstanden, der im Erdinnern an der Oberfläche des variszischen Grundgebirges bzw. der Oberkante des Paläozoikums (Material mit einer Kompressionswellengeschwindigkeit $V_p \geq 4,0$ km/s) beobachtet werden könnte.

Im vorliegenden Abschnitt werden synthetische Basisspektren mit Hilfe von kinematischen Herdbruchmodellen berechnet. Zum Vergleich werden in Abschnitt 8 empirische Basisspektren durch Reduktion von Freifeld-Registrierungen ermittelt.

Ausgangspunkt für die Berechnung synthetischer Basisspektren bildet die Aktivitätskurve, welche die beobachtete Verteilung der maximalen Oberflächenwellenmagnitude (ML) über die Herdtiefe (z) unter Kristallinoberkante beschreibt (Bild 6.1, Tabelle 6.1).

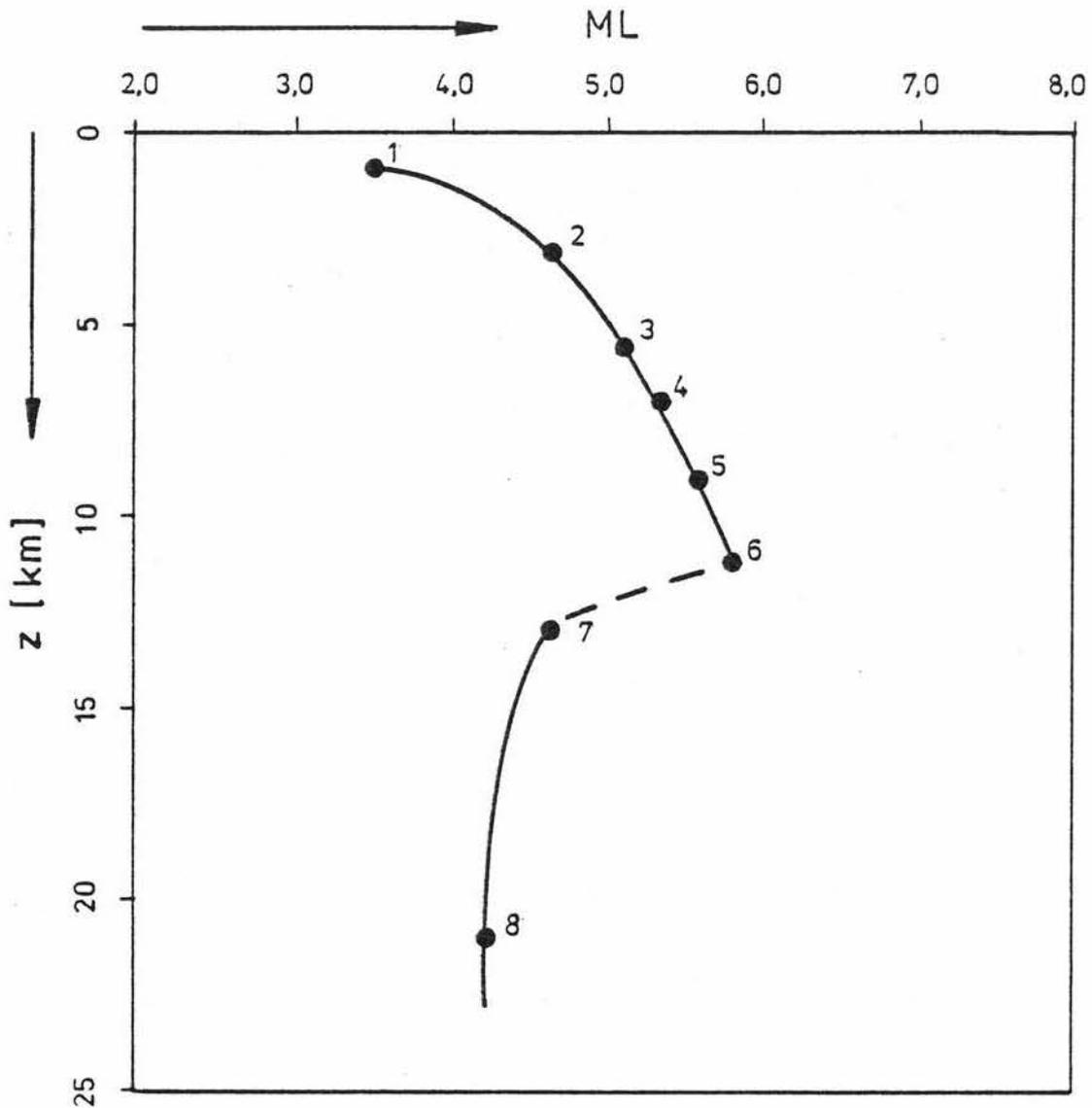


Bild 6.1 Aktivitätskurve für die Bundesrepublik Deutschland

Tabelle 6.1 Ereignisse, die bei der Aufstellung der Aktivitätskurve verwendet wurden

Erdbeben			h_o	MWA	ML	d_{Sed}	I_o^* cris.	I_o Erdobf.	I_o beob.
Nr.	Datum	Herdgebiet	(km)			(km)	(MSK)	(MSK)	(MSK)
1	1970 Apr 10	Westalb	2	3.9	3.5	1	6.2	5.7	5-6
2	1869/71	Groß-Gerau	6	-	4,7	3	7.8	7.1	7
3	1978	Westalb	6.5	5.7	5.05	1	7.9	7.8	7-8
4	1935	Oberschwaben	9	5.8	5.3	2	8.2	8.0	7-8
5	1911	Westalb	10	6.1	5.6	1	8.6	8.5	8
6	1356	Basler Jura	13	-	5.9	2	9.0	8.9	9
7	1924 Dec 11	Westalb	14	-	4.7	1	6.5	6.4	6+
8	1933 Feb 21	Westalb	21	-	4.3	1	5.3	5.2	5

Erläuterung:
 $I_o^* = 2 (ML - \lg h_o - 0,35) \quad (h_o) = 1 \text{ km}$
 cris. = Kristallinoberkante ($h_o - d_{Sed.}$)

Die Seismizität eines größeren Gebietes (seismischer Energieumsatz je Volumen- und Zeiteinheit) ist von der Geschwindigkeit abhängig, mit der sich Kriechbewegungen im oberen Erdmantel und innerhalb der unteren Erdkruste vollziehen. Die Deformationsgeschwindigkeit dieser Tiefenbereiche des Erdkörpers überträgt sich als Spannungsrate auf die obere Erdkruste. Letztere Schicht ist partiell in der Lage, auch über längere Zeiträume (z. B. von 1000 a) hinweg elastische Spannungen anzusammeln und damit die wichtigste Voraussetzung für die Entstehung eines seismischen Herdprozesses zu liefern. Die ungleichförmige Verteilung der Seismizität, wie man sie innerhalb einer Region beobachten kann, wird durch die rheologische Reaktion der die Oberkruste aufbauenden Strukturen auf die von unten übertragenden Spannungen bestimmt.

Mit zunehmender Tiefe und damit auch mit ansteigender Temperatur verringert sich innerhalb der Erdkruste die Viskosität der Gesteine. Gebiete mit höherem Wärmefluß und damit auch steilerem Temperatur-Tiefengradienten zeigen eine geringere maximale Herdtiefe als Gebiete mit geringerem Wärmefluß. Das sei durch ein Beispiel aus dem Untersuchungsgebiet demonstriert (nach Bram [6.1] , Gelbke [6.2] , Gilg [6.3] und Hänel [6.4]) (Tabelle 6.2).

Tabelle 6.2 Zusammenhang zwischen Wärmefluß und maximaler Herdtiefe

Gebiet	Wärmefluß (mW/m ²)	max. Herdtiefe (km)
Süddeutsches Dreieck	etwa 70	etwa 22
Oberrhein graben	etwa 90	etwa 15
Westvogesen	etwa 120	etwa 12

Die Aktivitätskurve wird also in einem Gebiet mit höherem Wärmefluß bereits in geringerer Tiefe "abgeschnitten". Eine Abnahme der Deformationsgeschwindigkeit bzw. der Spannungsrate hat die gleiche Wirkung: Nur noch in den höher viskosen, d. h. mehr oberflächennahen Schichten liegt die Spannungsrate über der Relaxationsrate.

Von der Oberfläche aus betrachtet kann die Dicke des seismisch reagierenden Tiefenintervalls durch die Auflage seismisch inkompetenter Sedimente reduziert werden. Das ist vor allem in den großen tertiären und quartären Senkungszonen der Fall: im Molassebecken, im Oberrheingraben, in Norddeutschland. Die aus Beobachtungen an Schadenbeben in Süddeutschland abgeleitete Aktivitätskurve wurde deshalb auf die Tiefe unter der Kristallinoberkante bezogen.

Zur Berechnung der Basisspektren für den gesamten Verlauf der Aktivitätskurve wird auf eine aus Beobachtungen in Mitteleuropa gewonnene Beziehung zwischen Oberflächenwellenmagnitude (ML) und seismischem Herdmoment (M_0) zurückgegriffen (Bild 6.2, Tabelle 6.3).

Die Ausgleichsgerade ist in guter Übereinstimmung mit den von Geller [6.5] in Kalifornien bestimmten Relationen zwischen ML und M_0 . Sein Ausgangsmaterial beschränkt sich allerdings auf Ereignisse mit einer Oberflächenwellenmagnitude $ML \geq 5.0$. Bei kleineren Ereignissen treten sehr starke Streuungen in den empirischen Beziehungen zwischen Herdparametern auf.

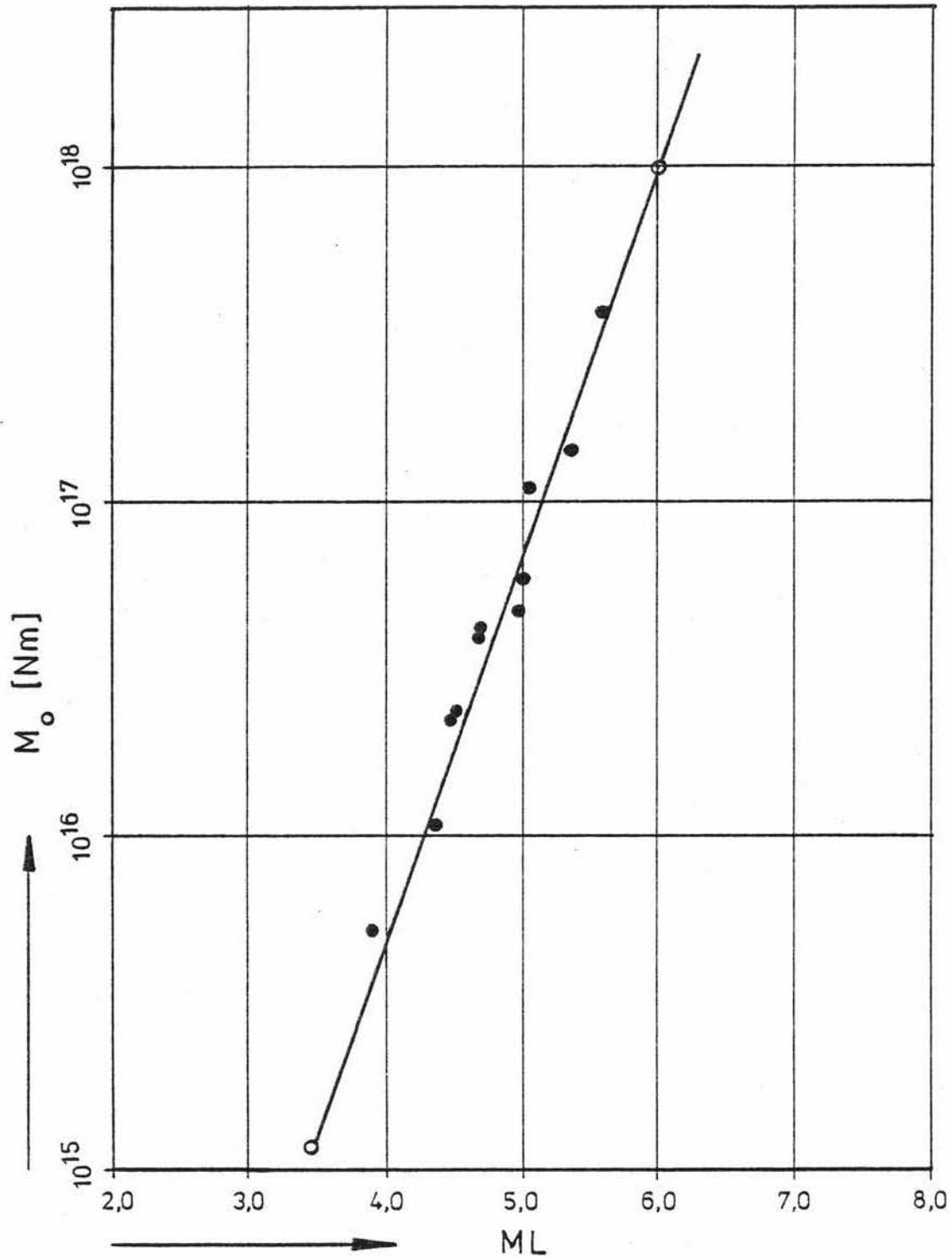


Bild 6.2 Magnituden-Herdmoment-Beziehung für Mitteleuropa

Tabelle 6.3 Mitteleuropäische Ereignisse für die Beziehung
Magnitude-Moment

Ereignis	ML	M_0 (Nm)	h_0 (km)
16 Nov 1911 Schw. Alb	5.6	$3.75 \cdot 10^{17}$	12 - 12
20 Jul 1913 Schw. Alb	4.7	$4.1 \cdot 10^{16}$	13
07 Jun 1931 Doggerbank	4.7	$4.0 \cdot 10^{16}$	12 - 13
27 Jun 1935 Oberschwaben	5.4	$1.4 \cdot 10^{17}$	8.5 - 9.5
11 Jun 1983 Brüssel	4.4	$1.05 \cdot 10^{16}$	n
02 May 1943 Schw. Alb	4.5	$2.2 \cdot 10^{16}$	12 - 13
28 May 1943 Schw. Alb	5.1	$1.15 \cdot 10^{16}$	8 - 9
14 Mar 1951 Euskirchen	5.0	$4.7 \cdot 10^{16}$	8 - 9
26 Feb 1969 Schw. Alb	3.9	$4.2 \cdot 10^{15}$	8
22 Jan 1970 Schw. Alb	4.5	$2.25 \cdot 10^{16}$	8
09 Sep 1978 Schw. Alb	5.05	$4.66 \cdot 10^{16}$	6.5
09 Sep 1978 Schw. Alb	3.8	$1.39 \cdot 10^{15}$	7.0

n = normal = Herd in der oberen Erdkruste

6.2 Kinematische Herdbruchmodelle

Wie im Zwischenbericht Mai 1983 ausführlich dargestellt, wurde zunächst das einfache Herdmodell von Brune [6.6] den Berechnungen des Basisspektrums zugrundegelegt. Vergleiche zwischen gemessenen und empirischen Spektren haben jedoch gezeigt, daß die Modelle nach Brune wie auch nach Aki [6.7, 6.8] zu einer relativ schlechten Übereinstimmung mit den beobachteten Verläufen führen. Daher wird jetzt auf Ansätze nach Savage [6.9] zurückgegriffen. Diese passen sich vor allem wegen einer größeren Anzahl zu berücksichtigender Herdparameter besser an die seismotektonische Realität an.

Der Betrag der spektralen Amplitudendichte der seismischen Bodenverschiebung u ist durch folgende Beziehung gegeben:

$$|u| = R_0 \cdot M_0 \cdot \tilde{G} \cdot \tilde{D}_0 \cdot \tilde{I}_0 \quad \text{ms} \quad (6.1)$$

Die einzelnen Faktoren bedeuten:

$R_0 = R_0^{SH}(\vartheta, \varphi)$ = Abstrahlcharakteristik für SH-Wellen

ϑ = horizontaler Abstrahlwinkel ($^\circ$)

φ = vertikaler Abstrahlwinkel ($^\circ$)

$M_0 = G \cdot q_0 \cdot A_0$ = Betrag des Herdmoments (Nm)

G = Schermodul (N/m^2)

q_0 = mittlerer Betrag der Herddislokation (m)

A_0 = Herdfläche (m^2)

$\tilde{G} = (4\pi \xi_s \cdot v_s^3)^{-1}$ = geometrische Abnahme des Herdmoments

\tilde{D}_0 = Direktivität (Doppler-Effekt der Bruchausbreitung) nach Savage [6.9], Formel 10

\tilde{I}_0 = Impulsaufbaufunktion nach Savage [6.9], Formel 11.

6.3 Ausbreitung in Kristallin und Paläozoikum

Die geometrische Abnahme des Momenteinflusses bis zur Oberkante Kristallin/Paläozoikum wird durch den Faktor \tilde{C} in Abschnitt 6.2 berücksichtigt.

Weitere amplitudenverkleinernde Einflüsse werden durch ein Zusammenspiel zwischen Abstrahlcharakteristik und Absorption bewirkt. Die Abstrahlcharakteristik für SH-Wellen, die hier ausschließlich betrachtet werden, wird in folgender Form berücksichtigt (vgl. Bild 6.3):

$$R_0^{SH} = \cos 2\mathcal{J} \cdot \cos \varphi = R_0$$

Der vertikale Abstrahlwinkel wird jeweils so gewählt, daß das Zusammenspiel zwischen Absorption und Abstrahlung ein Maximum ergibt. Es wird hier der in Süddeutschland bei größeren Schadenbeben häufig zu beobachtende Typ der horizontalen Dislokation auf vertikal einfallender Herdfläche gewählt. Der horizontale Abstrahlwinkel wird einheitlich zu $\mathcal{J} = 0^\circ$ angenommen. Bei Beben mit Überschiebungs- und Abschiebungscharakter ist $R_0 \approx 1.0$.

Bezüglich der Ausbreitungsqualität von SH-Wellen werden Vergleichsrechnungen für $Q_s = 50, 100$ und 200 ausgeführt. Diese Werte entsprechen der Ausbreitung innerhalb einer Scherzone bzw. in größeren Entfernungen vom Herdgebiet, wie der folgenden Übersicht zu entnehmen ist (Tabelle 6.4).

Tabelle 6.4 Ausbreitungsqualität für die obere Herdkruste

Bereich	Q_S	Quelle	Lit.
Wertebereich	50 - 200	Hasegawa	6.10
		Hoang-Trong	6.11
Scherzone	< 100 = 50	Kurita	6.12
		Scherbaum	6.13
$R_E = 10 - 20$ km	75 - 150	Bakun u. Bufe	6.14
		Bakun et al.	6.15
$R_E > 20$ km	> 150	Cheng et al.	6.16
		Schneider	6.17

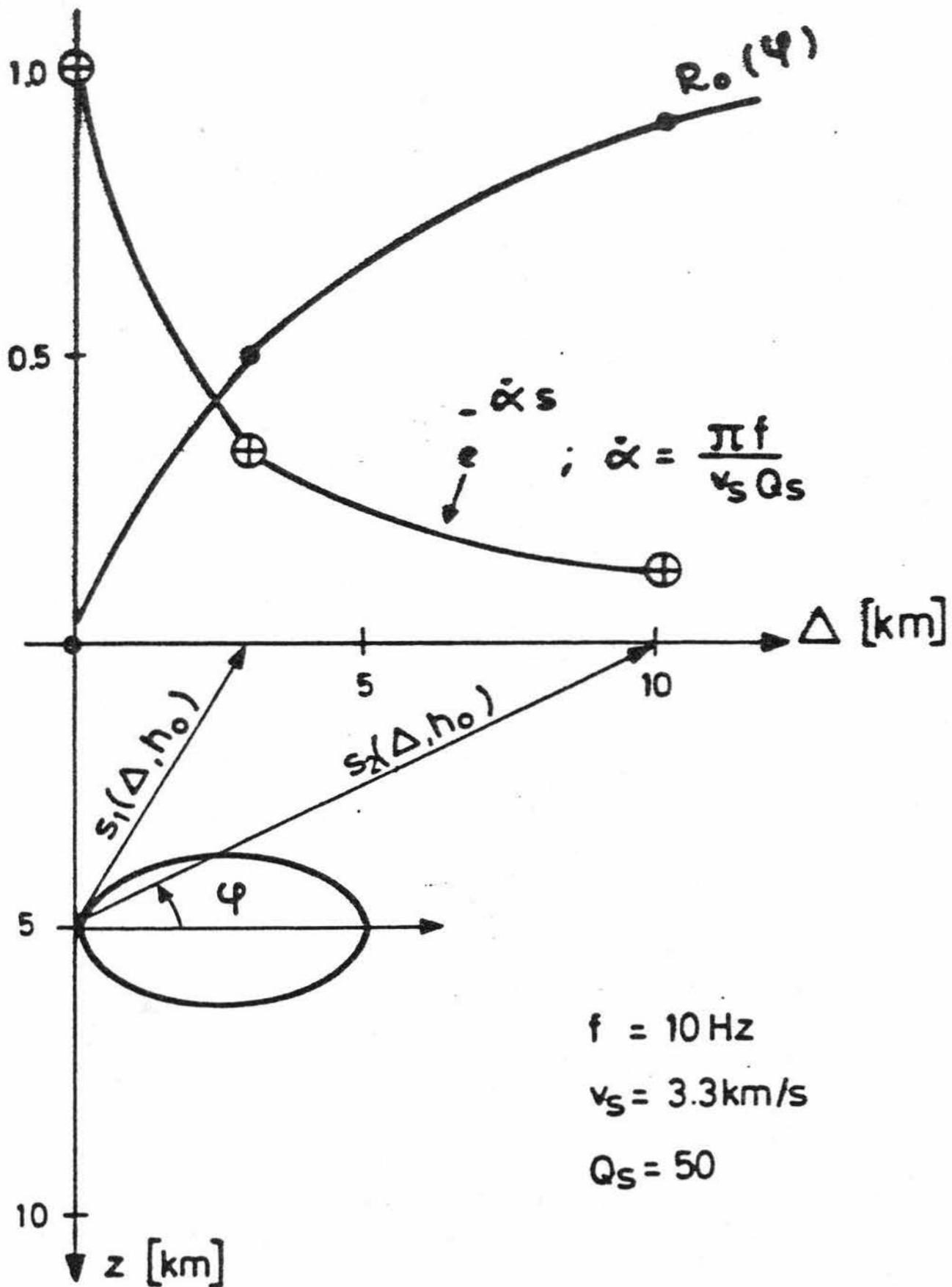


Bild 6.3 Abstrahlcharakteristik für SH-Wellen

6.4 Referenzereignisse

Aus der Gesamtzahl aller Berechnungen werden hier die Ergebnisse für drei Ereignisse gezeigt, die zu einem für Mitteleuropa typischen Schadensbild geführt haben. Sie liegen auf der regionalen Aktivitätskurve (Bild 6.1) und entsprechen drei bekannten Schadenbeben (Referenzbeben):

Groß-Gerau	1871	(ML = 4.7, $z_0 = 3.0$ km, s = 3.6 km)
Albstadt	1978	(ML = 5.0, $z_0 = 5.5$ km, s = 6.3 km)
Basel	1356	(ML = 5.9, $z_0 = 11.0$ km, s = 14.9 km)

Die Eingangsdaten für die Berechnungen und die Ergebnisse für verschiedene Bruchabläufe (unilateral, Vorderseite $\vartheta = 0^\circ$; unilaterale, Rückseite $\vartheta = 180^\circ$; bilateral) sind in Anhang 6 dokumentiert. Es ist bekannt, daß beispielsweise bei den größeren Ereignissen der westlichen Schwäbischen Alb die unilaterale Bruchausbreitung nach Süden dominiert.

Bild 6.3 zeigt, daß die stärksten Erschütterungen dort zu erwarten sind, wo für eine bestimmte Frequenz (hier 10 Hz) ein Maximalwert aus dem Zusammenspiel zwischen Abstrahlung (bezüglich des vertikalen Abstrahlwinkels φ) und der Amplitudenabnahme durch Absorption resultiert (Absorptionskoeffizient α ; Ausbreitungsqualität Q_s).

Bild 6.4 zeigt die Kombination der Basisspektren für die drei Referenzbeben. Hierin ist nur der bilaterale Fall berücksichtigt, da er alle anderen Fälle des Bruchablaufs abdeckt.

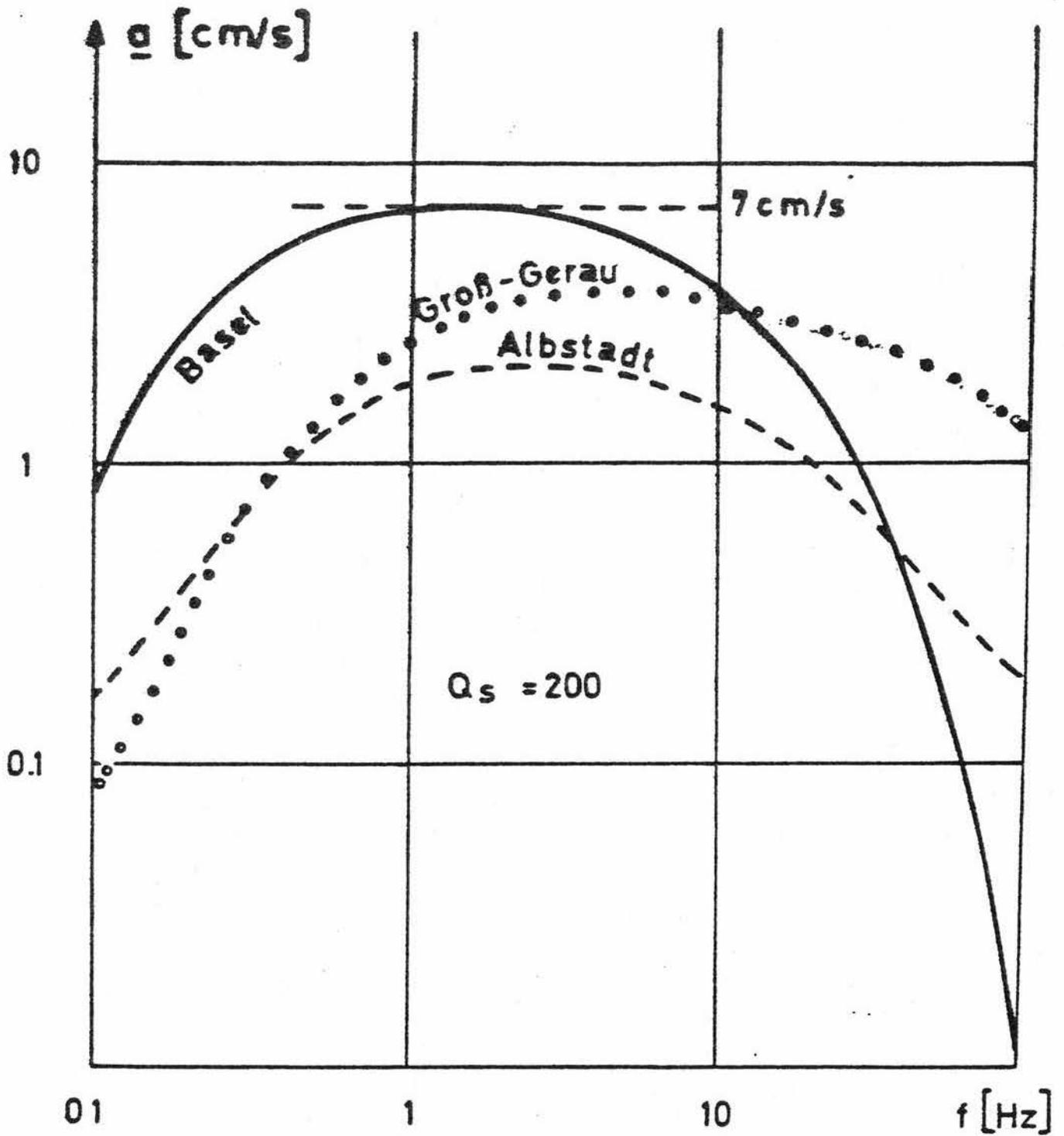


Bild 6.4 Basisspektren für die Referenzbeben bei bilateraler Bruchausbreitung

7. ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN

7.1 Grundsätzliches

Der Einfluß des Untergrundes auf die Bodenbewegungen im Freifeld beruht auf folgenden Phänomenen:

- frequenzunabhängige Amplitudenerhöhung beim Übergang der seismischen Welle aus dem Festgestein mit hoher akustischer Impedanz in eine weniger verfestigte Deckschicht mit niedriger Impedanz,
- frequenzselektive Amplitudenanhebung durch Resonanz in der Deckschicht,
- Amplitudenabnahme infolge inelastischer Absorption in der Deckschicht, wobei Sedimente im allgemeinen eine wesentlich höhere Absorption als die kristallinen Gesteine des Grundgebirges aufweisen. Bei trockenen und wenig porösen Gesteinen ist die Amplitudenabnahme durch Absorption (bezogen auf die Längeneinheit des Strahlwegs) etwa proportional, bei porösen wassergesättigten oder teilgesättigten Sedimenten dagegen überproportional mit der Frequenz ansteigend; bei starken Bodenbewegungen steigen, infolge von Hystereeffekten, die Absorptionsverluste überproportional mit der Amplitude an,
- frequenzunabhängige geometrische Amplitudenabnahme durch größeren Abstand vom Herd bei mächtigen Sedimentauflagen von mehreren Kilometern.

7.2 Untergrundmodellierung

Für die Ermittlung der Übertragungsfunktion ist der Untergrund am betrachteten Standort bis hinab zum Grundgebirge bzw. zur Festgesteinsoberfläche (siehe Abschnitt 8.1) zu modellieren.

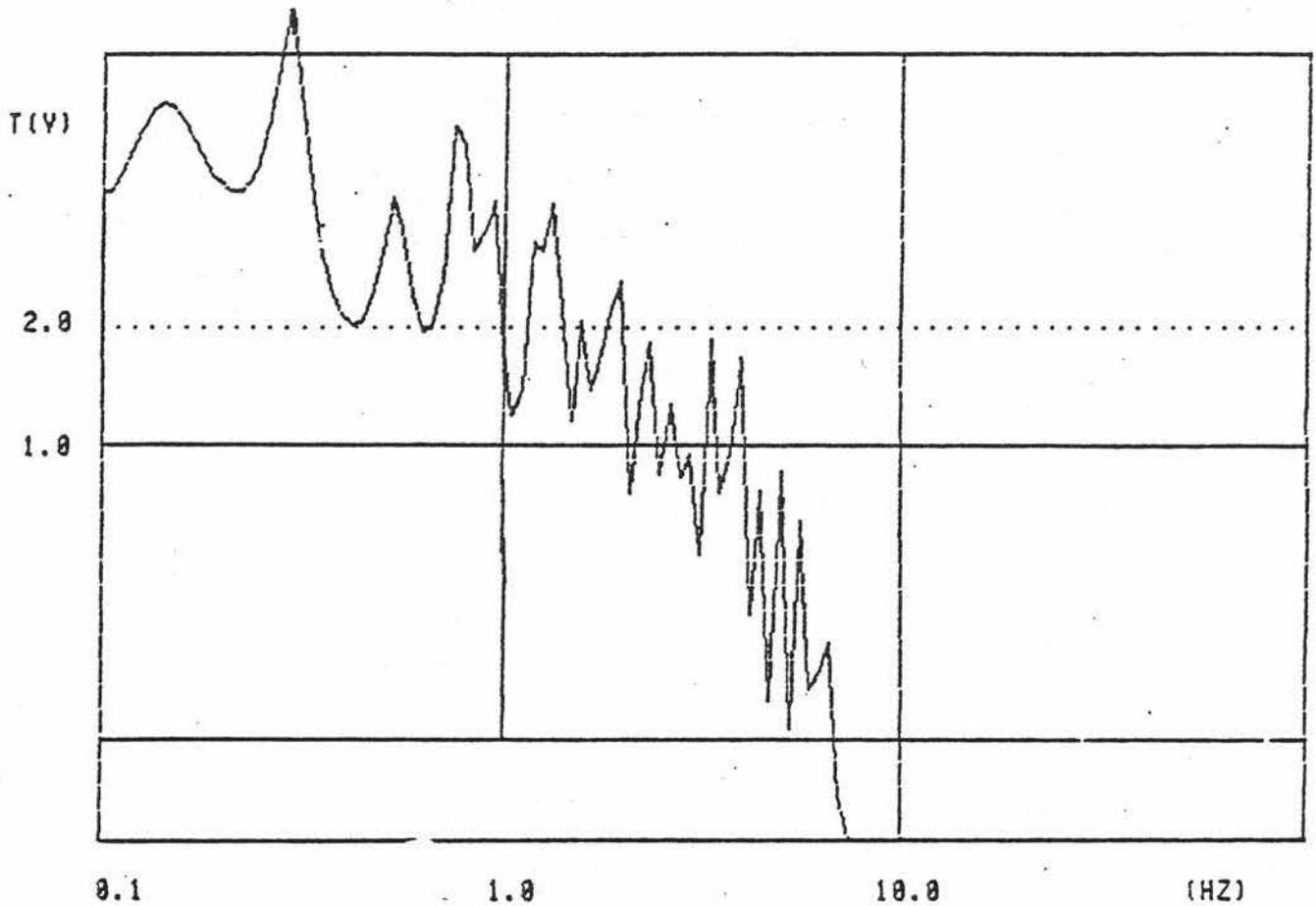
Das Grundgebirge, ggf. mit einem Festgesteinsanteil, wird als elastischer Halbraum abgebildet. Hierauf liegen die einzelnen Sedimentschichten mit unterschiedlicher Mächtigkeit. Die Eigenschaften der Schichten werden durch folgende Parameter beschrieben:

- Schichtdicke h_i (in m)
- Dichte ρ_i (in kg/m^3)
- Scherwellengeschwindigkeit V_{si} (in m/s)
- Qualitätsfaktor Q_i oder
- Dämpfungsmaß D_i (in %)

In der Regel ist es notwendig, mindestens zwei Schichten über dem Halbraum zu unterscheiden. Hierfür wird folgende Einteilung empfohlen:

- Oberschicht: Lockersedimente, Quartär
- Mittelschicht: sedimentäres Festgestein, Tertiär, Mesozoikum
- Halbraum: Kristallin, präpermische Ablagerungen

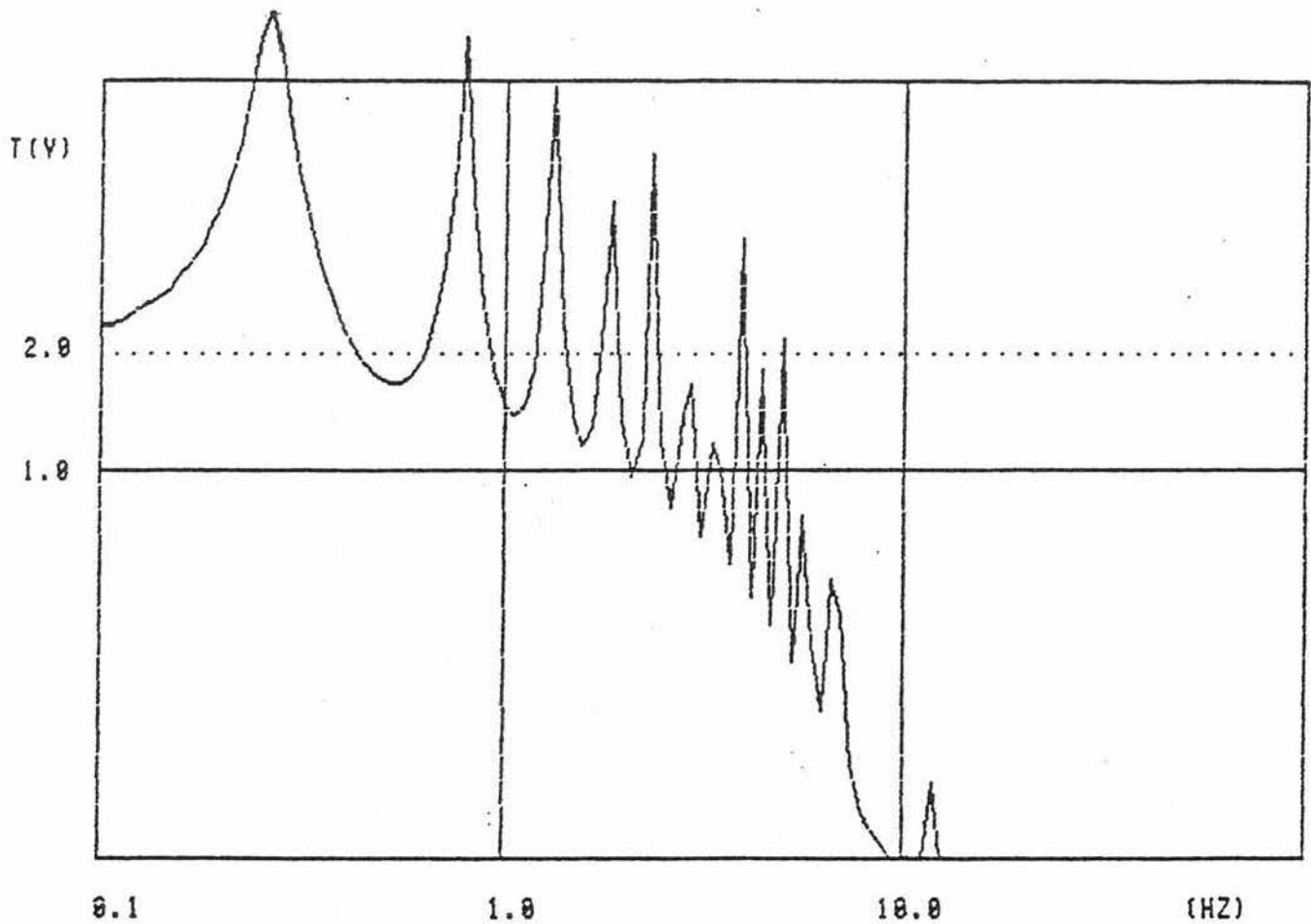
Bei fehlender Berücksichtigung der Mittelschicht wirkt sich der größere Impedanzkontrast zwischen Oberschicht und Halbraum in Richtung auf eine zu große Anhebung der Übertragungsfunktion aus. Dies ist an Bild 7.1 und 7.2 für den Standort Biblis im Oberrheingraben verdeutlicht. Im Vergleich zu Bild 7.1, das auf der empfohlenen Modellierung basiert, sind die Amplituden bei Bild 7.2 (ohne Mittelschicht) im relevanten Frequenzbereich deutlich vergrößert. Eine feinere Abbildung der Mittelschicht (vgl. Bild 7.3 mit 4 Schichten über dem Halbraum) bringt dagegen nur noch relativ geringe Veränderungen gegenüber Bild 7.1.



SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	600	600	10
2	2240	1520	30
HALBRAUN		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-HN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTE IN KG/M³ = 2452.90831
 MITTL. VS IN M/S = 2493.66154
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.60660876
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

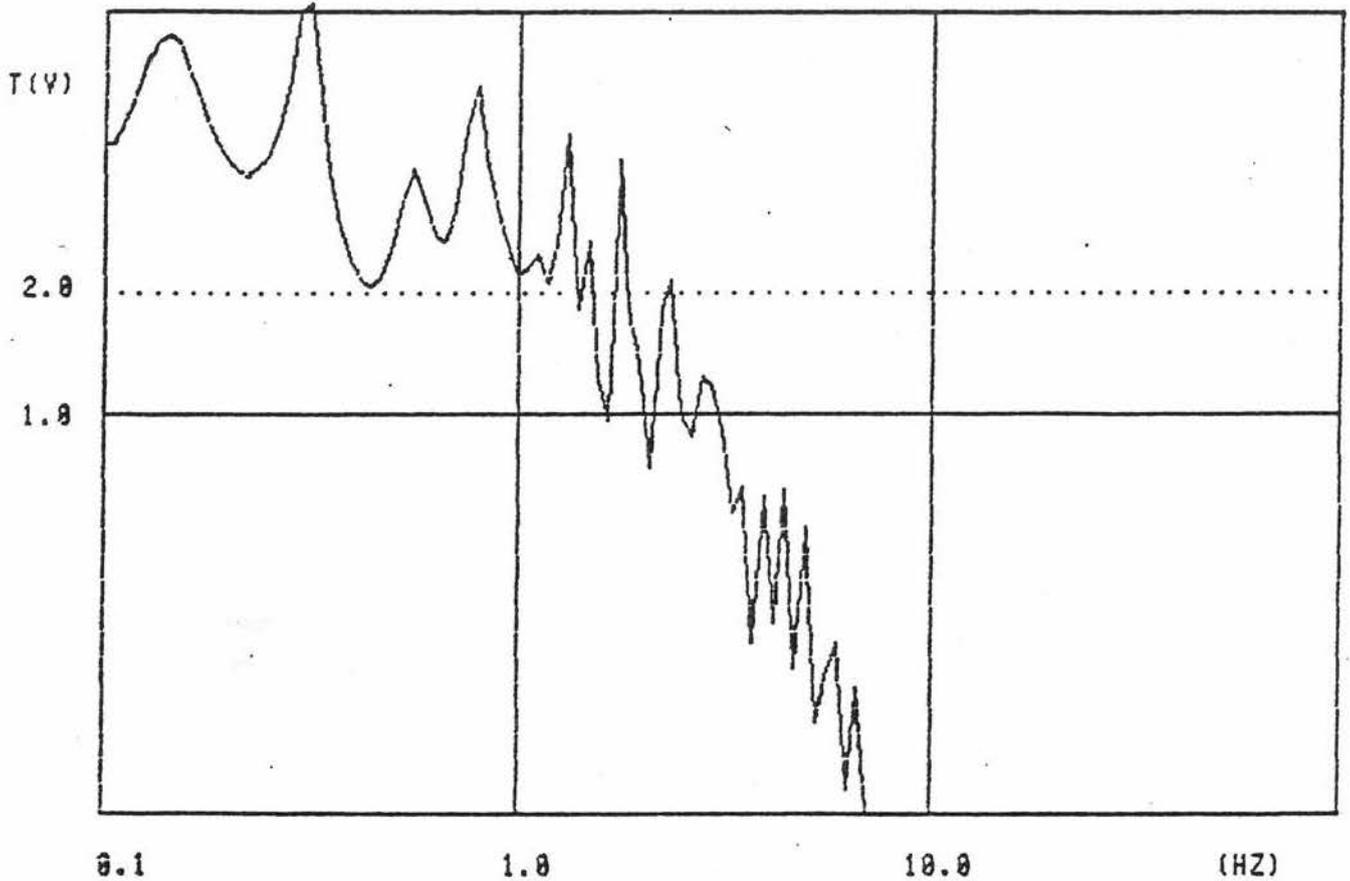
Bild 7.1 Übertragungsfunktion für den Standort Biblis bei Modellierung durch zwei Schichten über Halbraum



SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	ρ
1	600	600	10
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-HN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTe IN KG/M³ = 2666.70769
 MITTL. VS IN M/S = 3141.53846
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.06984995
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

Bild 7.2 Übertragungsfunktion für den Standort Biblis bei Modellierung durch eine Schicht über Halbraum



SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	600	600	10
2	1610	1270	20
3	230	2100	20
4	400	2200	50
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHT E IN KG/M³ = 2453.05554
 MITTL. VS IN M/S = 2494.10769
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.60614248
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

Bild 7.3 Übertragungsfunktion für den Standort Biblis bei Modellierung durch vier Schichten über Halbraum

7.3 Berechnungsverfahren

Die Ausbreitung von Wellen in einem linear-elastischen oder viskoelastischen Kontinuum kann durch SV-, P- und SH-Wellen vollständig beschrieben werden. SV- und P-Wellen treten im allgemeinen gemeinsam auf. Ihnen liegt die Betrachtung des Kontinuums im ebenen Dehnungszustand zugrunde. SH-Wellen werden als skalares Feld mit den Verschiebungen senkrecht zur betrachteten Ebene beschrieben.

Analytische Lösungen für SH-Wellen sowie SV- und P-Wellen in einem geschichteten elastischen Kontinuum wurden bereits 1950 - 1953 von Thomson und Haskell entwickelt [7.1 - 7.3].

Diese Verfahren können aber, abgesehen von einfachen Fällen, erst mit Hilfe von Computern sinnvoll angewandt werden. In einer Erweiterung für viskoelastisches Materialverhalten wird das Verfahren von Roesset und Jones [7.4 - 7.6] verwendet.

Neben der analytischen Methode können auch halbanalytische Methoden, bei denen der Boden in vertikaler Richtung diskretisiert wird, angewandt werden. Lösungen für SH- sowie SV- und P-Wellen wurden von Roesset [7.6] und Kausel und Roesset [7.7] angegeben. Rechentechnische Vorteile bringt die halbanalytische Methode bei Böden mit starker Schichtung.

Für die Ausbreitung in der Sedimentdecke werden meist vertikal propagierende Wellen angenommen. Dies erscheint gerechtfertigt, da bei hinreichend großem Unterschied der Ausbreitungsgeschwindigkeiten zwischen Grundgestein und Sedimenten (Impedanzsprung) der Einfallswinkel im Grundgestein nach dem Snell'schen Brechungsgesetz keinen großen Einfluß auf die Ausbreitungsrichtung in der Sedimentdecke hat.

Bei Berechnungen im Frequenzbereich lassen sich auch für mehrere Schichten geschlossene Lösungen angeben. Eine mögliche Vorgehensweise auf der Grundlage der angegebenen Literatur ist in Anhang 7 skizziert. Nichtlineares Materialverhalten kann hierbei wegen der Anwendung des Superpositionsprinzips nur mit Hilfe iterativ linearer Rechnungen erfaßt werden. Berechnungen im Zeitbereich werden hauptsächlich dann verwendet, wenn beliebige Materialgesetze für die Sedimentschichten berücksichtigt werden sollen und ein diskretisiertes Modell vorgegeben ist (z. B. [7.6 u. 7.8]). Daneben können iterativ lineare Rechnungen unter Verwendung äquivalenter Materialkennwerte durchgeführt werden [7.9].

7.4 Schräger Welleneinfall

Mit wachsender Epizentralentfernung und flacher werdendem Einfallswinkel der seismischen Welle nehmen die Amplituden der Übertragungsfunktion ab. Andererseits beherrschen dann zunehmend Reflexionen, später auch Oberflächenwellen (Love- und Rayleigh-Wellen) das Gesamtsignal. Die zunächst sehr starke Amplitudenabminderung wird dadurch bei Epizentralentfernungen oberhalb 20 km wieder ausgeglichen.

Da sich technisch relevante Einwirkungen eines mitteleuropäischen Bebens vorwiegend auf den Epizentralbereich ($R_E \lesssim 5\text{km}$) konzentrieren, bleiben genauere Betrachtungen dieser Effekte im allgemeinen außer acht.

Im folgenden wird näher untersucht, welchen Einfluß der Einfallswinkel der seismischen Welle im Halbraum auf die Übertragungsfunktion der Sedimentdecke haben kann und in welchen Fällen ein Abweichen von der üblichen Berechnungsmethode mit vertikal propagierenden SH-Wellen sinnvoll ist. Hierbei werden SV-, P- und SH-Wellen berücksichtigt.

Die Lösung der Bewegungsgleichungen des viskoelastischen Kontinuums kann für den ebenen Dehnungszustand (SV- und P-Wellen) im Frequenzbereich geschrieben werden (vgl. Anhang 7) [7.10 - 7.12]

$$\begin{Bmatrix} \tilde{u} \\ \tilde{w} \end{Bmatrix} (x, z, t) = \begin{Bmatrix} u \\ w \end{Bmatrix} (z) \cdot e^{i(\omega \cdot t - k \cdot x)} \quad (7.1)$$

mit

$\tilde{u}, \tilde{w}, u, w$ Verschiebungskomponenten (Bild 7.4)
 t, ω Zeit, Kreisfrequenz
 k Wellenzahl

In gleicher Weise können auch die Normalspannung $\tilde{\sigma}(x, z, t)$ und die Schubspannung $\tilde{\tau}(x, z, t)$ in die ausschließlich von der vertikalen Richtung abhängigen Spannungsgrößen $\sigma(z)$ und $\tau(z)$ überführt werden. Die Wellenzahl k bezieht sich auf die Wellenausbreitung in horizontaler Richtung. Sie steht bei einer aus dem Halbraum schräg einfallenden Welle mit dem Einfallswinkel in Beziehung. Bei einer einfallenden P-Welle gilt

$$k = \frac{\omega}{V_{P,HR}} \cdot \cos \psi_P \quad (7.2a)$$

und bei einer SV-Welle

$$k = \frac{\omega}{V_{S,HR}} \cdot \cos \psi_{SV} \quad (7.2b)$$

Hierbei bedeuten ψ_P, ψ_{SV} die Einfallswinkel und $V_{P,HR}, V_{S,HR}$ die Kompressions- bzw. Scherwellengeschwindigkeit im Halbraum.

Für eine homogene Bodenschicht können die Beziehungen zwischen den von der Vertikalen abhängigen Spannungs- und Verschiebungsgrößen als Übertragungsmatrix beschrieben werden. Ebenso läßt sich eine Übertragungsmatrix zwischen den Amplituden der einfallenden sowie der reflektierten P- und SV-Wellen und den Spannungs- und Verschiebungsgrößen an der

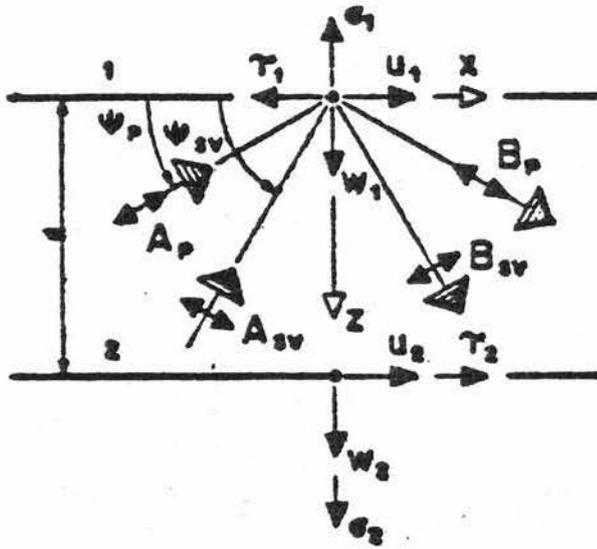


Bild 7.4 Bezeichnungen für Spannungen und Verschiebungen in einer homogenen Schicht, SV- und P-Wellen

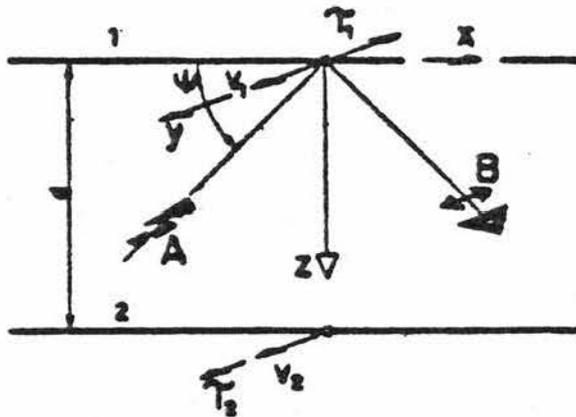


Bild 7.5 Bezeichnungen für Spannungen und Verschiebungen in einer homogenen Schicht, SH-Wellen

Halbraumoberfläche angeben (siehe Anhang 7). Damit läßt sich das Verfahren der Übertragungsmatrizen für der Fall eines geschichteten Bodens über einem homogenen Halbraum anwenden. Als Lösung erhält man die Verschiebungen an der Oberfläche des geschichteten Bodens infolge einer im Halbraum einfallenden Welle.

Für SH-Wellen ergibt sich eine ähnliche Formulierung; die Beschreibung der Verschiebungen vereinfacht sich hier zu (vgl. Bild 7.5):

$$\tilde{v}(x, z, t) = v(z) \cdot e^{i(\omega t - kx)} \quad (7.3)$$

Die Wellenzahl läßt sich für eine mit dem Winkel ψ_{SH} an der Oberfläche des elastischen Halbraums einfallende Welle beschreiben:

$$k = \frac{\omega}{v_{S,HR}} \cdot \cos \psi_{SH} \quad (7.4)$$

Die Übertragungsmatrizen für eine homogene Schicht und für den Übergang von den Wellenamplituden im Halbraum zu den Spannungs- und Verschiebungsgrößen an der Halbraumoberfläche sind in (Anhang 7) angegeben.

Am Beispiel des bereits in Abschnitt 7.2 behandelten Standorts Biblis werden die Übertragungsfunktionen für die SV- und SH-Wellen (Verschiebungen u , w und v) in Abhängigkeit des Einfallswinkels ψ getrennt ermittelt und in Bild 7.6 bis 7.8 grafisch dargestellt. Offensichtlich hat ein von der Senkrechten ($\psi = 90^\circ$) abweichender Einfallswinkel bei den Horizontalverschiebungen u und v generell eine Amplitudenabnahme, bei SV zusätzlich eine Frequenzverschiebung zur Folge. In dem für Bauwerke relevanten Frequenzbereich $f > 1$ Hz sind jedoch die Unterschiede bei Einfallswinkeln zwischen 45° und 90° relativ gering. Bei den Vertikalverschiebungen w treten deutlich Frequenzverschiebungen auf, die u. U. von Bedeutung sein könnten.

Bild 7.6 Übertragungsfunktionen für SV-Wellen (U-Komponente) mit verschiedenen Einfallswinkeln

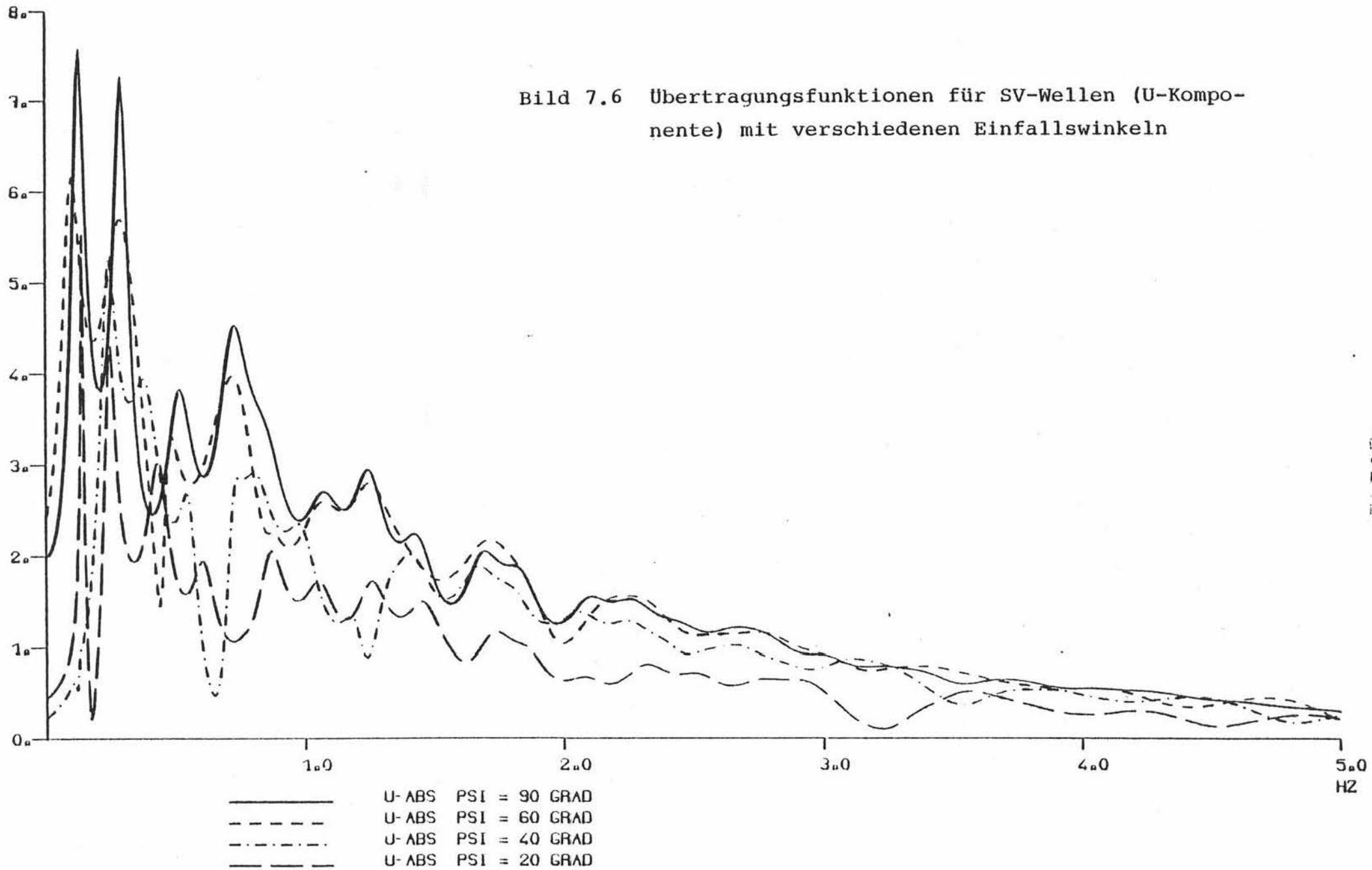
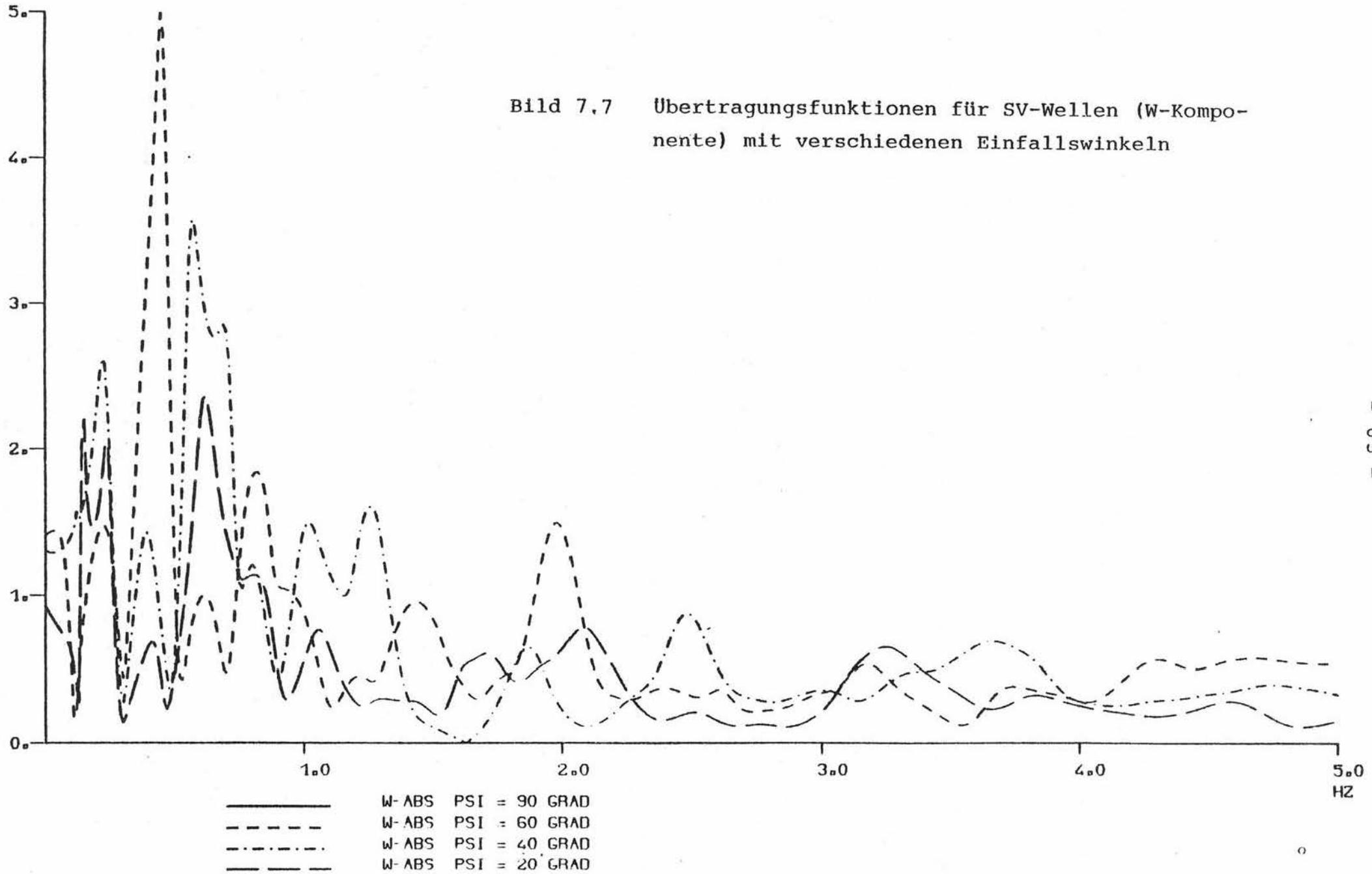
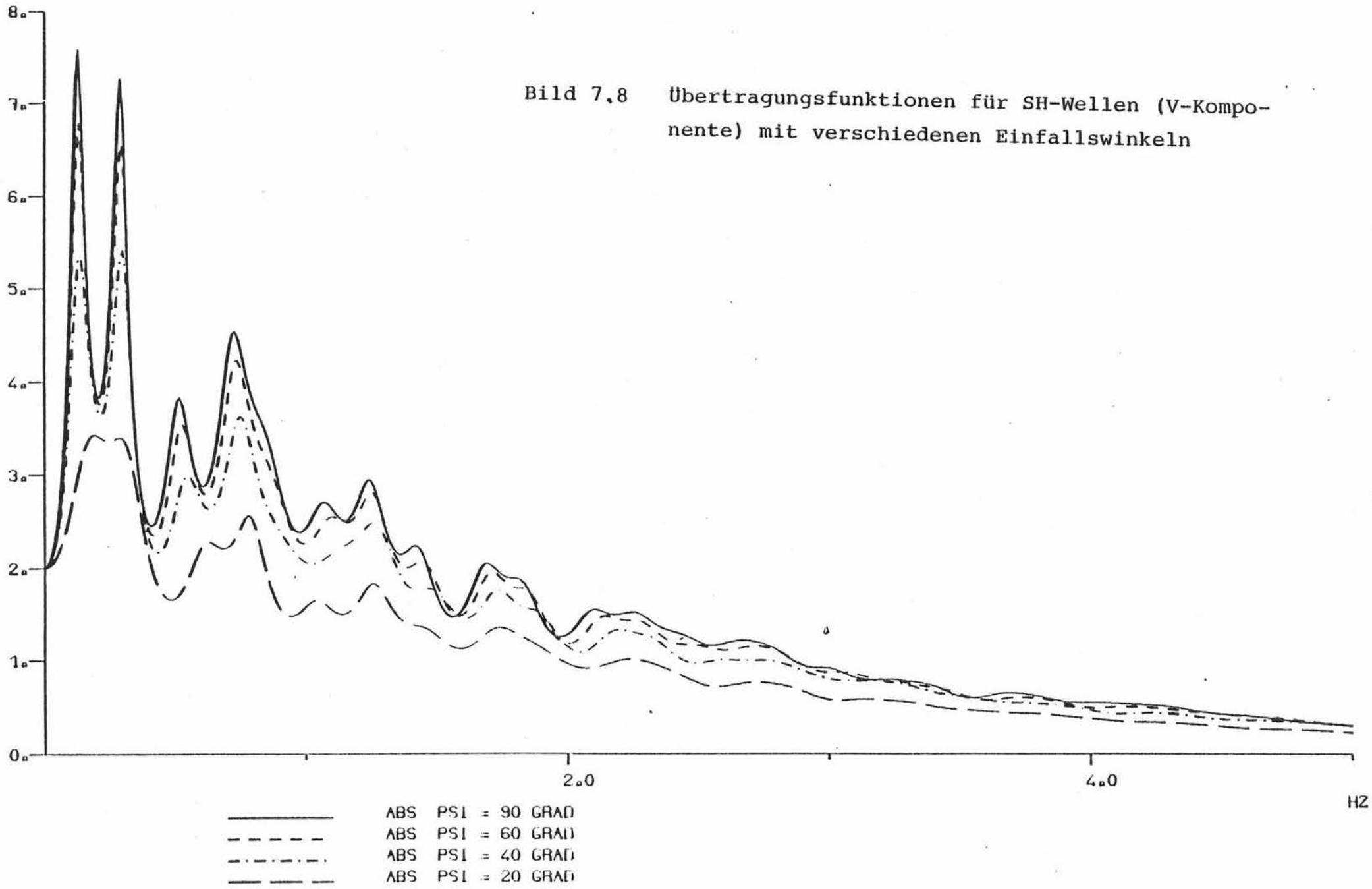


Bild 7.7 Übertragungsfunktionen für SV-Wellen (W-Komponente) mit verschiedenen Einfallswinkeln





Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Berücksichtigung des Untergrundeinflusses nach der Theorie der eindimensionalen Wellenausbreitung mit Beschränkung auf vertikal einfallende SH-Wellen für baupraktische Belange hinreichend genau ist und gegenüber vollständigen Lösungen auf der sicheren Seite liegt.

7.5 Anwendungsbeispiele

Am Beispiel von drei deutschen Standorten, die den in Abschnitt 3.4 definierten Untergrundklassen zuzurechnen sind und für die detaillierte geologische und baugrunddynamische Angaben vorlagen,

M: Jungingen

A: Leopoldshafen

R: Obrigheim (eigentlich Zwischenstufe M - R)

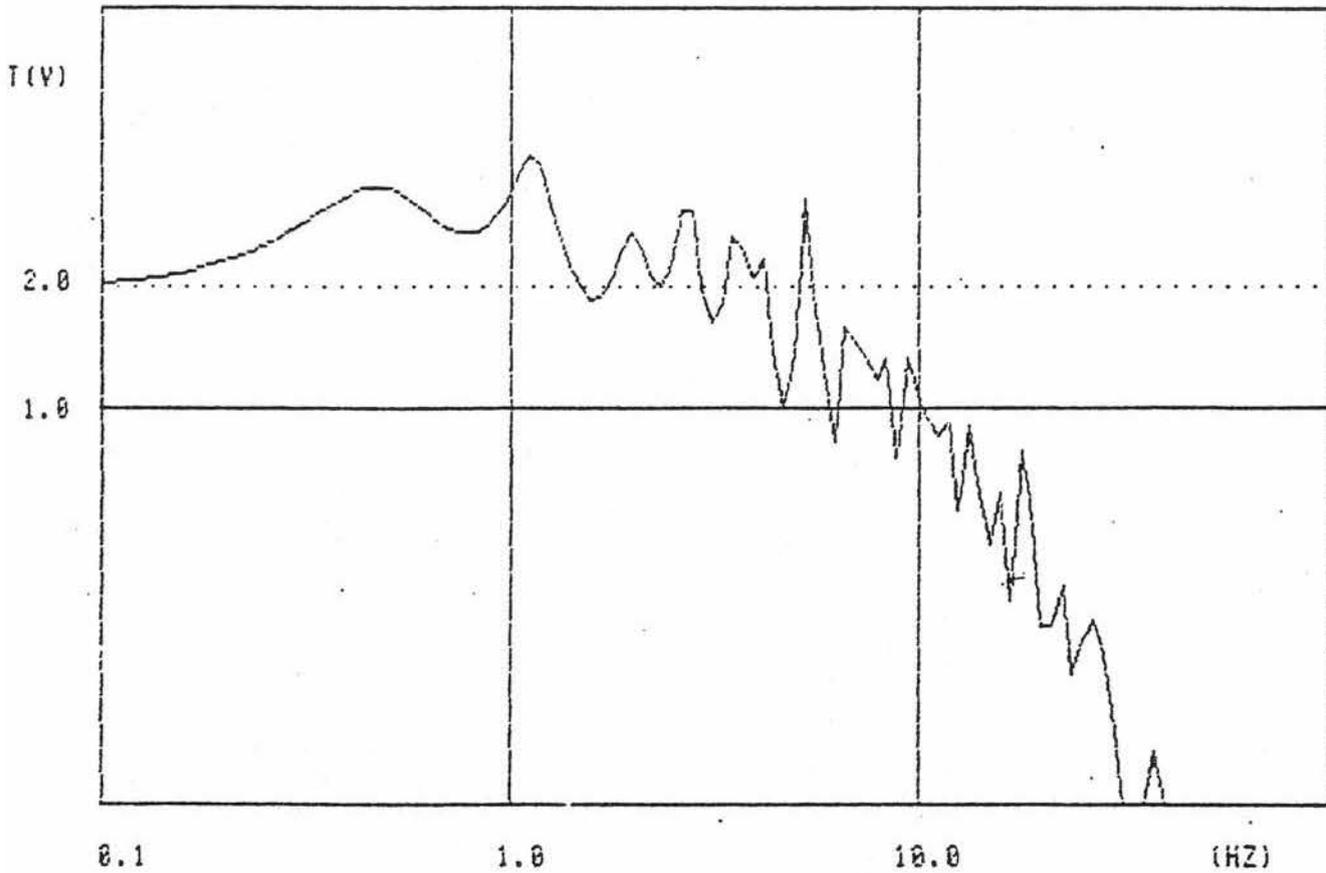
sollen im folgenden die typischen Unterschiede der Übertragungsfunktionen aufgezeigt werden.

Bei Untergrundklasse M (Bild 7.9) beginnt die Übertragungsfunktion im niederfrequenten Bereich mit 2,0 (aufsteigende und an der Oberfläche reflektierte Welle), erreicht ihr Maximum bei $f = 1 - 2$ Hz und fällt dann bis $f = 10$ Hz langsam, danach infolge der Dämpfung rasch ab.

Die Untergrundklasse A (Bild 7.10) ist durch eine starke Überhöhung im niederfrequenten Bereich mit dem Maximum bei $f = 0,1 - 0,2$ Hz gekennzeichnet. Oberhalb $f = 1$ Hz ist ein rascher Abfall der Amplituden festzustellen, so daß Frequenzen $f > 10$ Hz nur noch sehr schwach im Freifeld ankommen.

Typisch für die Untergrundklasse R (Bild 7.11) ist eine relativ schwache Überhöhung zwischen 2,0 und 4,0 im Frequenzbereich $f < 2$ Hz, ein nahezu konstanter Verlauf bis etwa $f = 10$ Hz mit einem anschließenden allmählichen Abfall.

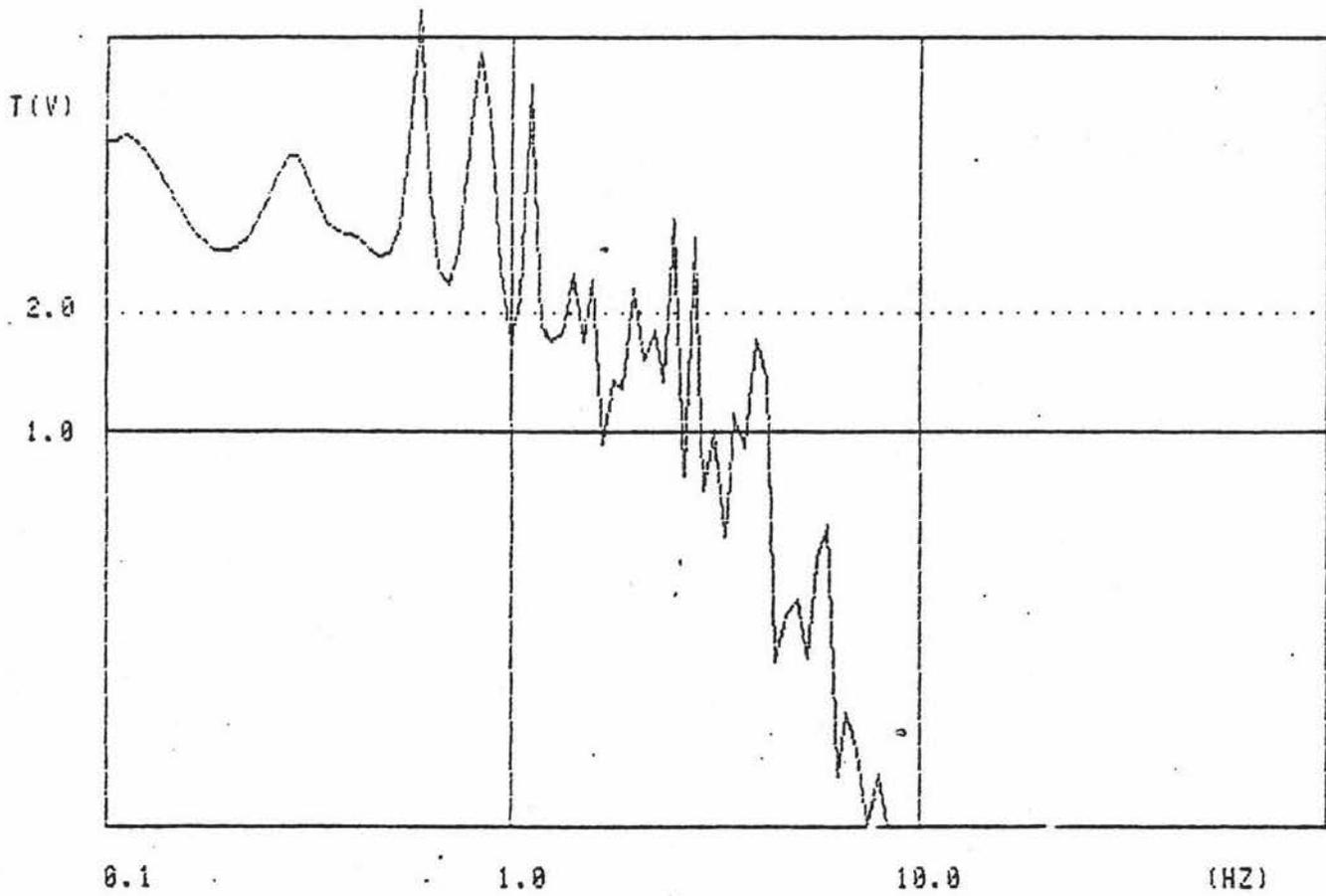
Übertragungsfunktionen für weitere deutsche Standorte sind in Anhang 8 zusammengestellt. Die Berechnungen wurden mit einem gegenüber Anhang 7 etwas vereinfachten Verfahren durchgeführt.



SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	420	1700	20
2	210	2100	20
3	130	2900	80
4	55	2100	20
5	600	2400	50
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTE IN KG/M³ = 2664.49923
 MITTL. VS IN M/S = 3134.84615
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.07346699
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

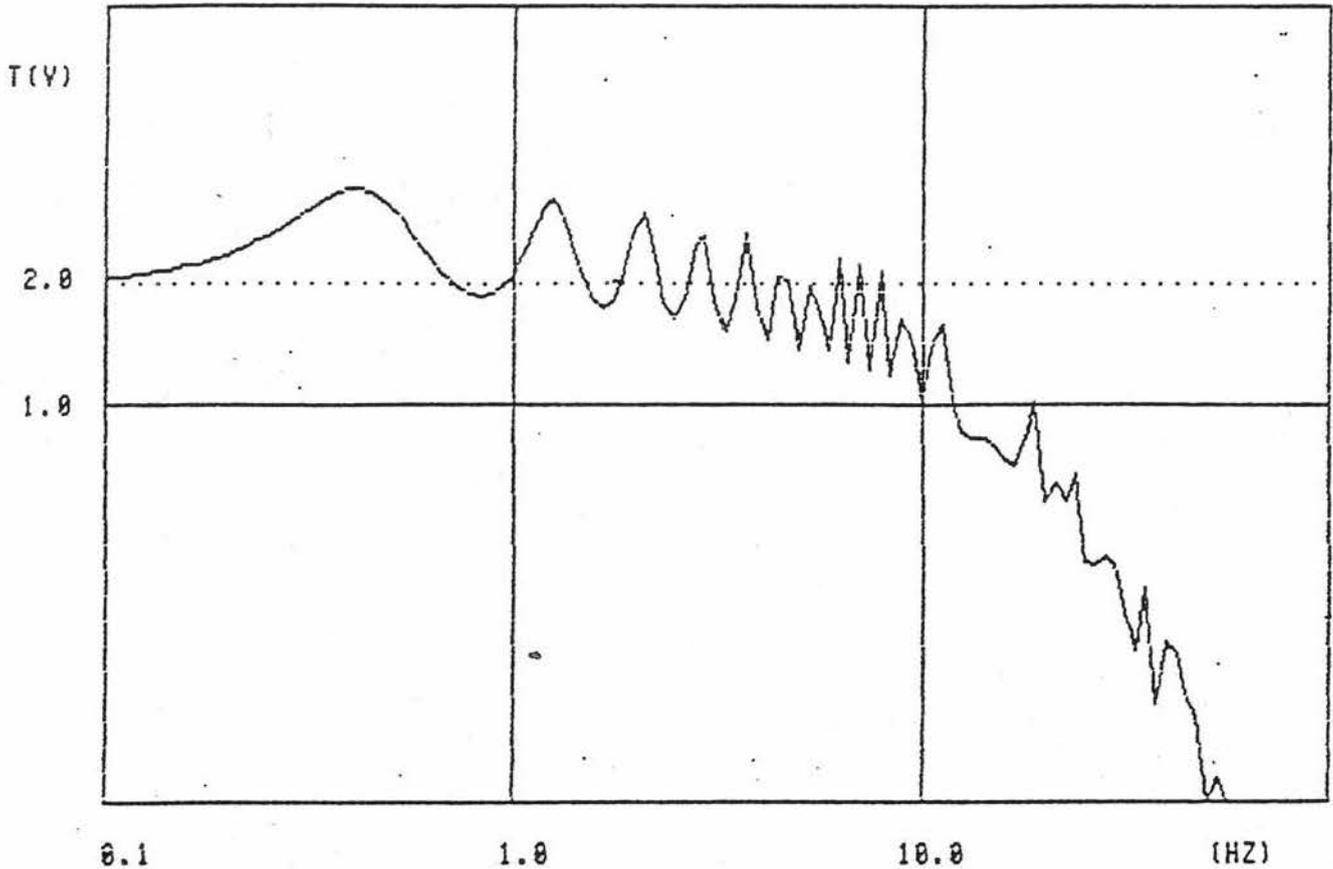
Bild 7.9 Übertragungsfunktion für den Standort Jungingen (Untergrundklasse M)



SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	195	600	10
2	1562	1270	20
3	620	2100	20
4	410	1270	20
5	600	1830	20
6	180	2480	80
7	1260	2400	50
HALERAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-MN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTE IN KG/M³ = 2349.90972
 MITTL. VS IN M/S = 2181.54462
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.97954026
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

Bild 7.10 Übertragungsfunktion für den Standort Leopoldshafen (Untergrundklasse A)



SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	150	2300	50
2	1250	2200	50
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NH = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTE IN KG/M³ = 2667.46923
 MITTL. VS IN M/S = 3143.84615
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.0675312
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

Bild 7.11 Übertragungsfunktion für den Standort Obrigheim (Untergrundklasse M - R)

8. EMPIRISCHE BASISSEKTREN

8.1 Abschätzung des Untergrundeinflusses

Die verschiedenen Phänomene beim Durchgang der seismischen Welle durch die Sedimentdecke wurden bereits in Abschnitt 7 erörtert.

Die dort qualitativ angegebenen Einflüsse lassen sich mit einigen vereinfachenden Annahmen recht gut abschätzen. Hierdurch ist es insbesondere möglich, die Anwendbarkeit vorliegender Freifeldspektren für eine bestimmte Untergrundsituation ausgehend von einem Basisspektrum zu überprüfen. Andererseits können durch Daten abgesicherte Freifeldspektren auf Festgestein- oder Basisspektren reduziert werden zum Vergleich mit analytisch ermittelten Spektren. Letzteres soll in diesem Abschnitt geschehen.

Die frequenzunabhängige Amplitudenerhöhung infolge eines Impedanzsprunges von $\rho_1 \cdot v_{S1}$ auf $\rho_2 \cdot v_{S2}$ kann bei kontinuierlichem Übergang und senkrechtem Strahleneinfall durch den Faktor

$$D' = \frac{2 \rho_1 \cdot v_{S1}}{\rho_1 \cdot v_{S1} + \rho_2 \cdot v_{S2}} \quad (8.1)$$

quantifiziert werden. Bei stetigem Geschwindigkeitsübergang (keine Reflexion) ergibt sich aus dem Energieerhaltungsgesetz

$$D'' = \left(\frac{\rho_1 \cdot v_{S1}}{\rho_2 \cdot v_{S2}} \right)^{1/2} \quad (8.2)$$

D' und D'' unterscheiden sich bei mäßigem Impedanzunterschied nur wenig, wobei D'' eine obere, D' eine untere Schranke für die Realität darstellt.

Die frequenzselektive Amplitudenanhebung durch Resonanz in der Deckschicht erfolgt bei der Resonanzfrequenz

$$f_0 = \frac{v_S}{4h} \quad (8.3)$$

wenn h die Dicke der Deckschicht ist.

Die Amplitudenabnahme durch Absorption in der Deckschicht ist durch den Faktor

$$A = \exp \left(- \frac{\pi \cdot f \cdot h}{Q_S \cdot v_S} \right) \quad (8.4)$$

gegeben; der Qualitätsfaktor Q_S (akustische Güte des Mediums) liegt bei mäßig bis schwach verfestigten Oberflächen-sedimenten zwischen 10 und 50.

Mit diesen Einflußfaktoren lassen sich die Unterschiede der in Abschnitt 3.4 definierten Untergrundklassen näher charakterisieren. Als gemeinsame Bezugsgröße wird zusätzlich eine Untergrundklasse K (Kristallin) eingeführt, für die das in Abschnitt 6 definierte Basisspektrum gelten soll.

Klasse K: Die Freifeldbewegung ist in guter Näherung durch das "Basisspektrum" multipliziert mit einem Faktor 2 für die Reflexion an der freien Oberfläche zu beschreiben. Umgekehrt kann aus Strong motion-Seismogrammen am Standort der Klasse K unmittelbar das Basisspektrum abgeleitet werden.

Klasse R: Entsprechend Gl.(8.2) folgt die Freifeldbewegung in Klasse R durch frequenzunabhängige Multiplikation des Freifeldspektrums der Klasse K mit D'' . Mit den in Abschnitt 3.4, Tabelle 3.1, angegebenen Rechenwerten der Klassen K und R ergibt sich $D'' \approx 1,25$.

Klasse M: Die Freifeldbewegung der Klasse K wäre nach Gl.(8.2) bei Einsetzen der Rechenwerte der Tabelle 3.1 mit $D'' \approx 2,2$ zu multiplizieren. Dies wird in der Regel durch erhöhte Absorption in der Deckschicht mindestens zum Teil wieder aufgehoben. So ist z. B. für $h = 1$ km und $Q_S = 30$ nach Gl.(8.4),

$$A = \exp(-0,12f).$$

Der Gesamteinfluß ist für die gewählten Zahlenwerte als Funktion der Frequenz in Bild 8.1 skizziert.

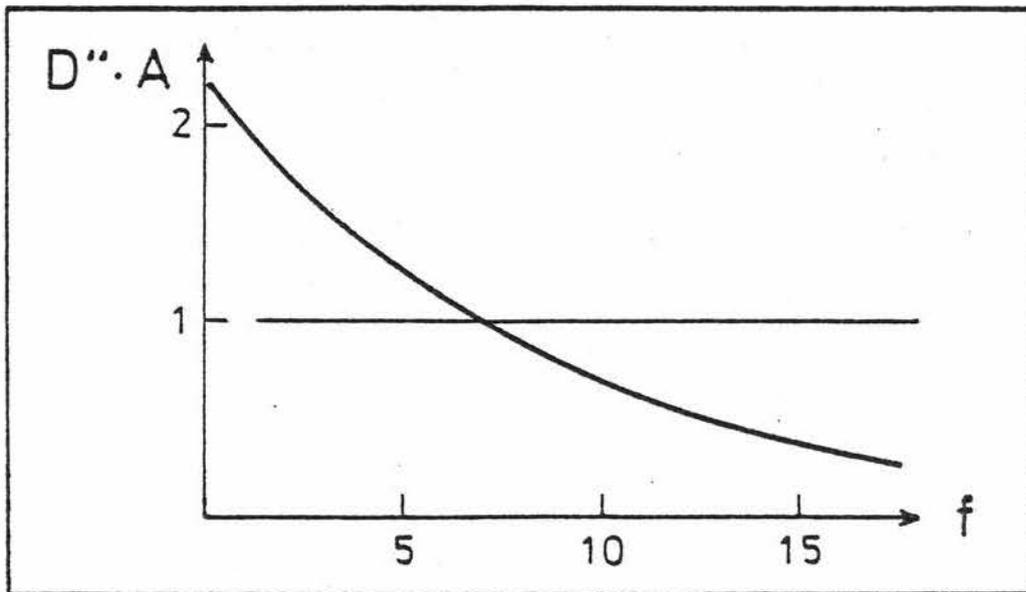


Bild 8.1 Einfluß von Amplitudenerhöhung und Absorption beim Übergang von Klasse K nach Klasse M

Es ist zu erwarten, daß bei Freifeldspektren der Untergrundklasse M die spektralen Amplituden bevorzugt im tieferen und mittleren Frequenzbereich gegenüber den Klassen K und R angehoben werden. Dies bestätigt sich auch qualitativ beim Vergleich der entsprechenden Bilder in Abschnitt 4.2.

Klasse A: Alluvium Lockersedimente können bei mittleren Schichtdicken $10 < h < 50$ m von etwa einem Drittel der Resonanzfrequenz (Gl.(8.3))

$$f_0 = \frac{300}{4 \cdot h} = 1,5 - 7,5 \text{ Hz}$$

an frequenzselektiv zu beträchtlichen Amplitudenüberhöhungen führen, wobei die mittlere Amplitudenüberhöhung infolge des Impedanzsprungs zum Liegenden dem Faktor D' nach Gleichung (8.1) entspricht. Es ist bekannt, daß z. B. Talsohlen mit dünner Alluvialbedeckung des Grundgebirges zu lokal hohen seismischen Intensitäten führen [8.1]. Sehr dünne Lockerbodenbedeckung (< 5 m) folgt der Bewegung des Liegenden ohne wesentliche Beeinflussung der Schwingungsamplitude. Bei sehr mächtiger Lockerbodenbedeckung kann die anelastische Absorption als Tiefpaßfilter wirken und Resonanzschwingungen unterdrücken.

Strong motion-Seismogramme von Standorten mit Untergrundklasse A können aus den genannten Gründen nur bedingt zur Ermittlung von Basisspektren verwendet werden. Für Bauten an typischen Standorten der Klasse A empfiehlt sich zur Abschätzung der Freifeldbewegung die Multiplikation von Basisspektren mit dem Impedanzverhältnissfaktor (GL (8.2)) für die Rechenwerte der Tabelle 3.1

$$D'' = 2 \left(\frac{3,2 \cdot 2,7}{0,3 \cdot 1,8} \right)^{1/2} = 8$$

wobei der Faktor 2 wieder durch die Reflexion an der freien Oberfläche bedingt ist.

8.2 Einfluß des sedimentären Festgesteins

Das ursprüngliche Konzept dieser Studie ging von der Voraussetzung aus, daß hinreichende geologisch-geophysikalische Informationen bis hinunter zum kristallinen Grundgebirge vorliegen. Deshalb wurde das Standard-Anregungsspektrum auch zunächst als Kristallin-Spektrum bezeichnet. In fast allen bisher praktisch aufgetretenen Fällen jedoch war diese Voraussetzung nicht erfüllt. Bohrungen und oberflächennahe sprengseismische Untersuchungen enden, selbst unter günstigen Umständen, meist im sedimentären Festgestein. Es stellt sich also die Frage, inwieweit ein "Kristallin-Spektrum" durch kompaktes sedimentäres Festgestein von der Kristallin-Oberkante bis zur geophysikalisch erschlossenen "Basis" der Sedimentdecke des Standorts verändert wird. Zu diesem Zweck wurden für senkrecht einfallende S Wellen mit dem Thomson-Haskell Algorithmus die Durchlaßfunktionen für verschiedene sedimentäre Festgesteinsmodelle berechnet. Eine Auswahl der Ergebnisse enthält Anhang 9.

Die Oszillationen des Durchlaß-Spektrums sind, wie zu erwarten, am stärksten, wenn der Übergang vom Kristallin ($V_S = 3,2 \text{ km/s}$, $\rho = 2,8 \text{ g/cm}^3$) zu den Decksedimenten ($V_S = 1,2 \text{ km/s}$, $\rho = 2,2 \text{ g/cm}^3$) über nur eine Festgesteinschicht ($V_S = 1,75 \text{ km/s}$, $\rho = 2,4 \text{ g/cm}^3$) mit relativ starken Geschwindigkeitssprüngen erfolgt (Modell 1 in Anhang 9). Dann kommt es zu Resonanzschwingungen in dieser Schicht. Jedoch variiert die Durchlaßfunktion (Bewegungsamplitude an der Oberkante des Festgesteins zur Bewegungsamplitude an der Oberkante Kristallin) nicht mehr als $\pm 10 \%$ um einen frequenzunabhängigen Mittelwert, der sich auf einfache Weise aus dem Durchlaßfaktor nach Gl. (8.1) berechnet

$$D' = \frac{2 \cdot \varrho_K \cdot v_{SK}}{\varrho_K \cdot v_{SK} + \varrho_B \cdot v_{SB}} \quad (8.5)$$

Die Indizes bedeuten: S = Scherwellen, K = Kristallin, B = Basisfestgestein.

Erfolgt der Übergang vom Kristallin zur Basis der Decksedimente jedoch stetig über einen Tiefenbereich von wenigen Kilometern, so schwankt die Durchlaßfunktion (Modell 4, Anhang 9) nur ganz wenig um den Wert, der sich bei Erhaltung des Energieflusses vom Kristallin zur Basis der Decksedimente durch Gl.(8.2) ergibt

$$D'' = \left(\frac{\varrho_K \cdot v_{SK}}{\varrho_B \cdot v_{SB}} \right)^{1/2} \quad (8.6)$$

Es genügt also offenbar, die Wirkung einer Schicht kompakten sedimentären Festgesteins durch einen frequenzunabhängigen Faktor zu berücksichtigen.

Analog zu den Überlegungen in Abschnitt 8.1 ergibt die Multiplikation des Kristallin-Spektrums mit D'' den Maximalwert und die Multiplikation mit D' den Minimalwert für das "Basis"-Spektrum, sofern $\varrho_K \cdot v_{SK}$ die akustische Impedanz des Kristallin und $\varrho_B \cdot v_{SB}$ diejenige des Festgesteins ist.

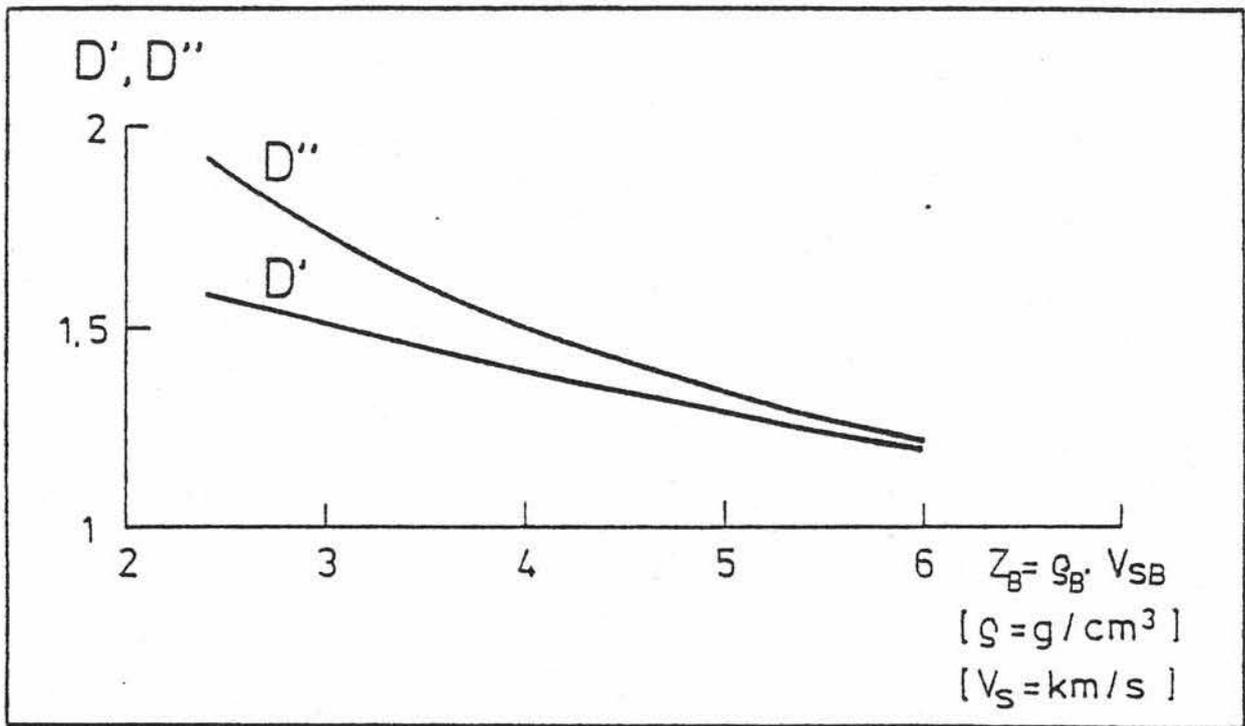


Bild 8.2 Faktoren D' und D'' beim Übergang vom Kristallin zum Festgestein

In Bild 8.2 sind für die Impedanz des Kristallin $Z_K = \rho_K \cdot V_{SK} = 9$ und verschiedene Impedanzwerte $Z_B = \rho_B \cdot V_{SB}$ für das "Basis"-Festgestein die Faktoren D' bzw. D'' aufgetragen. Man sieht, daß sich nur für sehr hohe Impedanzkontraste D' und D'' signifikant unterscheiden. Da anzunehmen ist, daß in der Regel die Struktur des Basis-Sedimentgesteins zwischen derjenigen einer homogenen Einzelschicht und derjenigen eines gleichmäßigen Impedanz-Gradienten liegt, wird vorgeschlagen, den Mittelwert von D' und D'' zur Berechnung des "Basis"-Spektrums aus dem "Kristallin"-Spektrum zu benutzen. In dieser Betrachtung ist die Absorption in den sedimentären Festgesteinen so behandelt wie diejenige im Kristallin.

8.3 Fourier-Betragspektren für Festgestein

Sozusagen als "Abfallprodukt" der statistischen Auswertungen von Freifeldspektren können aus der Bodenklasse R wertvolle Informationen über die Erdbeben-Erregung im Festgestein ge-

wonnen werden. Zu diesem Zweck wurden die Fourier-Betragspektren der Beschleunigung statistisch ausgewertet. Sie entsprechen nach Abschnitt 2 etwa den Pseudogeschwindigkeits-Antwortspektren für eine Dämpfung $D = 0 \%$. Die Ergebnisse für die drei Intensitätsklassen sind in Bild 8.3 bis 8.5 geplottet. Man erkennt den für Felsregistrierungen typischen breiten Frequenzgehalt. Im hohen Frequenzbereich sind die Fourier-Betragspektren "unruhiger" als die Geschwindigkeits-Antwortspektren.

Auch bei den Fourierspektren ist noch eine Skalierung auf die Mitte der Intensitätsklassen erforderlich; der Faktor F ergibt sich analog Abschnitt 4.1 mit den bereits bei den Freifeld-Antwortspektren der Untergrundklasse R angegebenen Zahlenwerten.

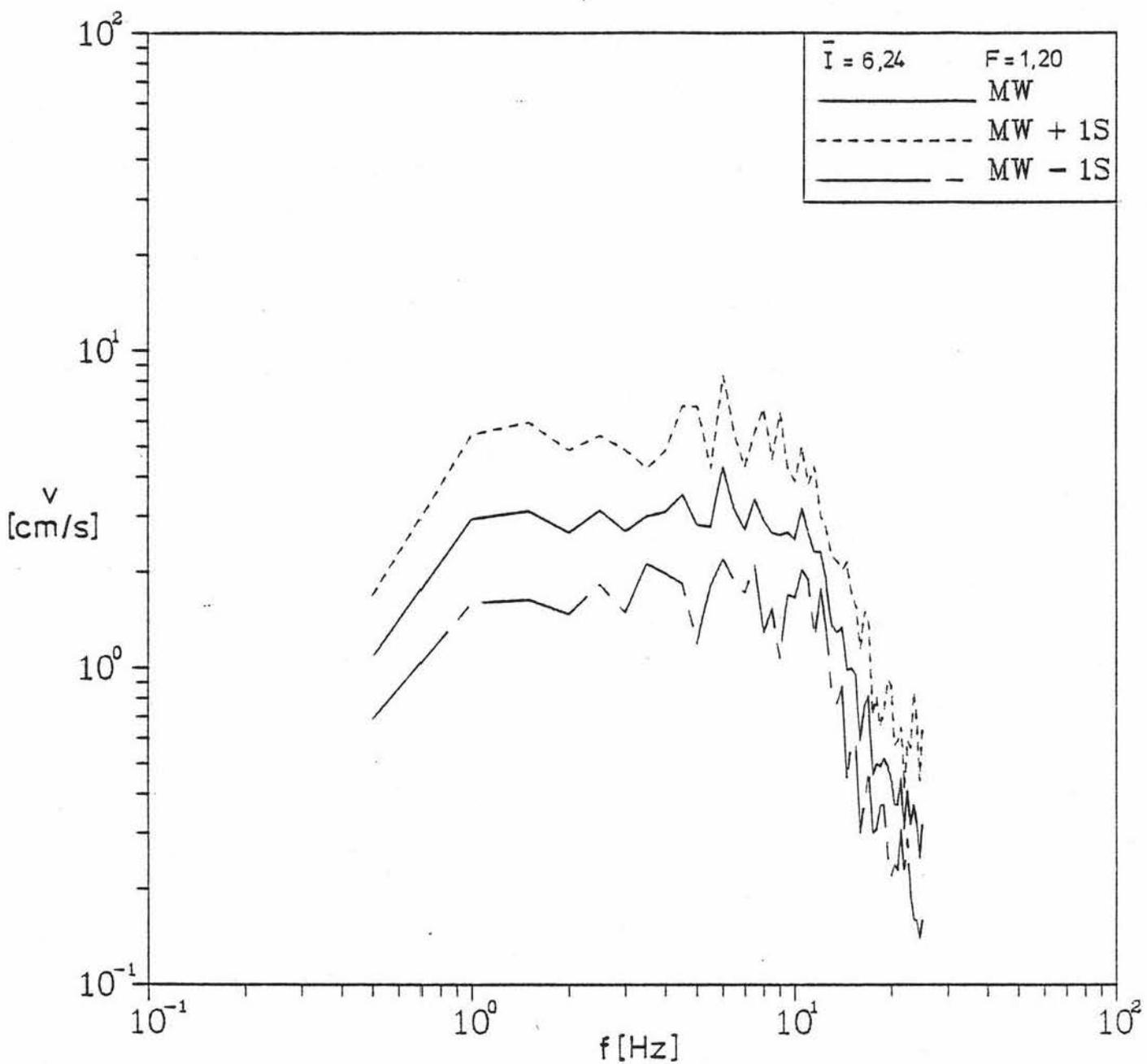


Bild 8.3 Fourier-Betragsspektrum der Beschleunigung für Festgestein und Intensitätsklasse 1

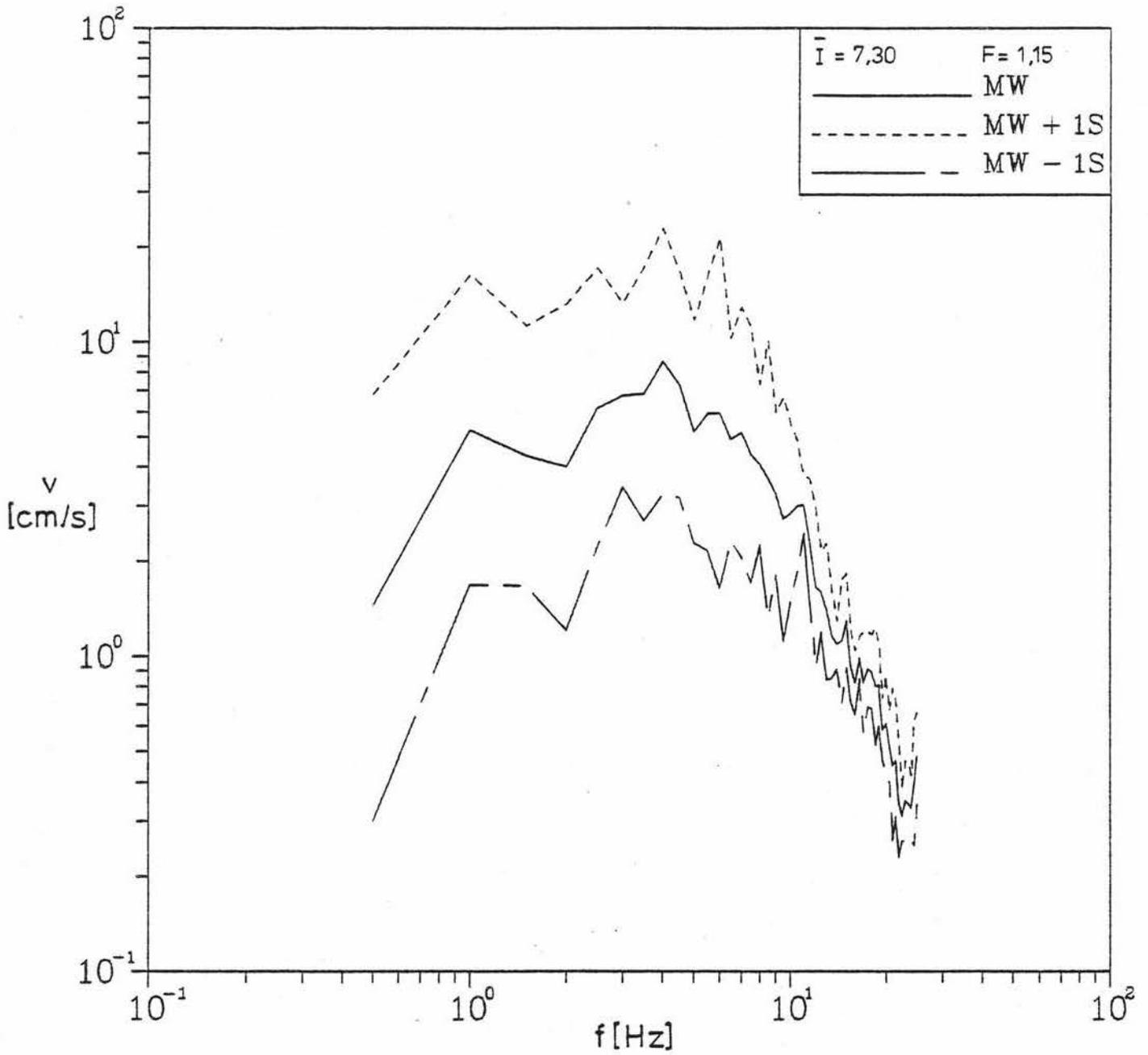


Bild 8.4 Fourier-Betragspektrum der Beschleunigung für Festgestein und Intensitätsklasse 2.

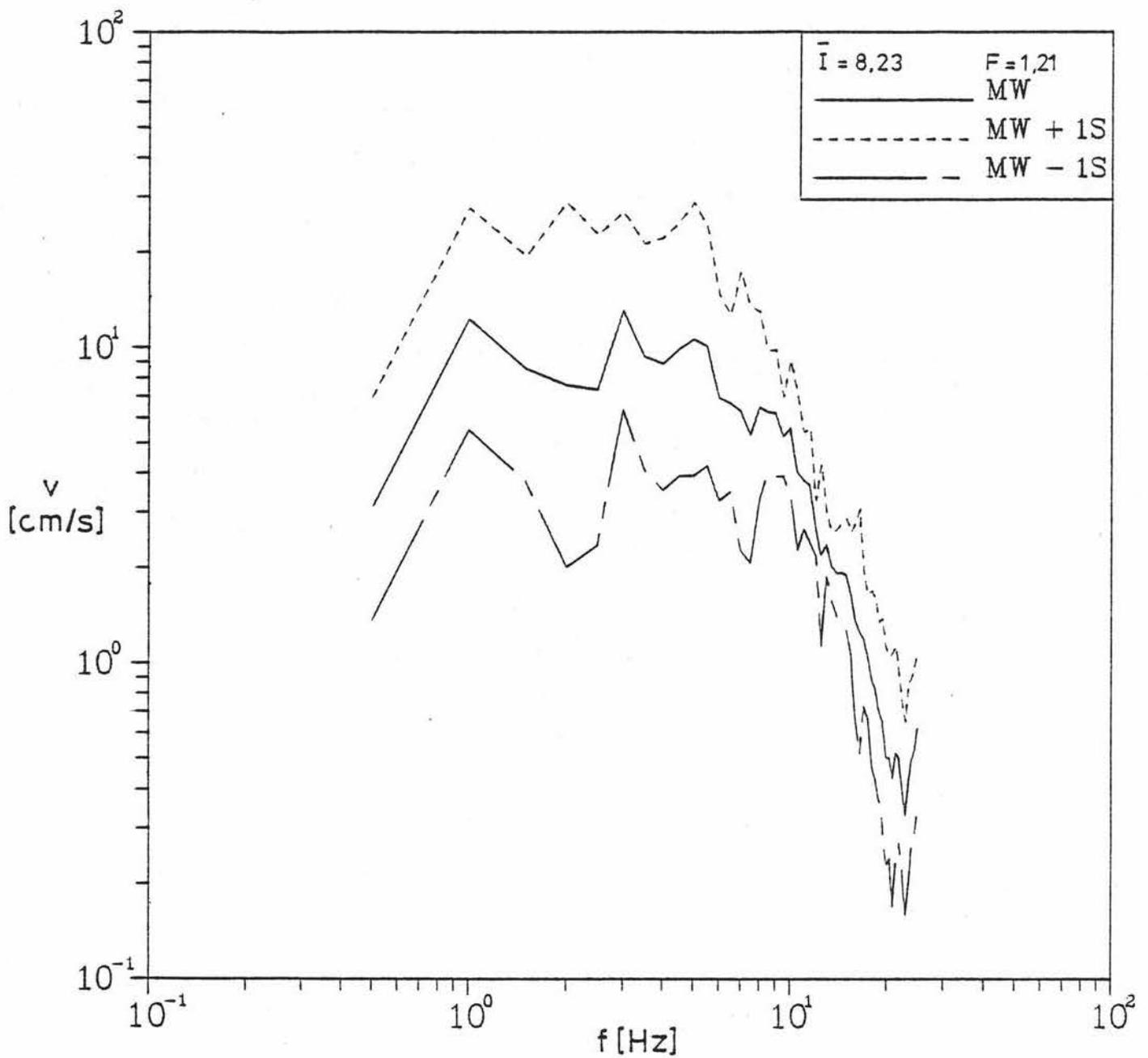


Bild 8.5 Fourier-Bestragsspektrum der Beschleunigung für Festgestein und Intensitätsklasse 3

8.4 Intensitätsabhängige Basisspektren

Nach Abschnitt 8.2 liegen die Amplituden der im Abschnitt 8.3 statistisch ermittelten Festgesteinsspektren etwa um den frequenzunabhängigen Durchlaßfaktor $\bar{D} \approx \frac{1}{2} (D' + D'') \approx 1,25$ höher als die des zugehörigen Kristallinspektrums. Zum Vergleich mit den synthetischen Basisspektren in Abschnitt 6, die für die Kristallinoberfläche definiert sind, ist demnach eine Reduktion der Fourier-Betragspektren mit dem Faktor $1/\bar{D} = 0,8$ erforderlich.

Außerdem gelten die Festgesteinsspektren für das Freifeld und enthalten somit auch den Anteil der an der Bodenoberfläche reflektierten seismischen Welle. Bei Beschränkung auf die in die Sedimentdecke einfallende Welle reduzieren sich die Spektralampplituden weiter auf die Hälfte.

Folglich ergeben sich empirische intensitätsabhängige Basisspektren aus den Fourier-Betragspektren für Festgestein durch Multiplikation mit einem Faktor $0,8 \cdot 0,5 = 0,4$. Die so modifizierten 84 %-Fraktile-Spektren sind in Bild 8.6 gezeichnet. Ein Vergleich mit den in Bild 6.4 dargestellten Basisspektren zeigt eine gute Übereinstimmung des Spektrums für die mittlere Intensitätsklasse ($I = 7,5$) mit dem synthetischen Spektrum des Baseler Bebens im maßgebenden Frequenzbereich $f = 1 - 5$ Hz; das empirische Spektrum für $I = 6,5$ liegt etwas unter dem synthetischen Spektrum des Groß-Gerau-Bebens. Durch die Einhüllung sowohl flacher kleiner, als auch tiefer starker Beben weisen die synthetischen Basisspektren einen etwas breiteren Frequenzgehalt auf als die aus den Beobachtungen abgeleiteten Spektren. Dies bleibt jedoch ohne Einfluß auf die Bauwerksauslegung.

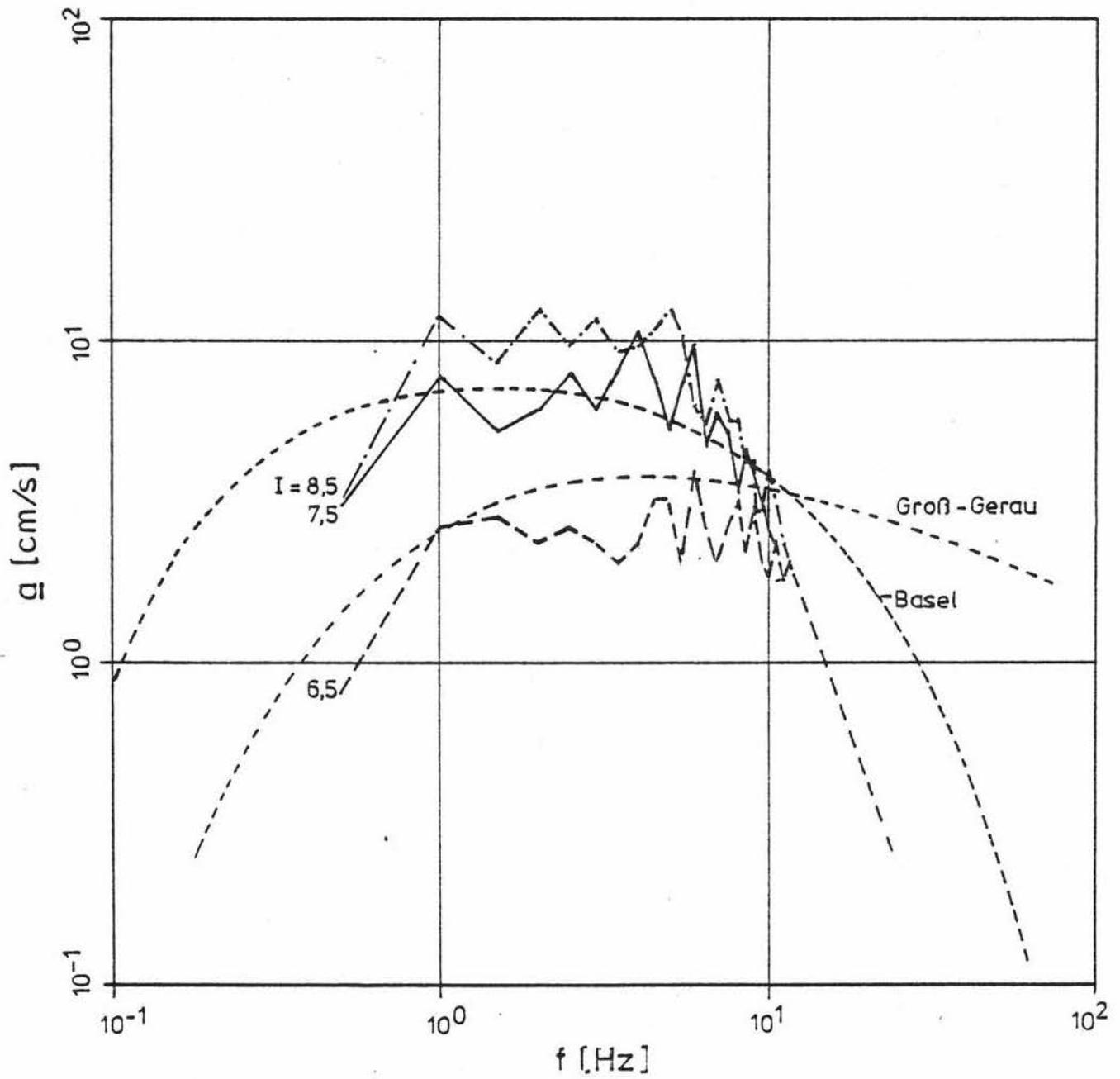


Bild 8.6 Vergleich empirischer 84 %-Fraktile-Basispektren mit den synthetischen Basispektren gemäß Bild 6.4

9. ERDBEBENZONENKARTE

9.1 Datenbasis

Die wichtigste Datenbasis für die Seismizitätsanalyse und die seismologische Regionalisierung bildet der von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) unter der Federführung von G. Leydecker und unter Mitarbeit aller deutschen seismologischen Forschungsinstitute zusammengestellte Erdbebenkatalog. Dieser umfaßt den Zeitraum von etwa 1000 n. Chr. bis 1979 und wird jährlich ergänzt. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens wurde der Leydecker-Katalog überarbeitet und durch Erdbeben aus den Nachbargebieten der Bundesrepublik (Belgien, Niederlande, Frankreich, Schweiz, Österreich, DDR) ergänzt. Der überarbeitete Katalog enthält nun 1732 Erdbeben, welche den Magnitudenbereich von $2 \leq M_L^{*}) \leq 6,5$ und den Intensitätsbereich $II \leq I_0 \leq X$ MSK Skala überdecken. Die stärksten Ereignisse wurden nicht im Bereich der Bundesrepublik, sondern im benachbarten Ausland ausgelöst (Schweiz, Österreich, Italien). Das Datenformat des Kataloges wurde so abgeändert, daß es mit den in Bensberg zur Verfügung stehenden Rechensystemen und Programmen verarbeitet werden kann. Zur Erleichterung der gebietsmäßigen Auswertung wurden die Herdangaben auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem (UTM-Gitter) umgerechnet. Einen Eindruck vom Aufbau des Kataloges vermittelt die in Tabelle [9.1] exemplarisch dargestellte Katalogseite. Neben Datum, Herdzeit, UTM-Koordinaten des Epizentrums, Herdtiefe (beides in km mit Angabe des geschätzten Fehlers σ) sind die Lokalbebenmagnitude M_L und die makroseismische Intensität im Epizentrum I_0 (MSK-Skala) sowie die Radien des Schadensgebietes (R6) und des fühlbar erschütterten Gebietes (R2R, beide in km) aufgeführt. Die Codezahl in der letzten Spalte gibt einen Hinweis auf die Zugehörigkeit zu einer bestimmten seismotektonischen Region und auf die Entstehungsur-

*) In diesem Abschnitt wird noch die alte Bezeichnung M_L anstelle von MWA verwendet.

Bild 9.1 Eine Seite aus dem Erdbebenkatalog, welcher insgesamt 1732 Ereignisse für den Zeitraum 1000 - 1979 umfaßt und auf Datenträgern abgespeichert ist.

SEITE 10

DATUM		HERDZEIT			EPIZENTRUM			TIEFE			MAG INT			GEBIET			CODE
JJJJ	MM	DD	HH	MM	SS.S	RRR.R	HHHH.H	Q	TT.T	Q	M.M	I.I	R6	R2R	AA	EEEEEEEEEEEEERKKT	
1902	09	10	22	50	00.0	1067.	5345.5	0	00.0	0*3.4	5.0	00	000	00	MANNERSDORF	86T	
1902	10	01	22	40	00.0	1043.	5287.4	0	00.0	0*3.4	5.0	00	000	00	W.NEUSTADT	86T	
1902	10	03	20	45	00.0	498.8	5357.3	0	04.0	2*3.4	5.0	00	027	00	HECHINGEN	73T	
1902	10	09	14	38	00.0	500.0	5359.1	0	08.0	4*3.7	4.5	00	037	00	HECHINGEN	73T	
1902	11	26	12	15	00.0	774.1	5512.3	2	09.0	0	4.3	6.0	00	040	00	TACHAU	99T
1903	01	25	09	45	00.0	439.1	5437.3	0	02.0	1*2.8	5.0	00	010	00	KANDEL	53T	
1903	01	25	09	45	00.0	439.1	5437.3	6	00.0	0	3.5	5.0	00	000	00	KANDEL	53T
1903	01	25	13	45	00.0	439.1	5437.3	0	00.0	0*3.7	4.0	00	000	00	KANDEL	53T	
1903	01	25	15	00	00.0	439.1	5437.3	0	00.0	0*3.7	4.0	00	000	00	KANDEL	53T	
1903	01	25	00	30	00.0	439.1	5437.3	0	00.0	0*3.7	4.0	00	000	00	KANDEL	53T	
1903	01	26	16	00	00.0	439.1	5437.3	6	03.0	3*3.6	5.5	00	050	00	KANDEL	53T	
1903	01	26	16	45	00.0	439.1	5437.3	0	05.0	3*3.6	5.5	00	040	00	KANDEL	53T	
1903	01	31	23	30	00.0	583.5	5217.1	0	00.0	0*3.4	5.0	00	000	00	ARLBERG	86T	
1903	02	21	21	09	00.0	728.0	5576.9	2	05.0	4*4.7	6.0	00	070	00	BRAMBACH	94T	
1903	02	25	23	12	00.0	735.1	5577.2	3	00.0	0*4.4	5.5	00	000	00	ADORF	94T	
1903	03	05	04	45	00.0	439.1	5437.3	0	02.0	1*2.8	5.0	00	010	00	KANDEL	53T	
1903	03	05	20	37	00.0	749.1	5583.4	2	10.0	0*4.9	6.5	00	135	00	ASCH	94T	
03	03	06	04	57	00.0	749.1	5583.4	3	11.0	0*4.5	5.5	00	120	00	ASCH	94T	
1903	03	19	23	57	00.0	1004.	5294.9	0	00.0	0*3.4	5.0	00	000	00	MUERZZUSCHLAG	86T	
1903	03	22	06	08	00.0	439.1	5437.3	4	03.0	2*4.3	7.0	06	040	10	KANDEL	53T	
1903	03	26	10	10	00.0	439.1	5437.3	6	00.0	0*3.0	4.5	00	000	00	KANDEL	53T	
1903	03	29	20	30	00.0	500.0	5346.2	0	09.0	5*3.8	4.5	00	047	00	TRILFINGEN	73T	
1903	04	27	16	08	00.0	742.8	5566.4	3	00.0	0*4.2	5.0	00	000	00	RADIUMBAD	94T	
1903	07	21	18	58	00.0	448.3	5427.9	0	00.0	0*3.7	4.0	00	000	00	KARLSRUHE	53T	
1903	07	22	18	30	00.0	439.1	5437.3	6	03.0	3*3.2	4.5	00	040	00	KANDEL	53T	
1903	08	11	05	30	00.0	612.6	5410.3	2	00.0	0*2.5	4.0	00	009	00	NOERDLINGEN	75T	
1903	11	12	09	30	00.0	960.0	5368.9	0	00.0	0*3.4	5.0	00	000	00	NEUKIRCHEN	86T	
1903	12	14	22	21	00.0	711.4	5253.8	0	00.0	0*3.4	5.0	00	000	00	JENBACH	86T	
1903	12	15	00	00	00.0	557.0	5576.3	2	00.0	0*2.4	3.5	00	007	00	BRUECKENAU	00T	
1903	12	15	00	00	00.0	571.6	5632.0	2	01.0	1*2.1	4.0	00	000	00	VACHA	00T	

sachen des Erdbebens (T = tektonische Erdbeben, E = Einsturzbeben, B = bergbaulich bedingtes Ereignis, usw.).

Von wesentlicher Bedeutung für die Ermittlung des lokalen und regionalen Erdbebengefährdungspotentials ist eine möglichst zuverlässige und über den Beobachtungszeitraum möglichst einheitliche stärkemäßige Skalierung der Erdbeben im Hinblick auf die makroseismische Intensität im Epizentrum, die Lokalbebenmagnitude und auf die Abnahme der makroseismischen Intensität mit der Entfernung vom Epizentrum. Außerdem sind Abschätzungen von bestimmten seismotektonischen Herdparametern, welche den Frequenzinhalt der abgestrahlten seismischen Wellen beeinflussen (z. B. Herdmoment, Radius der Herdfläche), von Interesse.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde deshalb versucht, aus den makroseismischen und instrumentellen Beobachtungsdaten von gut untersuchten mitteleuropäischen Erdbeben ein einheitliches System von empirischen Beziehungen abzuleiten, welches eine Umrechnung zwischen den die Stärke eines Erdbebens charakterisierenden Parametern ermöglicht. Bild 9.1 zeigt die Abnahme der makroseismischen Intensität mit der Herdentfernung, abgeleitet aus den mittleren Isoleistenradien von 19 gut beobachteten Erdbeben des Zeitraums 1846 - 1965. Die Daten sind auf die Einheitsintensität $I_{10 \text{ km}}$ normiert, die in 10 km Abstand vom Herd (Hypozenentralabstand mit Berücksichtigung der Herdtiefe) auftritt. Die Intensitätsabnahme läßt sich in Anlehnung an die theoretische Abnahmeformel von Sponheuer [9.2] durch folgende Beziehung darstellen:

$$I(R) = I_{10 \text{ km}} + 3 - 3 \log (R) - 1,3 \cdot \alpha \cdot (R-10) \quad (9.1)$$

Dabei bedeuten: $I(R)$ = makroseismische Intensität nach MSK-Skala, beobachtet in der Entfernung R (km) vom Herd

- R = Herdentfernung (Hypozentralentfernung) in km
 $I_{10 \text{ km}}$ = makroseismische Intensität in 10 km Herdentfernung
 α = Absorptionskoeffizient in km^{-1}
(normal 0,001 - 0,005)

Bild 9.2 zeigt den aus den Beobachtungen abgeleiteten Zusammenhang zwischen der makroseismischen Intensität $I_{10 \text{ km}}$ in 10 km Herdentfernung und der instrumentell bestimmten Lokalbebenmagnitude M_L für insgesamt 25 Erdbeben in Mitteleuropa, wobei auch die Schadenbeben von Euskirchen 1951 ($M_L = 5,7$), Albstadt 1978 ($M_L = 5,7$) und Friaul 1976 ($M_L = 6,5$) berücksichtigt sind. Die für Mitteleuropa gültige Beziehung zwischen der Einheitsintensität $I_{10 \text{ km}}$ und der Lokalbebenmagnitude M_L lautet:

$$I_{10 \text{ km}} = 1,5 M_L - 1,0 (\pm 0,6) \quad (9.2)$$

Durch Kombination der beiden Beziehungen erhält man als Formel zur Berechnung der makroseismischen Intensität I (M_L, R) in beliebiger Herdentfernung R (in km) in Abhängigkeit der Lokalbebenmagnitude M_L :

$$I (M_L, R) = 1,5 \cdot M_L + 2 - 3 \cdot \log (R) - 1,3 \cdot \alpha \cdot (R-10) \quad (9.3)$$

Durch Umstellung erhält man daraus eine Bestimmungsgleichung für die Lokalbebenmagnitude M_L (Richter-Skala) aus makroseismischen Daten (Ahorner [9.3]):

$$M_L = 0,67 \cdot I_n - 1,33 + 2 \cdot \log (R_n) + 0,87 \cdot \alpha \cdot (R_n - 10) \quad (9.4)$$

I_n ist dabei die makroseismische Intensität (MSK-Skala) in der Entfernung R_n (in km) vom Hypozentrum. Der Absorptionskoeffizient α wird in km^{-1} angegeben. Er liegt bei starken mitteleuropäischen Erdbeben zumeist in der Größenordnung

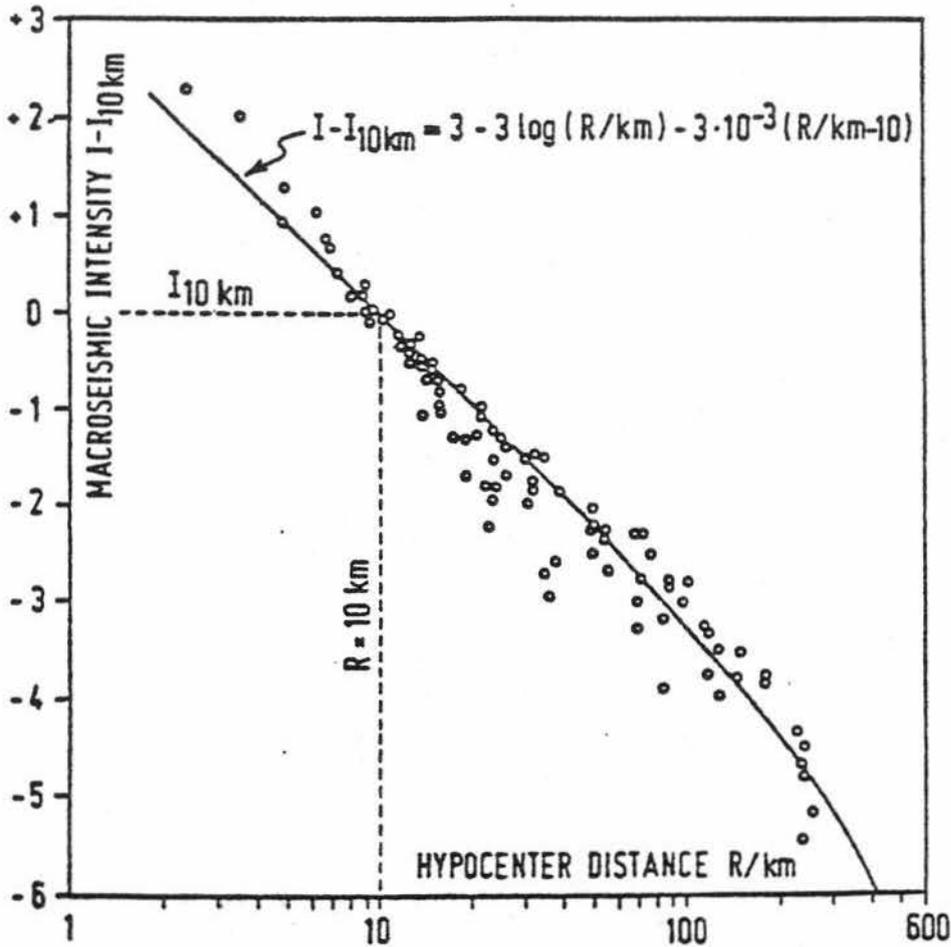


Bild 9.1 Abnahme der makroseismischen Intensität I (MSK-Skala) mit der Hypozentralentfernung R (km) bei 19 mitteleuropäischen Erdbeben im Zeitraum 1846-1965 (nach Ahorner & Rosenhauer [9.4]). Die Intensität ist auf den Wert $I_{10\text{km}}$ in der Hypozentralentfernung $R = 10\text{ km}$ normiert.

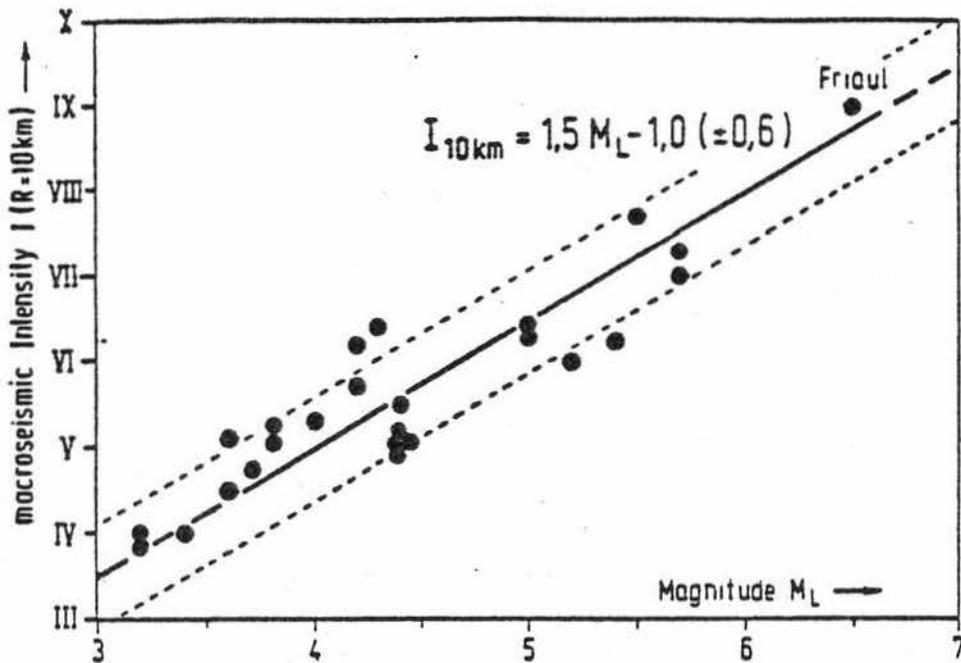


Bild 9.2 Beziehung zwischen der makroseismischen Intensität $I_{10\text{km}}$ (MSK) in 10 km Hypozentralentfernung (nicht Epizentralentfernung!) und der instrumentell bestimmten Lokalbebenmagnitude M_L (Richter-Skala) für 25 mitteleuropäische Erdbeben (Ahorner [9.3])

von $\alpha = 0,001 - 0,005 \text{ km}^{-1}$.

Wenn man davon ausgeht, daß der mittlere Radius R_s (im km) des fühlbar erschütterten Gebietes etwa mit der Intensität II - III (= $2,5^\circ$ MSK) gleichzusetzen ist und der Unterschied zwischen Hypozentralentfernung und Epizentralentfernung in größerem Abstand vom Herd bei Erdbeben geringer Herdtiefe (wie sie in Mitteleuropa vorwiegend vorkommen) vernachlässigt werden kann, dann vereinfacht sich die obige Beziehung zur Magnitudenbestimmung zu folgender Form:

$$M_L = 2 \log(R_s) + 0,87\alpha(R - 10) + 0,33 \quad (9.5)$$

Der besondere Vorteil der oben aufgeführten Intensitätsabnahmegesetze und Intensitäts-Magnitude-Beziehungen ist, daß bei der Ableitung ausschließlich deutsche bzw. mitteleuropäische Erdbeben verwendet wurden. Die Formeln berücksichtigen daher die spezifischen Eigenheiten der mitteleuropäischen Erdbebengebiete, welche in mancherlei Hinsicht nicht mit den Erdbebengebieten in anderen Teilen der Erde (z. B. in Kalifornien oder in Japan) verglichen werden können.

Auf Grund der mitgeteilten Beziehungen ist es möglich, die Lokalbebenmagnitude M_L auch für solche Erdbeben zu berechnen, von denen nur makroseismische Beobachtungen vorliegen. Dies trifft für die überwiegende Mehrzahl der im Erdbebenkatalog enthaltenen Erdbeben zu. Die makroseismisch bestimmten Lokalmagnituden M_L sind im Katalog durch einen vorgesetzten Stern gekennzeichnet (vgl. Tabelle 9.1). Bei der Berechnung wurde vom Schüttergebietsradius R_s und (soweit vorhanden) von den Radien der einzelnen Isoeisten sowie dem Wertepaar Epizentralintensität und Herdtiefe ausgegangen und der Mittelwert aus allen Bestimmungen in den Katalog übernommen.

Über die Lokalbebenmagnitude M_L können die seismotektonischen Herdparameter nach generalisierten Beziehungen abgeschätzt werden, z. B. das Herdmoment M_0 oder der Herdradius r_0 . Beide Größen sind für die Ermittlung des Herdspektrums von Bedeutung (vgl. Abschnitt 6).

In Bild 9.3 sind für zahlreiche deutsche Erdbeben der letzten Jahre, die herdnah mit digitalen Registrierinstrumenten aufgezeichnet wurden, die aus den Raumwellenspektren abgeleiteten Herdmomente M_0 gegen die instrumentell bestimmte Lokalbebenmagnitude M_L aufgetragen. Dabei wird der Magnitudenbereich von $1 < M_L < 5,7$ durch Daten überdeckt (unter Einschluß des Albstadt-Erdbebens 1978). Die daraus abzuleitende generalisierte Beziehung zwischen diesen beiden Größen, gültig für unser Gebiet, lautet (Ahorner [9.3]):

$$\log M_0 \text{ (dyn-cm)} = 17,4 + 1,1 M_L \quad (9.6)$$

Mit Hilfe der angegebenen Beziehungen ist es möglich, die auf dem Gebiet der Bundesrepublik beobachteten Erdbeben nach einheitlichen Gesichtspunkten zu skalieren und damit optimale Ausgangsbedingungen für eine seismologische Regionalisierung auf probabilistischer Basis zu schaffen.

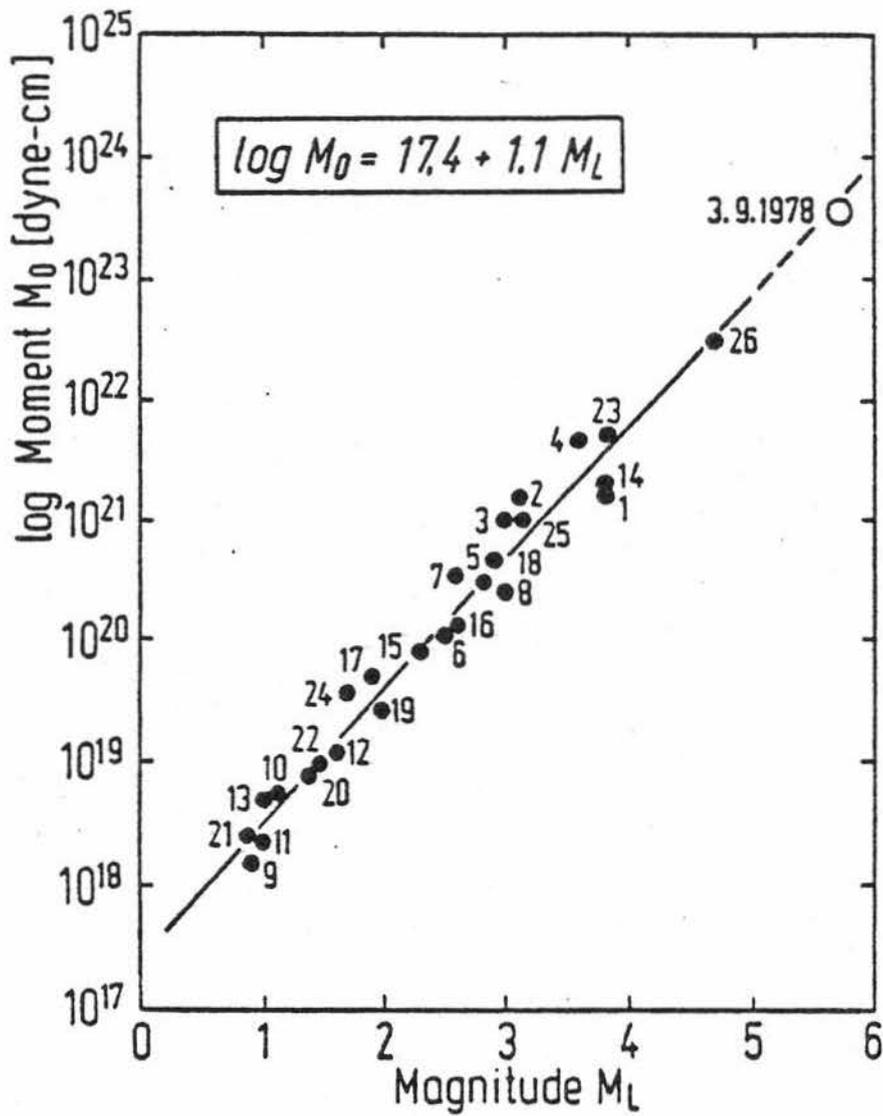


Bild 9.3 Beziehung zwischen dem Logarithmus des Herdmomentes $\log M_0$ und der Lokalbebenmagnitude M_L für 27 mitteleuropäische Erdbeben der Jahre 1977-1983 (nach Ahorner [9.3]).

9.2 Seismizitätsanalyse

Ziel der Seismizitätsanalyse ist es, durch regionale Magnituden-Häufigkeitsverteilungen $\lambda(>M_L)$ und durch Herdtiefenverteilungen die Wahrscheinlichkeit für einen Herd an einem beliebigen Punkt des Krustenvolumens in einem die Bundesrepublik umfassenden Gebiet modellmäßig festzulegen.

Dazu werden 30 meist rechteckförmige Zählgebiete festgelegt, für die aus dem Katalog (Abschnitt 9.1) mit dem Programm STATSEIS 2 etwa 90 Basislisten von Magnitudenextrema zusammengestellt wurden (Bild 9.4). Hieraus können ca. 150 lückenlose Listen durch Zusammenfassen von z. B. 5-Jahres-Extremwerten zu 10-Jahres-, 15-Jahres- usw. Extremwerten gewonnen werden, die - meist verschieden weit in die Vergangenheit zurückreichend - nur relativ wenige abgeschätzte Werte enthalten.

Zusätzlich zu dieser etwa 3000 Werte umfassenden Datenbasis für Teilgebiete werden sehr viel umfangreichere Listen mit bis zu 160 Extremwerten für das Gesamtgebiet gewonnen. Die Auswertung wird nach dem in [9.5] genauer dargestellten Verfahren der Extremwertstatistik vorgenommen. Ein Ergebnis für das Gesamtgebiet sind ausgezeichnete Schätzwerte für die Magnitudenobergrenze:

$$\lambda(>M_{\max}) = 0 \text{ für } M_{\max} = 6 \frac{3}{4} \quad (9.7)$$

Da M_{\max} nur mit geringer Genauigkeit benötigt wird, genügt es, für die Teilgebiete mit weniger guten M_{\max} -Bestimmungen einen der Werte 6, $6 \frac{1}{4}$, $6 \frac{1}{2}$, $6 \frac{3}{4}$ versuchsweise anzusetzen und nach Prüfung auf Verträglichkeit mit den Daten zu akzeptieren (vgl. Abschnitt 3.3).

SEISMIZITÄTS-ZÖNEN PROBABILISTISCHE ANALYSE BRD

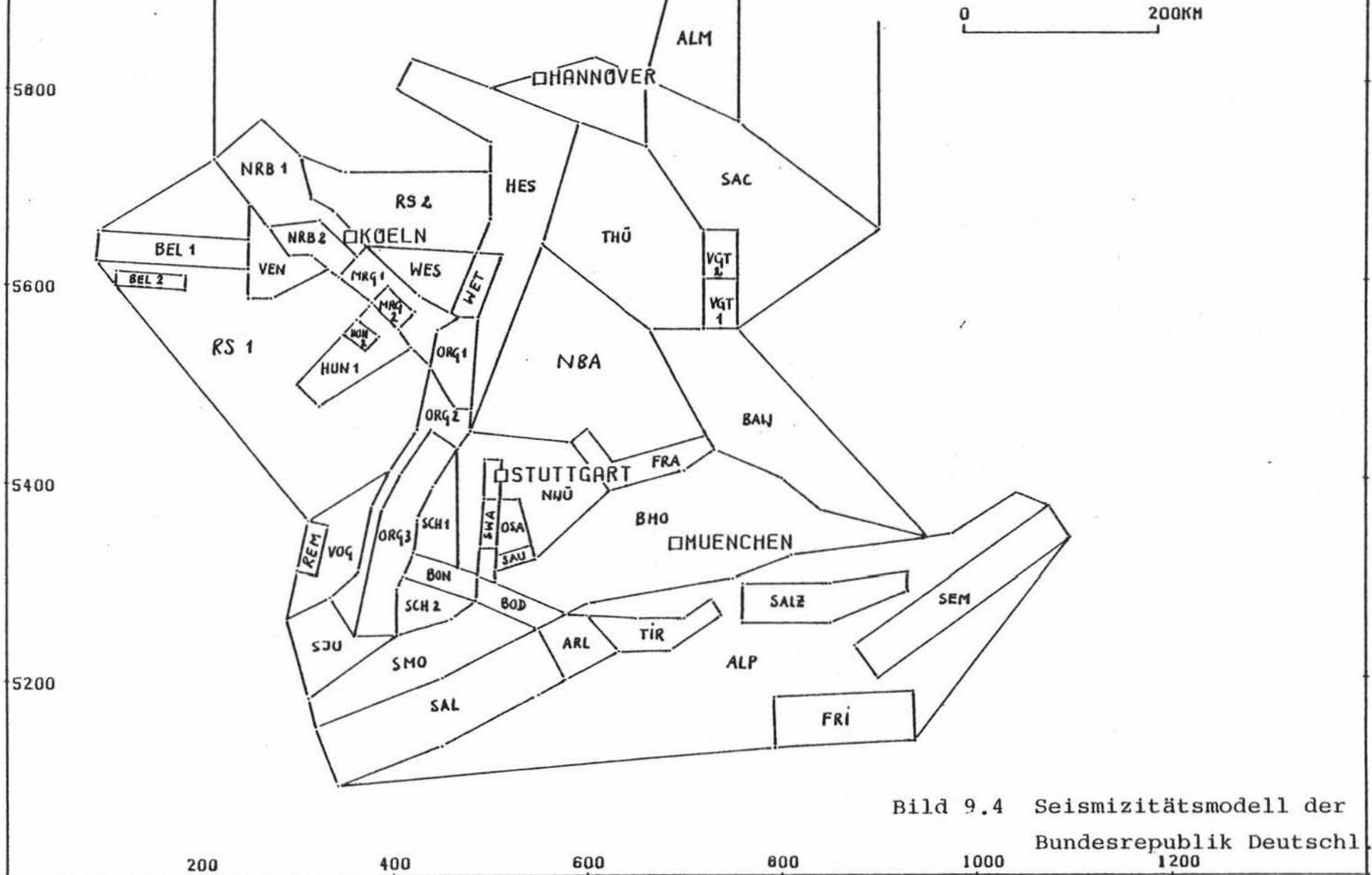


Bild 9.4 Seismizitätsmodell der
Bundesrepublik Deutschl.
1200

UTM-GITTER, ZONE 32U

ABTEILUNG ERDBEBENGEOLOGIE, GEOLOGISCHES INSTITUT, UNIVERSITÄT KOELN

Als die zentralen Beziehungen zur Datenauswertung erweisen sich die zur Extremwertstatistik äquivalenten Umrechnungsformeln für den Erwartungswert m und die Streuung σ auf andere Flächen ($A \rightarrow A'$) und Bezugszeiten ($T \rightarrow T'$):

$$\sigma' = \sigma \left(\frac{AT}{A'T'} \right)^\tau \quad m' = \begin{cases} m + f_1/f_2 \cdot (\sigma - \sigma') & (\tau > 0) \\ m - \sigma \frac{\sqrt{6}}{\pi} \ln \left(\frac{AT}{A'T'} \right) & (\tau = 0) \end{cases} \quad (9.8)$$

mit

$$f_1 = \Gamma(1+\tau) = \int_0^\infty x^\tau \cdot e^{-x} dx ; f_2^2 = \Gamma(1+2\tau) - \Gamma^2(1+\tau)$$

Sie erlauben dadurch, daß alle (häufig mehr als 20) Schätzungen für ein Teilgebiet auf $T_0 = 10$ a umgerechnet werden, eine hochredundante Bestimmung der Parameter der Magnitudenhäufigkeitsverteilungen (siehe Tabelle 9.2):

$$\lambda(>M_L) / \frac{1}{10a} = (f_1 - f_2) \cdot \frac{M - m(10a)}{\sigma(10a)} \quad 1/\tau \quad (9.9)$$

Die generell gefundene überraschend exakte Übereinstimmung der Resultate aus verschiedenartigsten lückenlosen Listen eines Teilgebiets kann einerseits als Bestätigung für die Gültigkeit der Extremwertstatistik, andererseits als Nachweis für die zeitliche Konstanz von $\lambda(>M_L)$ angesehen werden, wenn Nachbeben (wie bei der dargestellten Auswertung) eliminiert sind.

Die komplizierten Abgrenzungen der tatsächlichen Herdzonen wurden anhand der Lage der historischen Epizentren unter Einbeziehung der geotektonischen Kenntnisse festgelegt. Der Einfluß dieses wichtigsten und schwierigsten Schritts der Modellbildung ist gegenüber früheren Untersuchungen gesunken, da die unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Herdzonengrenzen in den Endergebnissen weitestgehend erfaßt werden (siehe Abschnitt 9.3).

Tabelle 9.2 Gumbel-Parameter zur Berechnung der nicht normierten Magnitudeneintrittsraten $\lambda(>M_L)$ für die Zählgebiete

Zählgebiet, Fläche/10 ⁴ km ²	Gumbel-Parameter				
	m (10a)	σ (10a)	τ	Mmax	M(10 ⁻³ /a)
BEL Belgien, 2.0	3.94	1.04	0,34	6 3/4	6.09
NRB 1 Nördliche Niederrheinische Bucht, 1.2	3.74	0.68	0,24	6 1/4	5.33
NRB 2 Südliche Niederrheinische Bucht, 0.5	4.33	0.87	0.33	6 3/4	6.16
VEN Hohes Venn, 0.51	3.77	0.59	0.21	6 1/4	5.23
MRG Mittlerer Oberrheingraben, 0.77	4.03	0.53	0.21	6 1/4	5.33
HUN Hunsrück und Saar-Nahe-Gebiet, 1.32	3.21	0,43	0.12	6 1/4	4.41
VOG Vogesen, 1.5	3.36	0.60	0.18	6 1/4	4.89
ORG 1 Nördlicher Oberrheingraben mit Mainzer Becken und Taunus-Südrand, 0.54	3.62	0.81	0.25	6 1/2	5.49
ORG 2 Mittlerer Oberrheingraben 0.77	3.83	0.72	0.24	6 1/2	5.53
ORG 3 Südlicher Oberrheingraben mit Basler Gebiet 1.05	4.10	0.63	0.21	6 3/4	5.66
SCH 1 Nördlicher Schwarzwald, 0.42	3.49	0.63	0.20	6 1/4	5.06
SCH 2 Südlicher Schwarzwald, 0.64	3.96	0.50	0.19	6 1/4	5.21
SWA Schwäbische Alb, 0.15	5.22	0.64	0.39	6 3/4	6.46
NWU Nord-Württemberg, 0.84	3.03	0.60	0.16	6 1/4	4.59
OSA Ostalb, Oberschwaben, 0.585	3.56	0.84	0.28	6 1/4	5.42
BOD Bodensee-Gebiet, 0.425	4.00	0.61	0.24	6 1/4	5.43
SAL Schweizer Alpen, 2.2	4.15	1.48	0.55	6 3/4	6.52
ARL Ostschweiz, Vorarlberg, 0.425	4.21	0.58	0.20	6 3/4	5.65
TIR Tirol und nördliche Kalkalpen, 1.7	4.21	0.86	0.31	6 3/4	6.07
Umgebung eines Standorts in der nordöstlichen Bundesrepublik, 12.6	1.33	1.82	0.36	6	5.00
Vogtland und nördliche Fortsetzung, 2.8	3.58	1.25	0.40	6 1/2	5.98
FRA Fränkische Alb, 1.35	2.89	1.25	0.34	6 1/4	5.46
BAW Bayerischer Wald, 3.42	3.31	0.78	0.26	6	5.10
Salzburger Gebiet, 0.5	3.92	0.75	0.29	6 1/4	5.57
TAU Tauern, 1.0	3.67	0.62	0.21	6 1/4	5.18
NOR Nieder-Österreich, 2.25	3.66	0.77	0.24	6 1/2	5.46
	3.64	0.78	0.27	6 1/4	5.42
OOD Ober-Österreich,	4.13	0.69	0.26	6 1/2	5.71
	4.12	0.68	0.29	6 1/4	5.63
Semmering, 2.0	4.98	0.51	0.26	6 3/4	6.16
Gesamtgebiet ohne seismisch aktive Zonen, 43.5	4,4	0.64	0.37	6	5.67

M (10⁻³/a): Magnitude, die im Zählgebiet mit $\lambda = 10^{-3}$ /a zu erwarten ist.

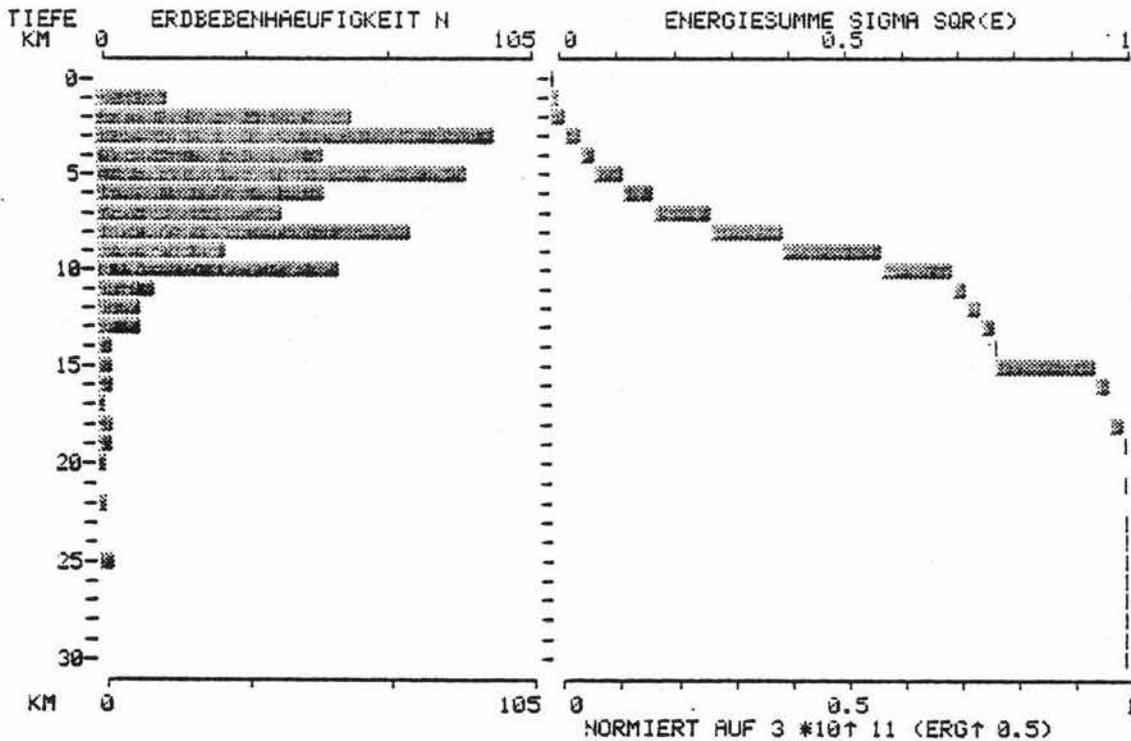
Kleinere Seismizitätsunterschiede werden in einigen Fällen durch Korrekturfaktoren bei der Zuordnung der Zählgebieten-ergebnisse berücksichtigt. Für die nicht statistisch auswertbaren Gebiete wird die Eintrittsrate durch Einordnung anhand der Ergebnisse Tabelle 9.2 abgeschätzt.

Auswertungen zur Herdtiefe bezüglich Anzahl und Energiefreisetzung zeigen, daß Herde tiefer als 15 km bis 20 km im Untersuchungsgebiet eine praktisch vernachlässigbare Wahrscheinlichkeit haben (vgl. Abschnitt 3.3); dies führt zur Änderung des bisher verwendeten Modells (Bild 9.5). Entsprechende Diagramme werden für alle wichtigen Herdgebiete der Bundesrepublik angefertigt und als Grundlage der probabilistischen Analyse des Erdbebengefährdungspotentials mit benutzt.

Als Gesamtergebnis liegt ein verlässliches Seismizitätsmodell für Mitteleuropa vor, das eine gute abgesicherte Basis in der erforderlichen Detaillierung für regionale probabilistische seismische Standortanalysen darstellt.

TIEFENMÄSSIGE VERTEILUNG DER ERDBEBENHÄUFIGKEIT UND ENERGIESUMME

PROGRAMM 'SEIS TIEFE'
REGION: BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND GESAMT BRD
ZEITBEREICH VON 1000 BIS 1979
RECHTSWERT VON 250 BIS 850
HOCHWERT VON 5200 BIS 6000
MAGNITUDE VON 0.0 BIS 7.0
QUALITÄT FUER HERDTIEFE: +/-5 KM
EREIGNISTYP: T



ABTEILUNG FUER ERDBEBENGEOLOGIE, GEOLOGISCHES INSTITUT, UNIVERSITÄT ZU KOELN

Bild 9.5

Beispiel für die Verarbeitung der Daten des Erdbebenkataloges. Dargestellt ist für alle Erdbeben des Kataloges mit genauer bekannter Herdtiefe (Herdtiefenfehler kleiner oder gleich 5 km) und tektonischer Entstehung (Ereignistyp T) die tiefenmäßige Verteilung der Erdbebenhäufigkeit N (pro Tiefenintervall von 1 km) und der seismischen Energieauslösung (Summe der Quadratwurzeln der bei den einzelnen Erdbeben freigesetzten seismischen Energie).

Man erkennt, daß sich die seismische Aktivität in Mitteleuropa ganz überwiegend auf den Bereich der oberen Erdkruste (oberhalb 15 km Tiefe) konzentriert.

9.3 Probabilistische Standortanalyse

Da das Monte-Carlo-Simulationsverfahren PSSAEL in [9.5] und [9.6] ausführlicher beschrieben ist, soll hier nur auf die wichtigsten Punkte hingewiesen werden.

Bei der Simulation von Herden werden statt der Abgrenzungslinien Grenzbereiche zwischen den eigentlichen Herdzonen (den "Kernzonen") betrachtet. In diesen "Übergangszonen" werden ortsabhängige Magnitudeneintrittsraten in Abhängigkeit von der Entfernung zu den Kernzonen angesetzt:

$$\lambda (>M_L, x, y) = \frac{a_1 \cdot \lambda_1 (>M_L) + a_2 \cdot \lambda_2 (>M_L) + \dots}{a_1 + a_2 + \dots} \quad (9.10)$$

$\lambda_i (>M_L)$: Eintrittskarte in Kernzone i

a_i^{-1} : Abstand des Orts x, y von Kernzone i

Hierdurch wird - der Abgrenzungsungenauigkeit entsprechend - ein stetiger Übergang der Seismizität zwischen stark unterschiedlichen Gebieten erreicht.

Der wichtigste Vorteil der Simulation ist, daß die Intensitäts-Herdzuordnung als stochastische Korrelation genau so behandelt werden kann, wie sie sich bei beobachteten Ereignissen zeigt [9.3], vgl. Gl. (9.9):

$$I(R, M_L) = 1,5 M_L - a_1 - a_2 \log_{10} (R/10 \text{ km}) - a_3 (R/\text{km} - 10) \quad (9.11)$$

$$a_1 = 1,0 (0,4 \dots 1,6) \quad a_2 = 3 (2,5 \dots 4) \quad a_3 = 3 \cdot 10^{-3} (10^{-3} \dots 10^{-2})$$

R = hypozentrale Herdentfernung

Die Größen a_1 , a_2 , a_3 werden für jedes Herdereignis mit Zufallszahlen im Bereich der angegebenen Streubreiten neu bestimmt. Auf diese Weise wird die Unsicherheit der Abkling-

kurve und die der Magnituden-Intensitätszuordnung durch individuelle Streuungen beschrieben und in die Endergebnisse einbezogen.

Im Herdtiefenmodell wird berücksichtigt, daß Ereignisse mit größeren Magnituden wegen der Herdausdehnung nur in einem Bereich größerer Herdtiefen auftreten können.

Aus den simulierten Ereignissen werden zwei Hauptergebnisse durch einfache statistische Auswertung gewonnen. Es sind dies die Eintrittsrate $\lambda(>I)$ für die Intensität am Standort und die Magnituden-Herdentfernungsgebiete, die standortspezifisch relevant für interessierende Intensitätswerte sind. Die Intensitätseintrittsrate gestattet es, durch die Wahl der Bemessungs-Intensität den Risikoaspekt quantitativ und angemessen abzuhandeln, während die Spezifizierung der wahrscheinlichsten Herddaten (Magnitude, Herdentfernung) es ermöglicht, realistische ingenieurseismische Kenndaten (Spektren, Zeitdauern usw.) aus Aufzeichnungen (Abschnitt 4 und 5) oder Modellrechnungen (Basispektren, vgl. Abschnitte 6 und 8) zu gewinnen. Rechnungen für ein ganzes Raster von Standorten wurden durchgeführt, um die probabilistischen Zonenkarten (Abschnitt 9.4) zu erstellen. Ergebnisse zu den je nach Intensität relevanten Magnituden und Herdentfernungsgebieten sind unterschiedlich je nach Lage des Standorts zu den Herdzonen, können jedoch als Basisinformation für die Aufstellung der standortsunabhängigen intensitätsbezogenen Spektren (Abschnitt 4.3) dienen.

9.4 Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Nach dem im vorausgehenden Abschnitt beschriebenen Verfahren wird die standortbezogene Eintrittsrate für die makroseismische Intensität unter Verwendung des großräumigen Seismizitätsmodelles für mehr als 700 rasterartig über das Gebiet der Bundesrepublik verteilte Standorte berechnet. Die Rasterpunkte sind im Normalfall 25 km voneinander entfernt. In Gebieten mit sehr niedriger Seismizität (z. B. Norddeutschland) wird die Maschenweite entsprechend vergrößert, in Gebieten mit hoher Seismizität wird mit kleineren Maschenweiten gearbeitet.

Als Ergebnis der probabilistischen Analyse stehen drei Seismizitätskarten im Maßstab 1:1 Million zur Verfügung, auf denen Isolinien der makroseismischen Intensität für bestimmte jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeiten (10^{-3} , 10^{-4} und 10^{-5}) dargestellt sind. Eine dieser Karten wird als Beispiel in verkleinertem Maßstab in Bild 9.6 gezeigt.

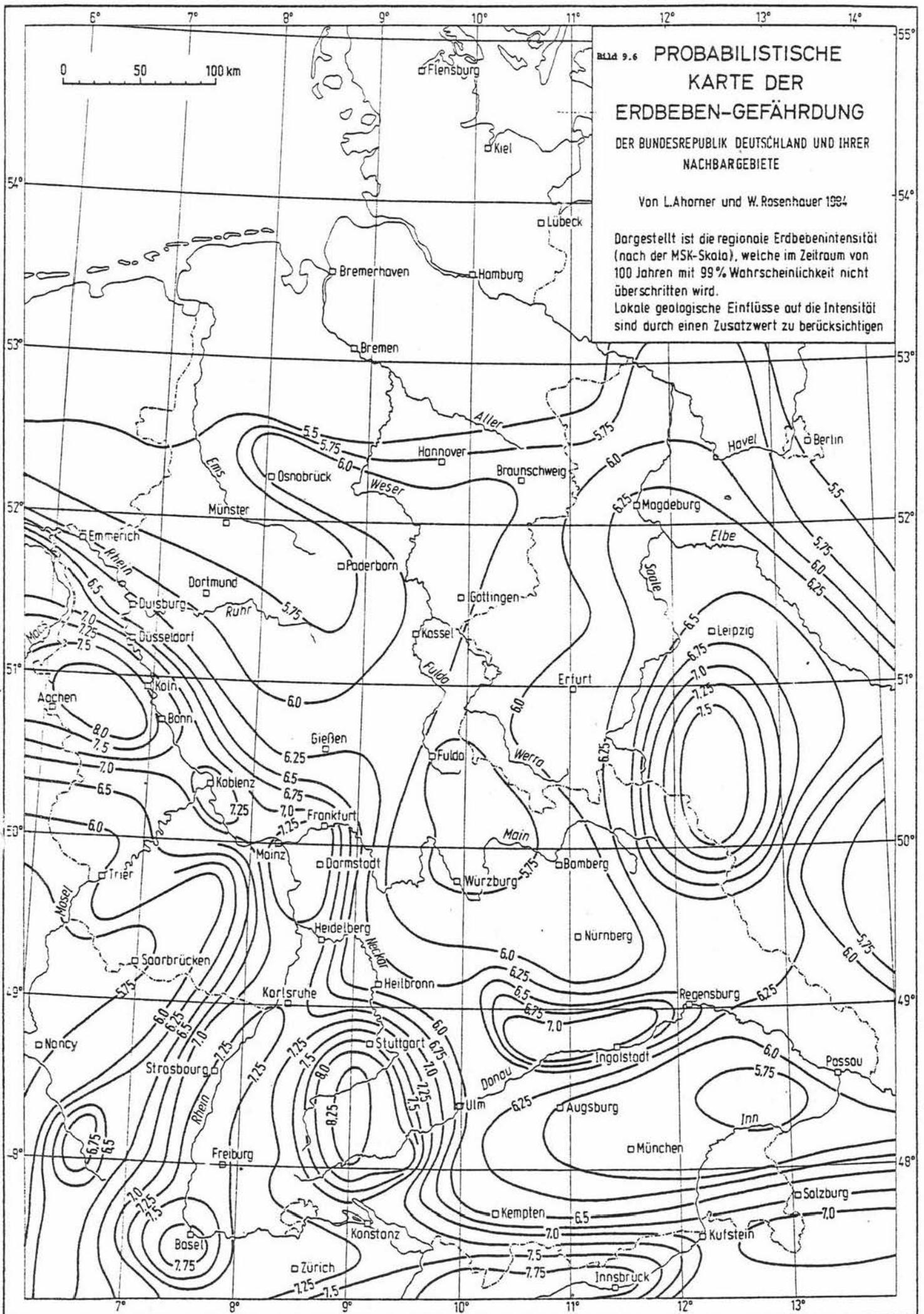
Die erwähnten probabilistischen Seismizitäten können als Grundlage für die Erstellung einer neuen Erdbebenzonenkarte für die Bundesrepublik Deutschland dienen, welche gegenüber früheren Erdbebenzonenkarten, wie sie beispielsweise in der DIN 4149 (Neufassung) oder in der KTA-Regel 2201.1 abgebildet sind, einige wesentliche Verbesserungen aufweist:

- Die verschiedenen Erdbebenzonen sind in der neuen Karte nach ihrem tatsächlichen Gefährdungsgrad abgegrenzt, der sich nicht nur nach der größten zu erwartenden Erdbebenintensität, sondern auch nach der Häufigkeit richtet, mit der bestimmte Intensitäten auftreten. Ein Standort, an dem die Intensität VIII MSK statistisch gesehen nur einmal in 1000 Jahren vorkommt, ist bezüglich seines Gefährdungspotentials anders zu beurteilen als ein Standort, wo dieselbe Intensität alle 50 Jahre zu erwarten

ist. Der Gesichtspunkt der Erdbebenhäufigkeit ist bei den früheren Erdbebenzonenkarten nicht oder nur unzureichend berücksichtigt worden.

- Das für die probabilistische Analyse verwendete großräumige Seismizitätsmodell beinhaltet die Gesamtheit aller in historischer Zeit auf dem Gebiet der Bundesrepublik beobachteten Erdbeben sowie allgemeine geologische und seismotektonische Modellvorstellungen. Ein einzelnes Erdbeben, das bezüglich seiner Stärke und Herdlage oftmals fehlerhaft beobachtet sein kann (vor allem, wenn es sich um ein historisches Ereignis handelt), beeinflusst das Endergebnis der probabilistischen Analyse nur wenig. Bestimmend für das Ergebnis ist vielmehr die auf den Standort bezogene Summe der Wirkungen aller in der näheren und weiteren Umgebung vorkommenden Erdbeben. Ihre Auswirkungen fließen entsprechend der jeweiligen Erdbebenstärke, Herdentfernung und Häufigkeit korrekt in das probabilistische Ergebnis ein.

- Probabilistisch ermittelte Erdbebenzonenkarten vermeiden eine "fixistische" Betrachtungsweise der seismischen Aktivität. Diese Betrachtungsweise, die bei der Erstellung der älteren Karten angewandt wurde, geht davon aus, daß sich künftige Erdbeben genau an den gleichen Stellen ereignen wie die in früheren Jahrhunderten aufgetretenen Erdbeben. Alle potentiellen Erdbebenherde werden in ihrer Lage als bekannt vorausgesetzt und man geht stillschweigend davon aus, daß keine neuen Herde hinzukommen, die bisher noch nicht aktiv waren. Aus heutiger seismotektonischer Sicht ist aber eher anzunehmen, daß Erdbebenherde, welche vor einigen Jahrzehnten oder Jahrhunderten starke Erdbeben hervorgebracht haben, weitgehend entspannt sind und nun eine längere Periode der Spannungsakkumulation und damit der seismischen Ruhe durchmachen.



Diese Ruheperiode kann bei den geringen Deformationsgeschwindigkeiten der tektonischen Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa einige 100 oder auch einige 1000 Jahre ausmachen. Es ist damit viel wahrscheinlicher, daß das nächste starke Erdbeben in einer tektonisch mobilen Region nicht am gleichen Punkt wie das vorausgehende, sondern an einer anderen Stelle stattfindet, möglicherweise gerade zwischen zwei historisch belegten Erdbebenherden. Wenn man die Erdbebentätigkeit des Bundesgebietes unter diesem Aspekt betrachtet, so lassen sich in der Tat zahlreiche Beispiele dafür finden, daß starke Schadenbeben an Stellen aufgetreten sind, wo vorher nie ein ähnliches Ereignis beobachtet worden ist. Dies gilt beispielsweise für die großen Schadenbeben in der Niederrheinischen Bucht bei Tollhausen 1878 und Euskirchen 1950/1951, für das Schadenbeben im Mittelrheingebiet bei St. Goar 1846 und für das Schadenbeben bei Ebingen 1911 auf der Schwäbischen Alb. Die probabilistische Methode berücksichtigt das Wandern von Erdbebenherden innerhalb einer seismotektonischen Gebietseinheit dadurch, daß die historisch beobachtete Seismizität bei der statistischen Auswertung gleichmäßig über die Gebietseinheit verteilt wird.

Bei probabilistischen Seismizitätskarten ist stets zu berücksichtigen, daß von einem mehr oder weniger detaillierten Seismizitätsmodell ausgegangen wird, bei dem die in historischer Zeit beachtete seismische Aktivität auf bestimmte Teilflächen des Modelles und auf den gewählten Bezugszeitraum gleichmäßig verteilt ist. Man erhält daher im Ergebnis regionale, über bestimmte Flächengrößen und Zeiträume gemittelte Intensitätswerte, die umso besser mit den historischen Beobachtungen übereinstimmen, je kleiner die Teilflächen des Modelles gewählt werden können.

Die Verfeinerung des Modelles ist jedoch nicht in unbegrenztem Maße möglich, sondern wird durch die verfügbaren seismologischen und geologisch-tektonischen Beobachtungsdaten beschränkt.

In jedem Fall stellen die durch die probabilistische Analyse gewonnenen regionalen Intensitätswerte ein wichtiges Hilfsmittel dar, um Gebietszonen unterschiedlicher Seismizität bezüglich ihres Gefährdungsgrades miteinander zu vergleichen und objektiv gegeneinander abzugrenzen. Dabei genügt es, wenn man die regionalen Intensitäten als ein relatives Maß für die Erdbebengefährdung benutzt.

Lokale geologische Einflüsse auf die Erdbebenintensität können in einem großmaßstäblichen Seismizitätsmodell, welches für das Gesamtgebiet der Bundesrepublik gilt, naturgemäß nicht berücksichtigt werden. Für die praktische Anwendung der im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens erstellten probabilistischen Erdbebengefährdungskarten ist daher daran gedacht, die aus den Karten für einen konkreten Standort abzulesenden regionalen Intensitätswerte mit einem lokalen Korrekturwert ΔI zu ergänzen, welcher sich aus den örtlichen geologischen Gegebenheiten ergibt (Schichtenaufbau des Standortuntergrundes, Vorhandensein von größeren tektonischen Störungszonen in der näheren Umgebung des Standortes usw.).

Über die Größe des lokalen Korrekturwertes ΔI in Abhängigkeit von den örtlichen geologischen Gegebenheiten werden zur Zeit Überlegungen und überschlägige Berechnungen durchgeführt. Hier liegt noch ein wichtiges Arbeitsfeld für künftige Forschungen.

10. BEMESSUNGSHILFEN

10.1 Untergrund- und intensitätsabhängige Freifeld- Bemessungsspektren

Die in Abschnitt 4.2 und Anhang 5 angegebenen Freifeld-Antwortspektren müssen für eine einfache praktische Anwendung noch aufbereitet werden. Dies geschieht durch:

- Skalierung auf die Klassenmitte der Intensitätsklasse mit dem Faktor F nach Gl. (4.1)
- Glättung auf einen 4-Geradenzug
- Umrechnung von Pseudogeswindigkeit v cm/s in Bodenbeschleunigung a m/s² nach Gl. (4.2)
- Berücksichtigung verschiedener Dämpfungswerte.

Das Ergebnis der ersten beiden Schritte ist in Bild 10.1 für Untergrundklasse M und 84 %-Fraktilen gezeichnet. Bei der Glättung wurde im mittleren und hohen Frequenzbereich ($2,0 \leq f \leq 25$ Hz) in etwa eine Regressionsgerade durch die errechneten Spektralamplituden gelegt. Im niedrigen Frequenzbereich $f < 1$ Hz wurden die Geraden so angehoben, daß die Verschiebungen annähernd konstant bleiben. Dadurch soll den möglichen Auswirkungen der verwendeten Filterung unter 0,5 Hz begegnet werden. Im oberen Frequenzbereich wurde die für $f \leq 25$ Hz geltende Gerade bis $f \approx 33$ Hz fortgesetzt; dann wurde eine konstantbleibende Beschleunigung unterstellt.

Eine Umsetzung der in Bild 10.1 dargestellten Pseudogeswindigkeiten in Beschleunigungen ist zwar mit Hilfe des eingezeichneten dreifach-logarithmischen Maßstabes möglich; sie erscheint jedoch für die Praxis zu umständlich. Daher wird als Bemessungshilfe gemäß dem dritten Schritt die Beschleunigung a errechnet und gesondert dargestellt; für Untergrundklasse M ist dies in Bild 10.2. geschehen.

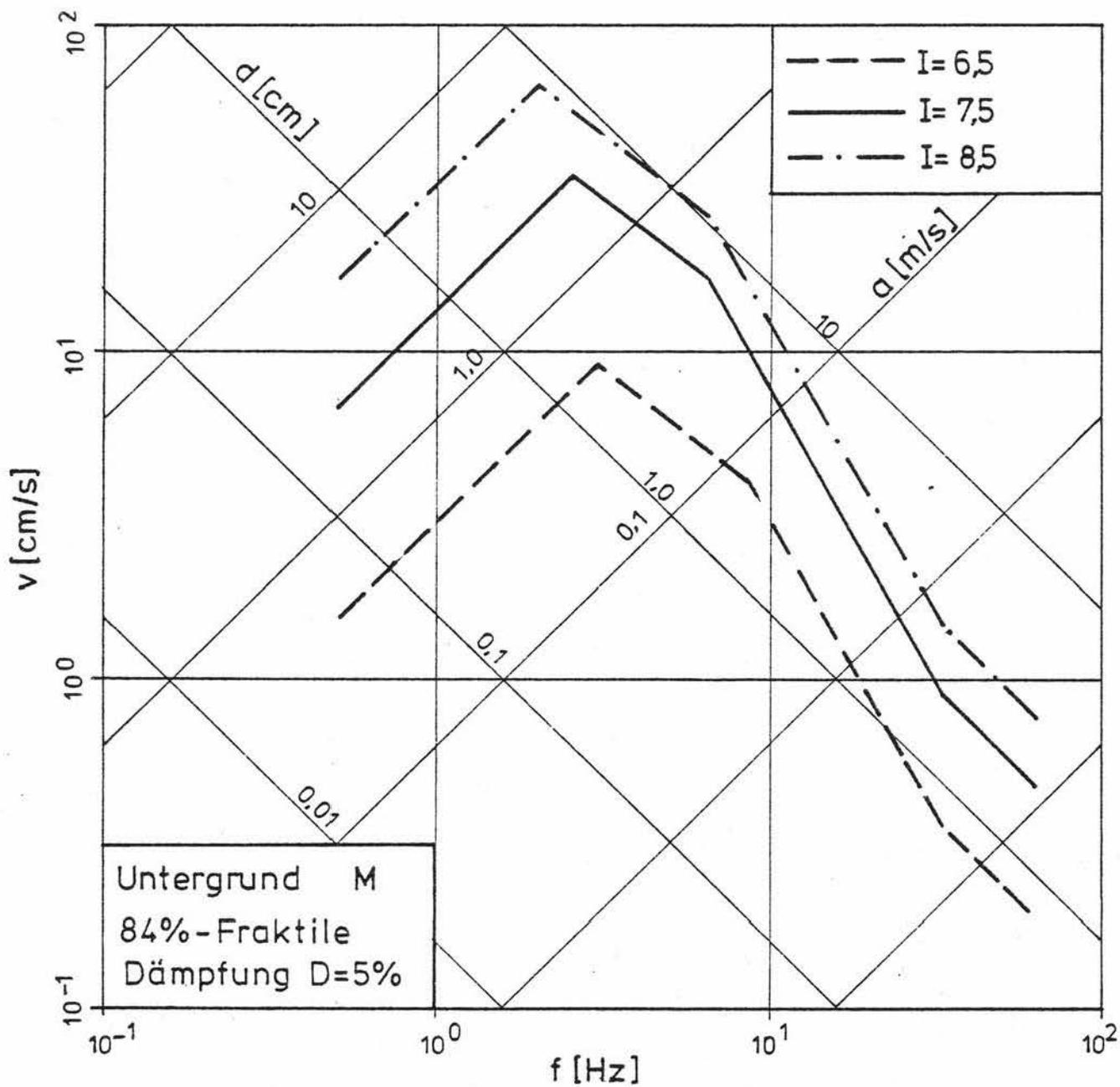


Bild 10.1 Geplättete 84 %-Fraktile-Freilfeld-Antwortspektren für Untergrundklasse M (D = 5 %)

Die entsprechenden Bemessungsspektren für die Untergrundklassen R und A sind in den Bildern 10.3 und 10.4 aufgetragen. Eine Zusammenstellung der Eckpunkte aller Spektren - einschließlich der grafisch nicht dargestellten 50 %-Fraktilen von V - findet sich in Tabelle 10.1.

Bei der Ermittlung des Spektrums für Untergrundklasse A, Intensität $I = 8,5$ wurden - im Gegensatz zu Bild 4.8 in Abschnitt 4.2 - die Zeitverläufe vom Standort Molinis ausgeklammert, weil aufgrund des untypischen Frequenzgehaltes Zweifel an der Einstufung von Molinis in Klasse A aufkommen waren.

Alle dargestellten Freifeld-Antwortspektren gelten für ein Dämpfungsmaß von $D = 5 \%$ (der kritischen Dämpfung). Analog können auf der Basis der in Anhang 5 zusammengestellten Diagramme Bemessungsspektren für andere Dämpfungswerte ermittelt werden; auf diesen vierten Schritt wird jedoch hier verzichtet. Alternativ können die für $D = 5 \%$ geltenden Spektren über empirische frequenzabhängige Umrechnungsfaktoren für andere Dämpfungswerte modifiziert werden, wie in Abschnitt 2 bereits erwähnt wurde.

Bei der Anwendung der untergrund- und intensitätsabhängigen Freifeld-Antwortspektren ist in der Regel noch eine Skalierung auf die vom Seismologen bzw. nach der Erdbebenzonenkarte (Abschnitt 9) festgelegte Standortintensität I erforderlich. Diese Skalierung darf innerhalb einer Intensitätsklasse mit dem frequenzunabhängigen Skalierungsfaktor F gemäß Gl. (4.1) erfolgen, wobei jetzt die Abweichung von der mittleren Intensität I_m der Intensitätsklasse zu erfassen ist:

$$F = 10^{0,3 \cdot (I - I_m)} \quad (10.1)$$

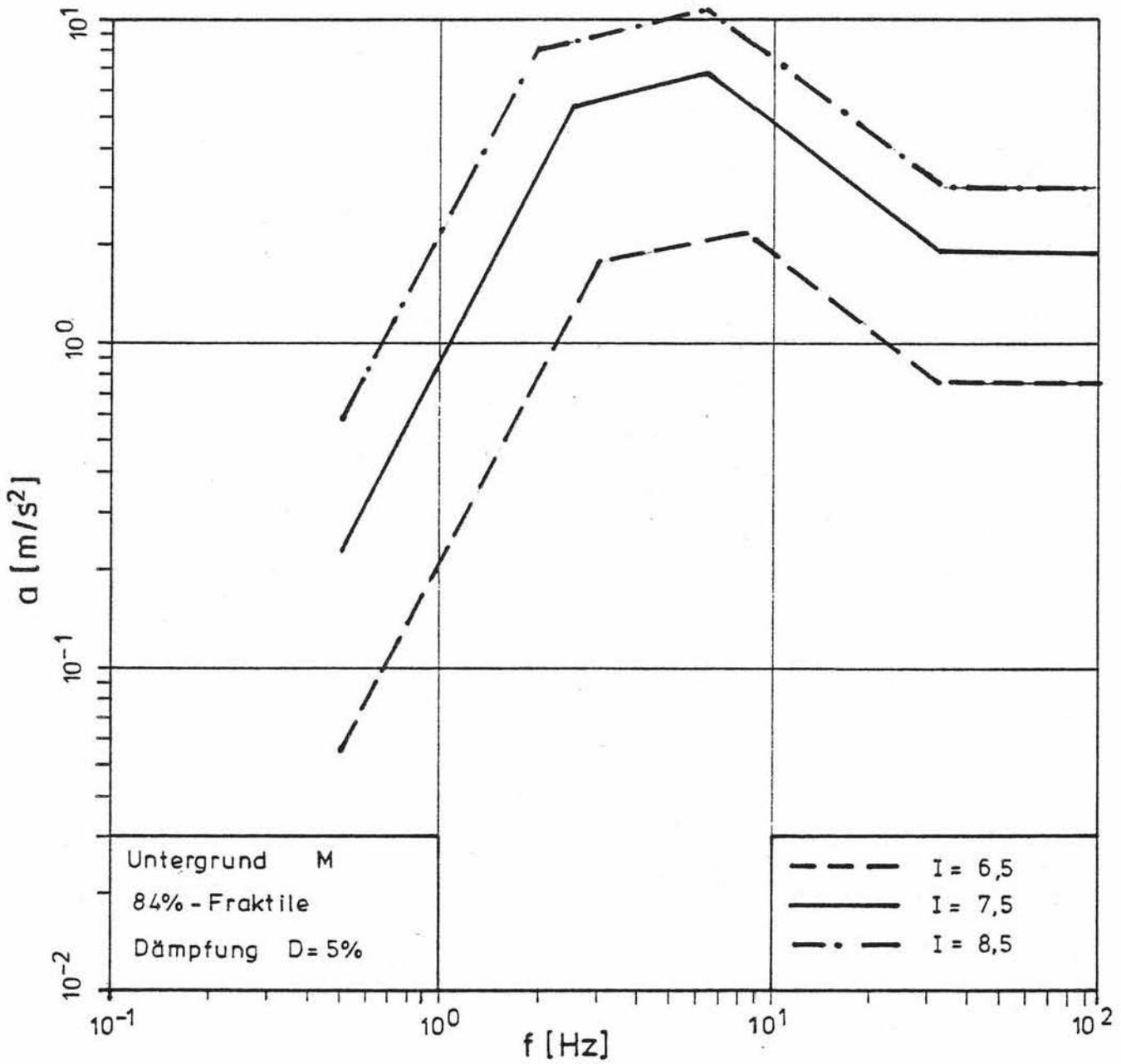


Bild 10.2 Geplättete 84 % - Fraktile-Freifeld-Bemessungsspektren für Untergrundklasse M (D = 5 %)

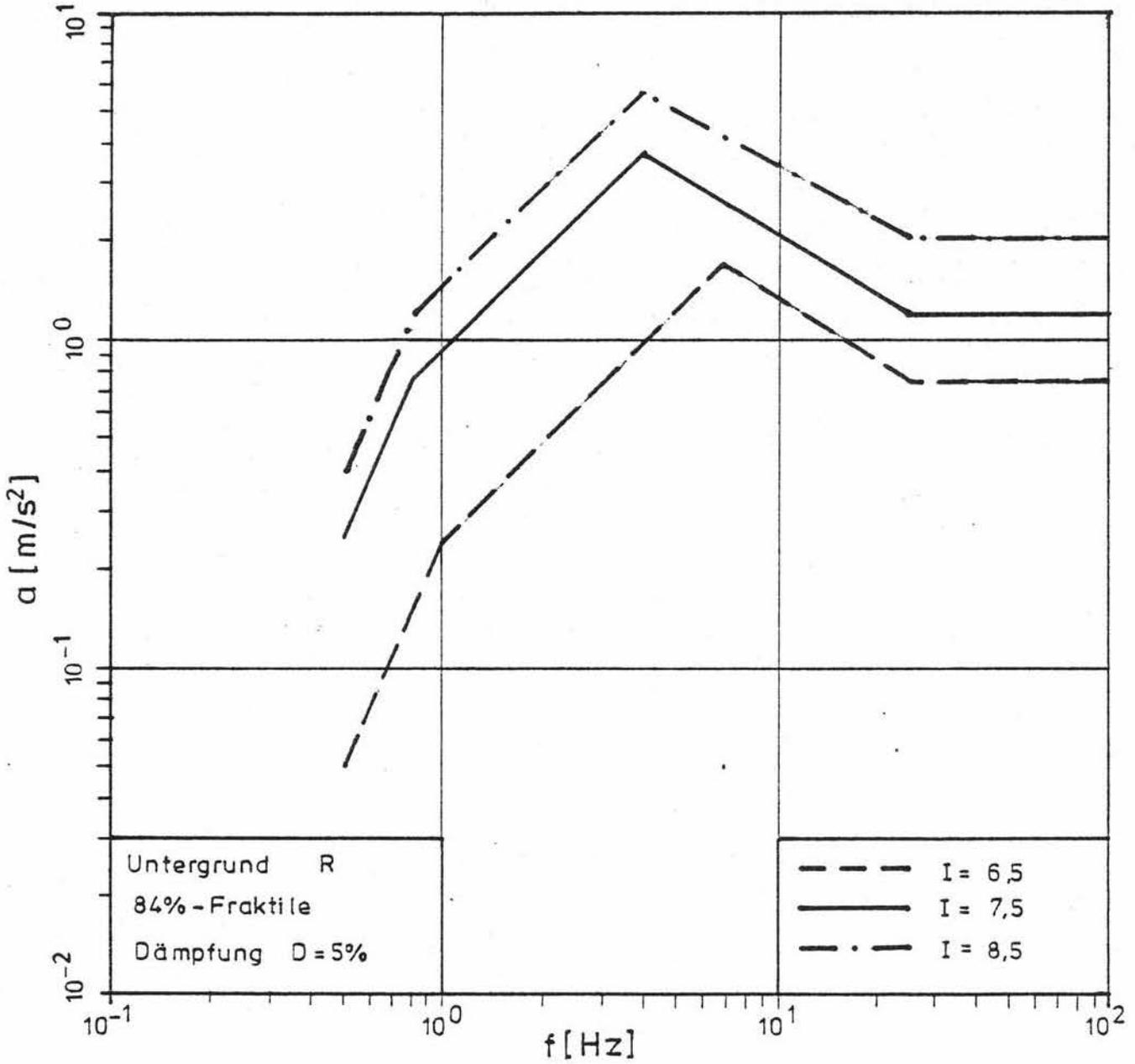


Bild 10.3 Geplättete 84 % - Fraktile-Freifeld-Bemessungsspektren für Untergrundklasse R (D = 5 %)

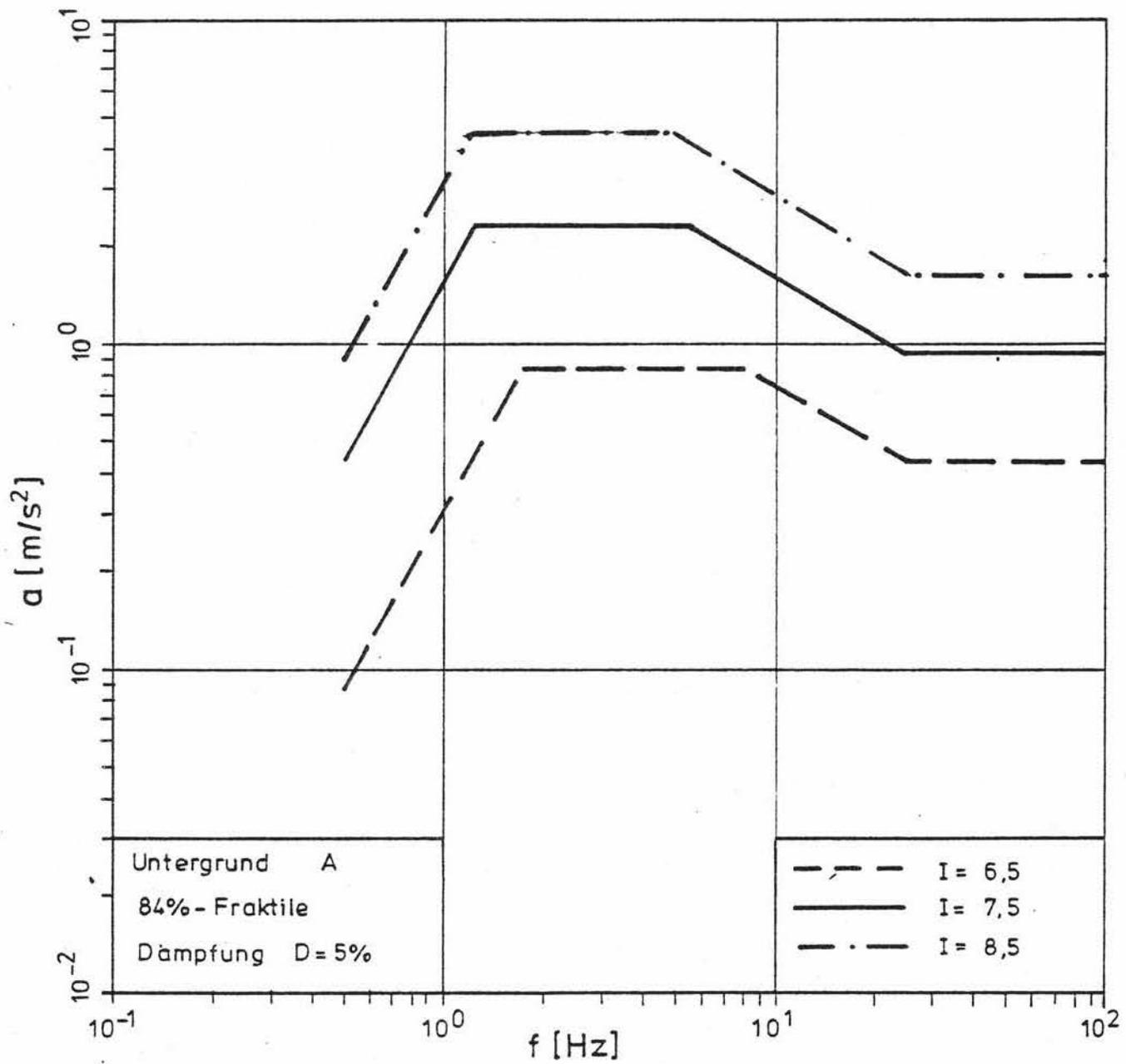


Bild 10.4 Geplättete 84 % - Fraktile-Freifeld-Bemessungsspektren für Untergrundklasse A (D = 5 %)

Tabelle 10.1 Eckpunkte der untergrund- und intensitätsabhängigen Freifeld-Antwortspektren

Untergrundklasse	Intensitätsklasse	\bar{I} F	A		B		C		D	
			f	v _{50%} v _{84%} a _{84%}	f	v _{50%} v _{84%} a _{84%}	f	v _{50%} v _{84%} a _{84%}	f	v _{50%} v _{84%} a _{84%}
M	1	6,36 1,10	25	0,340 0,591 0,928	8,5	2,250 4,087 2,183	3,0	4,914 9,363 1,765	0,5	0,854 1,743 0,055
	2	7,32 1,13	25	0,698 1,492 2,344	6,5	9,416 16,744 6,838	2,5	15,270 34,186 5,370	0,5	4,206 7,142 0,224
	3	8,28 1,16	25	1,460 2,424 3,808	6,5	14,271 25,969 10,606	2,0	33,455 65,232 8,197	0,5	8,212 18,285 0,578
R	1	6,24 1,20	25	0,338 0,478 0,751	7,8 7,0	2,140 3,802 1,672	1,0	2,140 3,802 0,239	0,5	0,891 1,549 0,049
	2	7,30 1,15	25	0,393 0,760 1,194	4,5 4,0	4,906 14,815 3,723	0,8	4,906 14,815 0,745	0,5	2,403 7,775 0,244
	3	8,23 1,21	25	0,746 1,327 2,084	5,0 4,0	2,951 22,531 5,663	0,9	2,951 22,531 1,274	0,5	4,100 12,222 0,389
A	1	6,5 1,0	25	0,199 0,275 0,433	8,0	1,171 1,655 0,832	2,5	3,836 7,788 0,832	0,5	0,939 2,709 0,085
	2	7,6 0,93	25	3,912 5,920 0,930	5,5	3,664 6,760 2,336	1,2	17,026 3,098 2,336	0,5	5,906 13,578 0,427
	3 *	8,35 1,11	25	7,566 12,270 1,927	5,0	7,724 14,383 4,519	1,2	32,184 59,935 4,519	0,5	8,869 26,265 0,825
*) Auswertung ohne die Zeitverläufe vom Standort Molinis										

10.2 Untergrundunabhängige Freifeld-Bemessungsspektren

In gleicher Weise wie in Abschnitt 10.1 können auf der Grundlage von Abschnitt 4.3 untergrundunabhängige Freifeld-Bemessungsspektren ermittelt werden, die bei nicht näher bekannten Untergrundverhältnissen anzuwenden sind. Die Spektren sind nach wie vor nach der Standortintensität I auszuwählen und ggf. nach Gl. (10.1) zu skalieren.

In Bild 10.5 sind die Beschleunigungs-Antwortspektren für die drei Intensitätsklassen aufgetragen; die Dämpfung beträgt ebenfalls $D = 5 \%$. Die zugehörigen Eckpunkte sind in Tabelle 10.2^o angegeben.

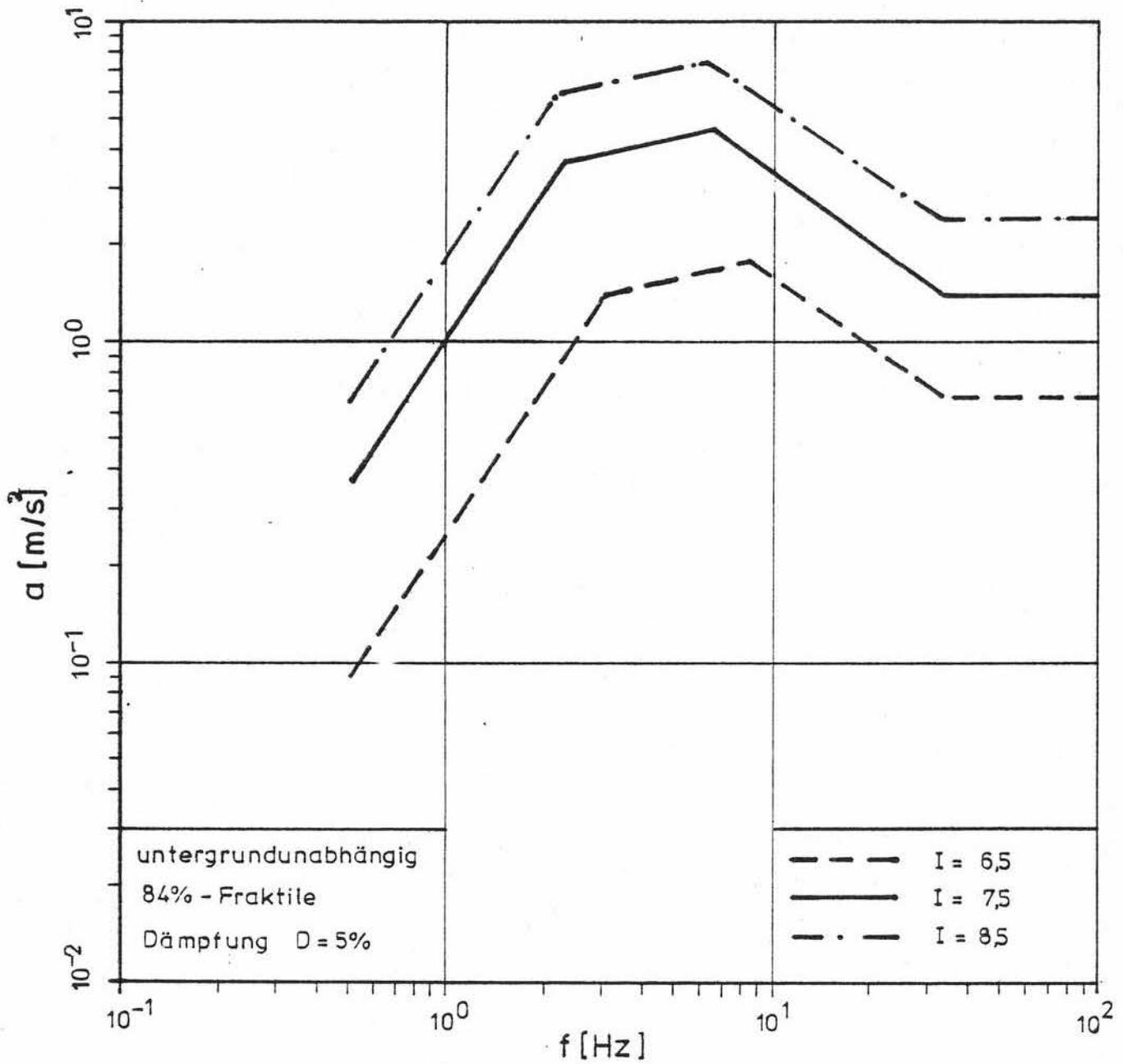


Bild 10.5 Untergrundunabhängige 84 % - Fraktile-Freifeld-Bemessungsspektren ($D = 5\%$)

Tabelle 10.2: Eckpunkte der untergrundunabhängigen Freifeld-Antwortspektren

Inten- sitäts- klasse	- I F	A		B		C		D	
		f	v 50% v 84% a 84%	f	v 50% v 84% a 84%	f	v 50% v 84% a 84%	f	v 50% v 84% a 84%
1	6,36 1,10	25	0,303	8,0	2,298	3,0	3,642	0,5	1,489
			0,515		3,727		7,268		2,903
			0,808		1,874		1,370		0,091
2	7,40 1,07	25	0,500	6,0	6,017	2,5	9,536	0,5	4,930
			1,070		12,006		23,409		11,826
			1,681		4,526		3,677		0,372
3	8,26 1,18	25	1,076	6,0	9,159	2,0	16,289	0,5	10,786
			1,786		17,454		44,862		21,031
			2,805		6,580		5,638		0,661

10.3 Intensitätsabhängige Festgestein-Bemessungsspektren

Nach Abschnitt 2 ist es vorteilhaft, die seismische Erregung an der Basis der Sedimentdecke vorzugeben, wenn Aufbau und Eigenschaften der Sedimentschichten an einem Standort näher bekannt sind (z.B. aus Tiefbohrungen). Hierfür können auf der Grundlage von Abschnitt 8.3 und 8.4 empirische Bemessungsspektren abgeleitet werden, die zweckmäßig als Fourier-Betragspektren der Beschleunigung angegeben werden.

Gegenüber den an der Oberfläche anstehenden Festgesteins aufgezeichneten Fourier-Betragspektren (Abschnitt 8.3) sind die Amplituden gemäß Abschnitt 8.4 noch um einen Faktor $0,5 \cdot 0,8$ zu reduzieren, wenn sie für die an der Sedimentbasis einfallende Welle gelten sollen. Das Ergebnis ist in Bild 10.6 gezeichnet.

Man erkennt, daß sich die Intensitätsabhängigkeit nur im mittleren und niedrigen Frequenzbereich auswirkt. Eine geringfügige Verschiebung der unteren Eckfrequenz mit zunehmender Intensität nach links wurde bei der Glättung außer acht gelassen. Die ansteigenden Äste der Spektren wurden wieder etwas angehoben, um den Filtereffekt bei der Zeitverlaufskorrektur auszugleichen.

Der Untergrundeinfluß kann nach Abschnitt 7 über eine Übertragungsfunktion berücksichtigt werden, die mit dem Bemessungsspektrum zu multiplizieren ist. Anschließend ist eine nochmalige Glättung des Freifeld-Fourierspektrums sowie eine Umrechnung in ein Antwortspektrum unter Berücksichtigung der Dämpfung vorzunehmen (vgl. Abschnitt 2).

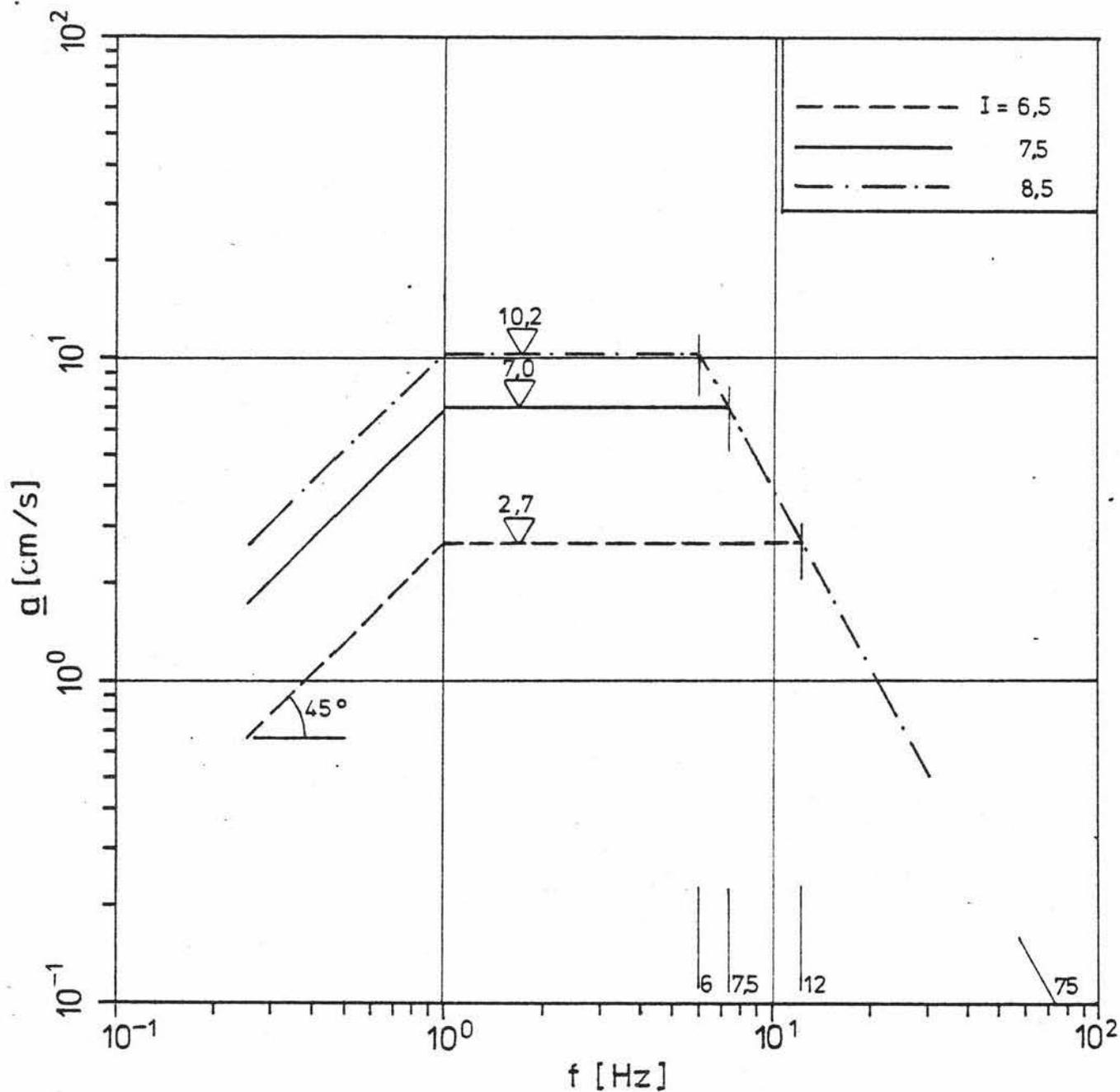


Bild 10.6 Intensitätsabhängige 84 % - Fraktile-Festgestein-Bemessungsspektren ($D = 5$ %)

11. ZUSAMMENFASSUNG UND WERTUNG

Der vorliegende Abschlußbericht faßt die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete des Forschungsvorhabens "Realistische seismische Lastannahmen" zusammen. Die Arbeitspakete wurden so konzipiert, daß sie den Themenkreis "seismische Lastannahmen für Bauwerke" möglichst vollständig und zum Teil redundant abdecken. Dies erschien dringend erforderlich, da die derzeitige Praxis bei nahezu allen Einzelfragen unbefriedigend ist und der in den letzten Jahren erheblich gewachsene seismologische Kenntnisstand in Verbindung mit einer breiter gewordenen Datenbasis realistischere Ansätze erlaubt. Verbleibende Unsicherheiten sollten durch Annäherung über alternative Lösungswege eingegrenzt werden.

Erklärtes Ziel des Forschungsvorhabens war es, die derzeit meist in Anlehnung an Vorgaben für seismisch aktive Gebiete wie Kalifornien festgelegten Lastannahmen für Bauwerke mit erhöhtem Sekundärrisiko durch realistischere Annahmen zu ersetzen, die den besonderen seismischen Verhältnissen in der Bundesrepublik bestmöglich Rechnung tragen. Hierzu gehört vor allem, daß die Lastannahmen der an einem betrachteten Standort zu erwartenden größten Intensität und nach Möglichkeit auch den Untergrundverhältnissen angepaßt sind. Beide Einflüsse bestimmen maßgeblich den Frequenzgehalt der seismischen Erregung sowie die Dauer starker Bodenbewegungen. Die für Deutschland typischen Erdbeben zeichnen sich durch einen geringeren Frequenzgehalt und kürzere Starkbebendauern aus als die für Kalifornien typischen Erdbeben.

Ein Arbeitspaket des Vorhabens befaßte sich daher damit, instrumentelle Aufzeichnungen von Erdbeben zu sammeln und hinsichtlich Frequenzgehalt und Starkbebendauer statistisch auszuwerten, welche für deutsche und mitteleuropäische Verhältnisse repräsentativ sind. Diese Arbeiten wurden von König und Heunisch durchgeführt mit seismologischer Beratung durch

Prof. Berckhemer. Als Ergebnisse der Untersuchung wurden

- untergrund- und intensitätsabhängige Freifeld-Antwortspektren für drei Untergrundklassen (M, R und A) und drei Intensitätsklassen (6-7, 7-8 und 8-9)
- untergrundunabhängige intensitätsabhängige Freifeld-Antwortspektren und
- untergrundabhängige und in erster Näherung intensitätsunabhängige Starkbebendauern

mit den zugehörigen Streubreiten ermittelt. Für die praktische Anwendung wurden die Antwortspektren durch Berechnung von 84 % - Fraktilen und Glättung auf einen Polygonzug als Bemessungshilfen aufbereitet.

Im zweiten Arbeitspaket wurde eine alternative Vorgabe der seismischen Lastannahmen verfolgt. Dabei wurden aus speziellen Informationen über den Herdvorgang Modellspektren der Erregung an der Oberfläche des Kristallins bzw. an der Basis der Sedimentdecke als "Basisspektren" analytisch bestimmt. Wesentliche Einflußgrößen sind das seismische Moment, die Bruchausbreitung sowie die geometrische Abnahme bei der Ausbreitung im Kristallin. Es wurden Basisspektren für drei Referenzbeben hergeleitet, die die Gesamtheit der in der Bundesrepublik möglichen Schadenbeben nach oben abgrenzen.

Der Einfluß des Untergrundes an dem betrachteten Standort wird bei diesem Vorgehen ebenfalls analytisch mit Hilfe einer Übertragungsfunktion erfaßt. Die Berechnung für eine eindimensionale Ausbreitung von SH-Wellen in vertikaler Richtung wird erläutert und auf einige deutsche Standorte angewendet. Es werden Hinweise zur Modellabbildung des Untergrundes gegeben. Diese Arbeiten wie die zu den Basisspektren wurden hauptsächlich von der Stuttgarter Arbeitsgruppe unter Prof. Schneider ausgeführt. Als besonderer Aspekt wurde in einem Beitrag

der Hochtief AG die Auswirkung schräg in die Sedimentdecke einfallender Wellen behandelt. Es zeigte sich, daß die Berechnung mittels eindimensionaler Wellenausbreitung für praktische Belange genügend genau ist und im Vergleich zur genaueren Betrachtung des mehrdimensionalen Wellenfeldes aus P-, SV- und SH-Wellen auf der sicheren Seite liegt.

Im Sinne der erwähnten Redundanz wurden die in diesem Arbeitspaket ermittelten synthetischen Basisspektren anhand der aus den Erdbebenregistrierungen an Felsstandorten rückgerechneten empirischen Basisspektren von König und Heunisch gemeinsam mit Prof. Berckhemer überprüft. Die Übereinstimmung ist in dem für Bauwerke relevanten Frequenzbereich zufriedenstellend.

Im dritten Arbeitspaket befaßte sich die Bensberger Arbeitsgruppe von Prof. Ahorner mit der Seismizitätsanalyse des Bundesgebietes und der Erstellung einer Erdbebenzonenkarte nach dem derzeitigen Kenntnisstand. Gegenüber früheren Arbeiten auf diesem Gebiet wurden einige entscheidende Verbesserungen erzielt:

- ein erweiterter Erdbebenkatalog mit über 1700 Ereignissen als Datenbasis
- spezielle aus dieser Datenbasis abgeleitete Zusammenhänge zwischen Herdparametern, Nahbebenmagnitude und Standortintensität
- ein Seismizitätsmodell auf der Basis historischer Erdbeben sowie allgemeiner geologischer und seismologischer Modellvorstellungen
- eine probabilistische Abgrenzung der Erdbebenzonen unter Berücksichtigung der Intensitäts-Häufigkeits-Beziehung
- die probabilistische Erfassung der verbleibenden Unsicherheiten in den Eingangsdaten des Seismizitätsmodells mittels Monte-Carlo-Simulation .

Auf diese Weise konnten verlässlichere Erdbebenzonenkarten erstellt werden, welche die früheren, sich zum Teil widersprechenden Karten (DIN 4149neu und KTA 2201.1) ersetzen können.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß das Forschungsvorhaben bei allen Arbeitspaketen deutliche Fortschritte gegenüber der derzeitigen Praxis erbracht und die gesteckten Ziele im wesentlichen erreicht hat. Insbesondere konnten realistischere und konsistentere Lastannahmen entwickelt werden als derzeit verwendet werden. Trotzdem muß ein gewisser Vorbehalt angemeldet werden. Er betrifft einerseits die Datenbasis für die statistischen Auswertungen von Erdbebenzeitverläufen. Obgleich über 1200 Zeitverläufe digitalisiert vorlagen, konnten aufgrund der vereinbarten Auswahlkriterien nur 84 Zeitverläufe in die endgültige Auswertung einbezogen werden. Dadurch ist vor allem die Datenbasis für Antwortspektren der Untergundklassen R(ock) und A(lluvium) etwas dürftig. Eine Erweiterung durch Hinzunahme weiterer Strong motion-Seismogramme wäre wünschenswert; sie dürfte allerdings an den aufgezeigten Tendenzen kaum etwas ändern. Auch bezüglich der analytischen und empirischen Basisspektren ist eine weitere Absicherung sinnvoll und möglich. Im ersten Fall betrifft dies besonders die Parameter des Herdvorgangs, bei denen noch einige konservative Annahmen getroffen werden mußten. Diese führen offensichtlich zu etwas anderen Spektralverläufen als bei den empirischen Basisspektren. Letztere sind allerdings mit dem gleichen Vorbehalt zu versehen wie die Freifeld-Antwortspektren.

Unabhängig davon können jedoch seismische Lastannahmen für besondere Bauwerke in der vorgeschlagenen Weise und unter Verwendung der angebotenen Bemessungshilfen nunmehr hinreichend realistisch festgelegt werden.

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 1

zum

ABSCHLUSSBERICHT

BEZEICHNUNGEN

BEZEICHNUNGEN

Zu 1. Einleitung:

I	= makroseismische Intensität (MSK-Skala)
a_{\max}	= maximale Freifeld-Bodenbeschleunigung (m/s^2)
v_{\max}	= maximale Freifeld-Bodengeschwindigkeit (cm/s)
M	= Erdbebenmagnitude (Richter-Skala)

Zu 2. Grundkonzept:

ω	= $2 \pi \cdot f$ = Kreisfrequenz
$H(\omega)$	= Herdspektrum (Fourier-Betragsspektrum, i.d.R. der Beschleunigung in cm/s)
$G(\omega)$	= spektrale Durchlaßfunktion (Übertragungsfunktion) des Grundgebirges
R	= hypozentrale Herdentfernung (km)
$S(\omega)$	= spektrale Durchlaßfunktion (Übertragungsfunktion) der Sedimentdecke
$Q(z)$	= tiefenabhängige Dichte der Sedimente (kg/m^3)
V_p	= Druckwellengeschwindigkeit (m/s o. km/s)
V_s	= Scherwellengeschwindigkeit (m/s o. km/s)
Q	= Qualitätsfaktor von Kristallin oder Sedimenten
Q^{-1}	= Dämpfungsmaß
$A(\omega)$	= Fourier-Betragsspektrum (der Beschleunigung in cm/s) für die Freifeld-Bewegung
$R_a(\omega, D)$	= Einmassenschwinger-Antwortspektrum der Beschleunigung a (cm/s^2 o. m/s^2)

- $R_V(\omega, D)$ = Einmassenschwinger-Antwortspektrum der Pseudogeschwindigkeit (cm/s)
- D = Dämpfungsmaß (i.d.R. % der kritischen Dämpfung)
- $K(D)$ = frequenzabhängiger Korrekturfaktor zur Berücksichtigung einer schwachen Dämpfung D
- a_{\max} = maximale Freifeld-Bodenbeschleunigung (cm/s² o. m/s²)
- v_{\max} = maximale Freifeld-Bodengeschwindigkeit (cm/s)

Zu 3. Datenbasis:

- MWA = Lokale Magnitude, Nahbebenmagnitude (Richter-Skala) $\hat{=} M_L \hat{=} M$
- MWA_{\max} = maximale Magnitude eines Erdbebengebietes
- MWA_{\min} = minimale, für bautechnische Belange maßgebende Magnitude
- R_E = epizentrale Herdentfernung (km)
- I_O = Epizentralintensität (MM- oder MSK-Skala)
- h = Herdtiefe unter Bodenoberfläche (km)
- R = hypozentrale Herdentfernung (km) = $\sqrt{R_E^2 + h^2}$
- I = makroseismische Intensität am Standort = Standortintensität (MSK-Skala)
- α = Energieabsorptionskoeffizient (km⁻¹)
- V_P = Druckwellengeschwindigkeit (m/s o. km/s)
- V_S = Scherwellengeschwindigkeit (m/s o. km/s)
- ρ = Dichte (g/cm³ o. kg/m³)
- ν = Poisson-Zahl

Zu 4. Freifeld-Antwortspektren:

I_m	= mittlere (Standort-)Intensität einer Intensitätsklasse (MSK-Skala)
I	= Mittelwert der (Standort-)Intensität der Stichprobe einer Intensitätsklasse (MSK-Skala)
a	= Bodenbeschleunigung (cm/s^2 o. m/s^2).
V	= Pseudogeschwindigkeit (cm/s) = Bodenverschiebung (cm)
ω	= $2\pi \cdot f$ = Kreisfrequenz
f	= Frequenz (Hz)
F	= Skalierungsfaktor für Spektralampplituden (v oder a)
D	= Dämpfungsmaß (% der kritischen Dämpfung)

Zu 5. Starkbebendauer:

t	= Zeitdauer nach Beginn des Erdbebens (s)
t_S	= Starkbebendauer (s)
t_E (x %)	= Zeitdauer in der das Integral $\int a^2 dt$ x % seines Endwertes erreicht
\bar{t}_S	= Mittelwert der Starkbebendauer für die statistisch ausgewertete Stichprobe einer Untergrunds- und Intensitätsklasse
S_{tS}	= Standardabweichung der Starkbebendauer
a	= Bodenbeschleunigung (cm/s^2 o. m/s^2)

a_0 = maximale Bodenbeschleunigung eines Erdbebens
(cm/s^2 o. m/s^2)

t = Zeitdauer nach Beginn des Erdbebens (s)

Zu 6. Synthetische Basisspektren:

a) Herd

M_L = Oberflächenwellenmagnitude

M_0 = $G \cdot q_0 \cdot A_0$ = Betrag des Herdmoments (Nm)

G = Schermodul (N/m^2)

q_0 = mittlerer Betrag der Herddislokation (m)

A_0 = Herdfläche (m^2)

A_0 = $l_0 \cdot w_0$

l_0 = Herdlänge (m)

w_0 = Herdtiefenerstreckung (m)

r_0 = $\sqrt{A_0/\pi}$ = Herdradius (m)

b_0 = $\sqrt{A_0}$ = Herdseitenlänge (m)

\bar{v}_{F0} = mittlerer Betrag der Bruchgeschwindigkeit (m/s^2)

ϑ = horizontaler Abstrahlwinkel ($^\circ$)

φ = vertikaler Abstrahlwinkel ($^\circ$)

R_0 = $R_0^{SH}(\vartheta, \varphi)$ = Abstrahlcharakteristik für SH-Wellen

b) Ausbreitungsmedium

v_s = Scherwellengeschwindigkeit (m/s)

ρ	= Dichte (kg/m^3)
ξ	= $0.33 v_s + 1630$
Q_s	= Ausbreitungsqualität für S-Wellen (d.I.)
R_E	= Epizentralentfernung auf der Basisoberkante (m)
z_o	= Herdtiefe für Basisoberkante (m)
s	= Hypozentralentfernung zur Basisoberkante (m)

c) Signal und Spektrum

f	= Frequenz (Hz)
ω	= Kreisfrequenz (s^{-1})
f_c	= Eckfrequenz (Hz)
ω_c	= Eckkreisfrequenz
\underline{u}	= spektrale Amplitudendichte der Bodenverschiebung ($\text{m/Hz} = \text{ms}$)
\underline{a}	= spektrale Amplitudendichte der Bodenbeschleunigung ($\text{m/s}^2/\text{Hz} = \text{m/s}$)

Zu 7. Übertragungsfunktionen:

h_i	= Schichtdicke der Sedimentschicht i (km)
	= Dichte der Sedimentschicht i (g/cm^3 o. kg/m^3)
V_{Si}	= Scherwellengeschwindigkeit (m/s o. km/s)
Q_i	= Qualitätsfaktor der Schicht i
D_i	= Dämpfungsmaß der Schicht i (%)
ψ_1	= Einfallswinkel der seismischen Welle (gegen die Horizontale gemessen) in der Sedimentdecke

ψ_2	= Einfallswinkel der seismischen Welle im Grundgebirge
R_E	= epizentrale Herdentfernung (km)
I_0	= Epizentralintensität (MSK-Skala)
I	= Standortintensität (MSK-Skala)

Zu 8. Empirische Basisspektren:

ρ	= Dichte (g/cm^3)
V_S	= Scherwellengeschwindigkeit (m/s)
Z	= $\rho \cdot V_S$ = Impedanz
D'	= Durchlaßfaktor für diskontinuierlichen Übergang
D''	= Durchlaßfaktor für kontinuierlichen Übergang
f_0	= Resonanzfrequenz (Hz)
h	= Dicke der Deckschicht (km)
A	= Amplitudenabnahmefaktor
Q_S	= Qualitätsfaktor
ρ_K, V_{SK}	= Angaben für Kristallin
ρ_B, V_{SB}	= Angaben für Basis-Festgestein
\bar{D}	= $1/2 (D' + D'')$ = mittlerer Durchlaßfaktor

zu 9. Erdbebenzonenkarte:

M_L	= Lokalbebenmagnitude (= MWA)
I_0	= Epizentralintensität (MSK-Skala)
$I(R)$	= makroseismische Intensität in der Hypozentralentfernung R (MSK-Skala)
I_{10km}	= Intensität in der Hypozentralentfernung 10 km
I_n	= Intensität in der Hypozentralentfernung R_n
α	= Absorptionskoeffizient (km^{-1})
R_s	= Mittlerer Radius des fühlbar erschütterten Gebietes (km)
M_0	= Herdmoment (dyn·cm)
r_0	= Herdradius (km)
M_{max}	= Magnitudenobergrenze
(x)	= mittlere Überschreitensrate von x
A, A'	= Bezugsfläche des Erdbebengebietes (km^2)
T, T'	= Bezugszeitraum (Jahre)
m	= Erwartungswert der Extremwerte
σ	= Standardabweichung der Extremwerte
τ	= Schiefe der Extremwertverteilung
Γ	= Gamma-Funktion
f_1, f_2	= Koeffizienten
a_1, a_2, \dots	= Regressionskoeffizienten

zu 10. Bemessungshilfen:

v	= Pseudogeschwindigkeit (cm/s)
a	= Beschleunigung (m/s^2)
\underline{a}	= Fourier-Betrag der Beschleunigung (cm/s)
f	= Frequenz (Hz)
F	= Skalierungsfaktor für v oder a
I_m	= mittlere Intensität einer Intensitätsklasse
$v_{x\%}$	= x %-Fraktile der Pseudogeschwindigkeit
$a_{x\%}$	= x %-Fraktile der Beschleunigung
D	= Dämpfungsmaß (% der kritischen Dämpfung)

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 2

zum

ABSCHLUSSBERICHT

LITERATURZUSAMMENSTELLUNG

LITERATURZUSAMMENSTELLUNG

Zu 1. Einleitung:

- 1.1 Hisada, T., Y. Ohsaki, M. Wataba and T. Ohta:
Design Spectra for Stiff Structures on Rock,
Reprint, University of Tokyo, 1979
- 1.2 Housner, G. W.: IASPEI - General Assembly, Plenary
Lecture, London - Ontario, 1981
- 1.3 Schneider, G.: Gutachten GKN II - Auslegung gegen
Erdbeben, 1975
- 1.4 Berckhemer, H.: Gutachten, Kern-
kraftwerk Biblis - Block B; Seismologische Gutachten
für die Berechnung der möglichen Erdbebenbeanspru-
chung, 1971

Zu 2. Grundkonzept:

- 2.1 Haskell, N. A.: Crustal reflection of plane SH-
Waves. J. Geophys. Res., 65 (1960), 4147 - 4150
- 2.2 Sponheuer, W.: Methoden zur Herdtiefenbestimmung in
der Makroseismic. Freiburger Forschungsreihe,
Reihe C 88, 1960, 1 - 120
- 2.3 Riznichenko, T. G. Kondrat'Yeva and S. S. Seyduzova:
Fourier Spectra and Response Spectra of Seismic Os-
cillations. Izv. Earth Physics, 6 (1976) 3 - 14

Zu 3. Datenbasis:

- 3.1 CNEN - Proceedings of the Specialist Meeting on the 1976 Friaul Earthquake and the Antiseismic Design of Nuclear Installations, Rom, 1978
- 3.2 Trifunac, M. D. and A. G. Brady: On the Correlation of Seismic Intensity Scales with the Peaks of Recorded Strong Ground Motion. Bull. Seismol. Soc. Am. 65 (1975), 139 - 162
- 3.3 Schreiben von CEA, Paris, vom 18. 11. 1982
- 3.4 Schneider, G. und J. Wieck: Veröffentlichungen in "Mitteilungen des Instituts für Bautechnik", Heft 2/79, 1/80 und 2/81
- 3.5 Trifunac, M. D. et al.: Routine Computer Processing of Strong-Motion Accellerograms
- 3.6 Ahorner, L.: Seismicity and Neotectonic Structural Activity of the Rhine Graben System in Central Europe - In: A. R. Ritsema and A. Gürpınar (edits.), Seismicity and Seismic Risk in the Offshore North Sea Area, pp. 101 - 111, Reidel Publ. Comp., Dordrecht, 1982
- 3.7 Sponheuer, W.: Methoden zur Herdtieferbestimmung in der Makroseismic. Freiburger Forschungsreihe, Reihe C 88, 1960, 1 - 120
- 3.8 Karnik, V.: Seismicity of the European Area, Part 1. D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht, 1969

- 3.9 EMSC - Working Group: Revised Hypocentres and Magnitude Determinations of Major Friuli Shocks, 1976. Bull. Geoph.-Appl.-Vol. XIX, n. 72, Special Issue: Proc. of the International Meeting on the Friuli Earthquake, 1978
- 3.10 Müller, G.: Fault-Plane Solution of the Earthquake in Northern Italy, 6. May 1976, and Implications for the Tectonics of the Eastern Alps. J. Geophys. 42 (1977), 343 - 349
- 3.11 Hayashi, S., H. Tsuchida and E. Kurata: Average Response Spectra for Various Subsoil Conditions. "3rd Joint Meeting, U.S. - Japan Panel on Wind and Seismic Effects, UJNR, Tokyo, May 10 - 12, 1971
- 3.12 Seed, H. B., C. Ugas and J. Lysmer: Site-Dependent Spectra for Earthquake-Resistant Design. EERC, Berkeley, California, 1974
Lysmer, J., H. B. Seed and P. B. Schnabel: Influence of Base-Rock Characteristics on Ground Response. Bull. Seis. Soc. Am. 61 (1971), 1213 - 1231
- 3.13 Newmark, N. M., J. A. Blume and K. Kapur: Design Response Spectra for Nuclear Power Plants. Paper presented at the Structural Engineering ASCE Conf., San Francisco, California, April 1973
- 3.14 Schön, J.: Petrophysik. Enke-Verlag Stuttgart (Akademie-Verlag, Berlin, DDR), 1983
- 3.15 Christensen, N. I.: Seismic Velocities. In: R. S. Carmichael (Edit.): Handbook of Physical Properties of Rocks, Vol. II., 1982

- 3.16 Ebblin, C.: Orientation of stresses and strains in the Piedemont Area of Eastern Friauli, NE-Italy. In: Bull. di Geofisica 1976, Vol. 14,72, Part 1, 599 - 579
- 3.17 Newmark, N.M. and W.J. Hall: Seismic Design Criteria for Nuclear Facilities. 4th World Conf. Earthquake Engineering, Santiago, Chile, 1969

Zu 4. Freifeld-Antwortspektren:

- 4.1 Ahorner, L.: Realistische Abschätzung der Erdbeben-Lastannahmen für den Standort SNR-300 bei Kalkar am Niederrhein nach dem derzeitigen seismologischen Kenntnisstand. Bericht für Risikoorientierte Analyse zum SNR-300, Bensberg, 20. 3. 1983.

Zu 5. Starkbebendauer:

- 5.1 Bolt, B. A.: Duration of Strong Ground Motion. Proc. of 5th WCEE, Rome, 1973
- 5.2 Page, R. A., D. M. Boore, W. B. Joyner and H. W. Coulter: Ground Motion Values for Use in the Seismic Design of the Trans-Alaska Pipeline System. U. S. Geol. Surv., Circ. 672, 1972
- 5.3 Husid, R., H. Median and J. Rios: Analisis de Terremodos Norteamericanos y Japonesesses, Revista del IDIM 8, Chile, 1969
- 5.4 Donovan, N. C.: Earthquake Hazards for Buildings. Proc. National Workshops on Building Pract. for Disaster Mitigation, Nat. Bureau of Standards, Boulder, Colorado, 1972

- 5.5 Trifunac, M. D., and A. G. Brady: A Study of the Duration of Strong Earthquake Ground Motions. Bull. Seism. Soc. Am., 65 (1975), 581 - 626
- 5.6 Kennedy, R. P.: Peak acceleration as a measure of damage. 4th Intern. Seminar on Extreme Load Design of Nuclear Power Facilities, Paris, August 1981
- 5.7 McCann, W.-Jr. and H. C. Shah: Determining Strong-Motion Duration of Earthquakes. Bull. Seism. Soc. Am., 69 (1979), 1253 - 1265
- 5.8 Vanmarcke, E. H. and S. S. Lai: Strong-Motion Duration and RMS Amplitude of Earthquake Records. Bull. Seism. Soc. Am. 70 (1980), 1293 - 1307

Zu 6. Synthetische Basisspektren:

- 6.1 Braun, K.: Heat flow measurements in the Federal Republic of Germany. In: Terrestrial Heat Flow in Europe. Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag, 1979
- 6.2 Gelbke, C.: Lokalisierung von Erdbeben in Medien mit beliebiger Geschwindigkeits-Tiefen-Verteilung unter Einschluß späterer Einsätze und die Hypozentren im Bereich des südlichen Oberrheingrabens von 1971 - 1975. Dissertation, Universität Karlsruhe, 1978.
- 6.3 Gilg, B.: Hypozentrumsbestimmung von lokalen Erdbeben im Bereich des Oberrheingrabens der Jahre 1971 - 1975. Diplomarbeit, Geophysik. Institut d. Universität Karlsruhe, 1980.

- 6.4 Hänel, R. (Herausgeber): Atlas of Subsurface Temperatures in the European Community. Hannover: Verlag Th. Schäfer GmbH, 1980.
- 6.5 Geller, R. J.: Scaling Relations for Earthquake Source Parameters and Magnitudes. Bull. Seism. Soc. Am 66 (1976), 1500 - 1523
- 6.6 Brune, J.: Tectonic Stress and Spectra of Seismic Shear-Waves from Earthquakes. Journ. Geophys. Res. 75 (1970), 4997 - 5003
- 6.7 Aki, K.: Scaling Law of Seismic Spectrum. Journ. Geophys. Res. 72 (1967), 1217 - 1231
- 6.8 Aki, K.: Scaling Law of Earthquake Source Time Function. Geophys. J. R. astr. Soc. 31 (1972), 3 - 25
- 6.9 Savage, J. C.: Relation of Corner Frequency to Fault Dimensions. Journ. Geophys. Res. 77 (1972), 3788 - 3795
- 6.10 Hasegawa, H. S.: Theoretical Synthesis and Analysis of Strong Motion Spectra of Earthquakes. Canadian Geotech. J. 11 (1974), 278 - 297
- 6.11 Hoang-Trong, P.: Some Medium properties of the Hohenzollern (Swabian Jura, Western Germany) inferred from the Q_p/Q_s - Analysis. Phys. Earth's and Planet. Int. 31 (1983), 119 - 131
- 6.12 Kurita, I.: Attenuation of Shear Waves along the San Andreas Fault Zone in Central California. Bull. Seism. Soc. Am. 65 (1975), 277 - 292

- 6.13 Scherbaum, F.: Untersuchungen zur Struktur der P- und S-Phasen im Epizentralgebiet. Dissertation Universität Stuttgart, 1980
- 6.14 Bakun, W. H., Bufe, Ch. G.: Shear-Wave Attenuation along the San Andreas Fault Zone in Central California. Bull. Seism. Soc. Am. 65 (1975), 437 - 459
- 6.15 Bakun, W. H., Bufe, Ch. G., Stewart, R. M.: Body-Wave Spectra of Central California Earthquakes. Bull. Seism. Soc. Am. 66 (1976), 363 - 384
- 6.16 Cheng, C. C., Mitchell, B. J.: Crustal Q Structure in the United States from Multi-Mode Surface Waves. Bull. Seism. Soc. Am. 71 (1981), 161 - 181
- 6.17 Schneider, G.: Seismological Study of the Urach Geothermal Anomaly. The Urach Geothermal Project. Schweizbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 1982

Zu 7. Übertragungsfunktionen:

- 7.1 Haskell, N. A.: The Dispersion of Surface Waves on Multilayered Media . Bull. Seism. Soc. Am. 43 (1953)
- 7.2 Haskell, N. A.: Crustal reflection of Plane SH-Waves. Journ. of Geophys. Res. 65 (1960)
- 7.3 Thomson, W. T.: Transmission of Elastic Waves through a Stratified Solid Medium. Journal of Appl. Physics, 21 (1950)

- 7.4 Roesset, J. M., T. J. Jones: Soil Amplification of SV and P Waves. MIT Research Report R 70 - 3, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., 1970
- 7.5 Roesset, J. M.: Soil Amplification, ICCAD Course on Soil Dynamics for Earthquake Design. S. Margherita, Italy, Jan. 21 - 23, 1976
- 7.6 Roesset, J. M.: Soil Amplification of Earthquakes, in "Numerical Methods in Geotechnical Engineering", Ed. Desai C. S. and Christian, J. T., McGraw-Hill, New York, 1977
- 7.8 Richart, F. E. Jr.: Some Effects of Dynamic Soil Properties on Soil-Structure Interaction. ASCE, Journal of the Geotechnical Engineering Division, Vol. 101, No. GT 12, December 1975
- 7.9 Lysmer, J., T. Udaka, C. F. Tsai and H. B. Seed: FLUSH-a Computer Program for Approximate 3-D Analysis of Soil Structure Interaction Problems. EERC-Report 75 - 30. Earthquake Engineering Center, University of California, Berkeley, November 1975
- 7.10 Wolf, J. P., P. Obernhuber: Free-Field Response from Surface and Inclined Body Waves, 6th Conf. on Struct. Mechanics in Reactor Techn. (SMIRT), K 2/1, Paris 1981
- 7.11 Wolf, J. P., P. Obernhuber: Free-Field Response from Inclined SH-Waves and Love-Waves, Earthquake Engineering and Struct. Design, 10, 1982
- 7.12 Wolf, J. P., P. Obernhuber: Free-Field Response from Inclined SV- and P-Waves and Rayleigh-Waves, Earthquake Engineering and Struct. Design, 10, 1982

Zu 8. Empirische Basisspektren:

- 8.1 Richter, C. F.: Elementary Seismology. Freeman & Co., 1958

Zu 9. Erdbebenzonenkarte

- 9.1 Leydecker, G., H.P. Harjes: Seismische Kriterien zur Standortauswahl kerntechnischer Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland, - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Abschlußbericht BMFT-Forschungsprojekt, Hannover 1978
- 9.2 Sponheuer, W.: Methoden zur Herdtiefenbestimmung in der Makroseismik. Freiburger Forschungsreihe, Reihe C 88, 1960, 1- 120
- 9.3 Ahorner, J.: Seismicity and Neotectonic Structural Activity of the Rhine Graben System in Central Europe. In: Seismicity and Seismic Risk in the Off-shore North Sea Area (A. R. Ritsema, A. Gürpiner, Edts.), NATO Advanced Study Institutes Series C, Vol. 99. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1982
- 9.4 Ahorner, L. and W. Rosenhauer: Seismic Risk Evaluation for the Upper Rhine Graben and its Vicinity. Journ. Geophys. 44 (1978), 481-497
- 9.5 Rosenhauer, W.: Methodological Aspects Encountered in the Lower Rhine Area Seismic Hazard Analysis. In: Seismicity and Seismic Risk in the Off-shore North Sea Area (vol. 9.3)

- 9.6 Rosenhauer, W.: Probabilistische seismische Standortanalyse. III. Seminar der Gesellschaft für Sicherheitswissenschaften (gfs), 23./24. Juni 1983, Kraftwerk Union, Offenbach

Weitere Referenzen in den genannten Unterlagen.

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULISCHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 3

zum

ABSCHLUSSBERICHT

LISTE DER VERWENDETEN ZEITVERLÄUFE

H. Klein

D. Hossler

J. Kopera

LISTE DER VERWENDETEN SEISMOGRAMME

Zu den in Abschnitt 3.1 des Haupttextes genannten Zeitverläufen sind in der beiliegenden Computerliste folgende Daten - soweit bekannt - erfaßt:

D	= Hypozentralentfernung R (km)
DEP	= Epizentralentfernung R_E (km)
MAG	= Nahbebenmagnitude MWA ($\cong M_L$)
EPI	= Epizentralintensität I_0 (MSK bzw. MM)
INT	= Standortintensität I (MSK)
AMAX	= Maximalbeschleunigung a_{max} (m/s ²)
SC	= Soil conditions - <u>Rock</u> <u>Medium</u> <u>Alluvium</u>
LO	= Location - <u>Ground</u> <u>Tunnel</u> <u>Basement</u> <u>Dam</u>

Die Klassifizierung nach Untergrundklassen (SC) erfolgte aufgrund der nachfolgend zusammengestellten Kurzbeschreibungen der Untergrundverhältnisse, die der in Abschnitt 3 unter [3.1 - 3.4] genannten Literatur entnommen wurden.

Die Kurzbeschreibungen der in die endgültige Auswertung aufgenommenen Standorte aus dem Friaul-Gebiet (Italien) sind vorangestellt. Sie wurden gesondert überprüft. Die weiteren Beschreibungen wurden ungeprüft übernommen.

Beschreibung des Stationsuntergrunds der strong motion
Akzelerographen von bearbeiteten FRIAUL Registrierungen :

1. BUIA: Rezente, alluviale Ablagerungen relativ großer
Mächtigkeit
Ref.: (3)

2. FORGARIA-CORNINO: Rezente, alluviale Ablagerungen (Kies,
Sand, Schlamm), etwa 10-15m mächtig über-
lagern Mergel und Sandstein des Miozän; genei-
gtes Grundgebirge.
Ref.: (1)

3. MAIANO: Etwa 20m Kies-Sandgemisch mit schlammigen,
linsenförmigen Toneinlagerungen, überlagert
einer mächtigen Basis aus steifem Ton mit
Kies (aus stratigraphischer Bohrung bis 30m
Tiefe).

Aus refraktionsseismischen Messungen:

Tiefe der Schichtung in Meter	P-Wellengeschwindigkeit in m/s
2	500
20	800
20	3000

Ref.: (1)

4. San ROCCO: Anstehender harter Kalkstein
Ref.: (1)

Lagiger, zerklüfteter Kreide-Kalkstein, etwa
100m mächtig, auf schräg einfallendem Sandstein
und Mergel des Miozän.

Ref.: (2)

5. SOMPLAGO: Zerklüfteter Kalkstein- und Dolomitkomplex
der Trias.

Ref.: (3)

Geophysikalische Messungen ergaben eine Kom-
pressionswellengeschwindigkeit $v_p \approx 4300\text{m/s}$ un-
terhalb der Station D innerhalb eines unter-
irdischen Wasserkraftwerks und $v_p \approx 3000\text{m/s}$ für
die Stationen E (tail race) und F (cables tunnel).

Ref.: (1)

6. TARCENTO: Rezente, alluviale Ablagerungen von etwa 10m Schichtdicke überlagern Sedimenten aus Mergel und Sandstein unbekannter Mächtigkeit.
Ref.: (3)

7.&8. TOLMEZZO I & II: Zerklüfteter Kalkstein- und Dolomitkomplex der Trias.
Ref.: (3)
Geschwindigkeitstiefenprofil aufgrund geophysikalischer Messungen:

Tiefe der Schichtung in Meter	P- Wellengeschwindigkeit in m/s
0 - 2	450
2 - 20	900
20	2500 - 4100

Ref.: (4)

9. MOLINIS: Stratigraphische Standortbeschreibung nach

Schichtmächtigkeit in Meter	Stratigraphische Beschreibung
20	Moränenschutt und rezentes Alluvium
50	Konglomerat des Pliozän
50	Miozän
100	Eozän
?	Kalkstein

10. CORNINO: Stratigraphische Standortbeschreibung nach

Schichtmächtigkeit in Meter	Stratigraphische Beschreibung
10	Alluvium (Schuttkegel)
100	Oberkreide (Mergel)
?	Eozän
?	Kalkstein

Weitere Stationen im Friaul (nach [3.1]):

ASIAGO: dünn geschichteter, stark gebrochener Jura-Kalkstein

BARCIS: Schuttkegel (über 4 m) überlagert stark gebrochenen blättrigen Kreide-Kalkstein

CASTELFRANCO: angeschwemmte Gletscherablagerungen (Kies) (50-60 m) überlagern sandige schlammige Sedimente des Quartär

CODROIPO: Angeschwemmte Gletscherablagerungen (Kies) (50 - 60 m) überlagern sandige schlammige Sedimente des Quartär

CONEGLIANO: Angeschwemmte Gletscherablagerungen (Kies) (etwa 35 m) überlagern Konglomerate mit Mergel und Ton im Wechsel

CORTINA D'AMP.: Massiver gespaltener - Dolomit aus dem Trias

FELTRE: Dünn geschichteter kalkreicher Mergel und mergeliger Kalkstein mit geschupptem Bruch

MALCESINE: Ziemlich zementierte angeschwemmte Konglomerate
(über 40 m) überlagert geschichteter Kalkstein
aus dem Jura

MONSELICE: Dünn geschichteter kalkhaltiger Mergel und mergeliger
Kalkstein mit geschuppten Brüchen

TREGNAGO: Tuffstein mit roter Erde und Kieselstein (über 3 m)
überlagert kreidehaltigen Kalkstein und Mergel

Erdbebenaufzeichnungen USA (nach [3.2]):

ALEX. BLDG. SF. - Sand und Ton über dünn gelagertem Schiefer
und Sandstein

CHOLAME SHANDON - Alluvium
NO. 2

CHALAME SHANDON - Unkonsolidierter seichter Erdboden und
NO. 5 Alluvium überlagert locker konsolidierten
Sand, Kies, Schlamm und Ton.

CHOLAME SHANDON - Alluvium
NO. 8

CHOLAME SHANDON - Unkonsolidierter seichter Erdboden und
NO. 12 Alluvium überlagert locker konsolidierten
Sand, Kies, Schlamm und Ton.

EL CENTRO - Alluvium mehrere 1000 Fuß

EUREKA

FERNDALE - 1500 Fuß locker konsolidierte schwere
Konglomerate, Sandstein und Ton aus den
Plio-Pleistozen

GLDN. GATE PK. - Zutageliegen von "Franciscan chert"
und dünn eingelagertem Schiefer

HELENA

HOLLISTER CAL.

HOLLYWOOD PENTH. - 700 Fuß Alluvium

- HOLLYWOOD BSMT. - 700 Fuß Alluvium
- HLWD. STGE. BSMT. - 700 Fuß Alluvium
- ML. WD. STGE. PELOT - 700 Fuß Alluvium
- OAKLAND C. M. BSMT - ca. 250 Fuß unkonsolidierte aus dem Quartär stammende terrassenförmige Ablagerungen.
- OLYMPIA WASHINGTON - Sand- und Schlammfüllungen über Alluvium (jung) - unkonsolidierter Ton, Schlamm, Sand und Kies.
- PASADENA
- SAN DIEGO - Alluvium (flach) = 50 - 100 Fuß über sedimentarem Fels
- SANTA BARBARA - ca. 600 Fuß zement. Alluvium über Sand, Schlamm und Ton.
- SAN LUIS OBISPO - Dünne Schichten Alluvium und Flußkies über Sandstein, Konglomerat und Schiefer
- SAN JOSE - Unkonsolidiertes Alluvium und den Gezeiten ausgesetzte Ablagerungen.
- SAN ONOFRE
- SEATTLE
- SF. STATE BLDG - Dünensand über Ton, SAND und Kies
200 Fuß zum Grundgestein - Schiefer mit eingelagertem feinkornigem Sandstein.
- S. P. BLDG. BSMT. - Sandschicht über Ton, Sand und Kies.
285 Fuß zum "Franciscan" Grundgestein aus Sandstein und Schiefer

- TAFI - Alluvium, Sand und dünne Schichten Kies aus dem Quartär über 2000 Fuß konsolidiertem Kies, Sand und Ton.
- TEMBLOR - Serpentin unbestimmten Alters und hartes mehrfach gebrochenes Grundgestein.
- VERNON

Erdbebenaufzeichnungen Algerien (nach [3.3]):

Oued Fodda: Mächtige kalkartige Schichten, mehrere 100 m dick, Station unter dem Sporn eines Felsens liegend.

El Abbadia: Starke, junge alluvierte Schicht von etwa 20 m Dicke.

Ouled Abbes: Konglomerate und toniger Sand über einer mächtigen Schicht groben Sandes. Etwas geneigt, bilden sie ein schwach hügeliges Relief.

Erdbebenaufzeichnungen Schwäb. Alb (nach [3.4]):

Jungingen: Mittelfeste Gesteine des unteren Doggers; Gesamtmächtigkeit der Sedimente ca. 1 km.

Spezielle Referenzen zu den Untergrundbeschreibungen
der Friaul-Stationen (aus [3.1]):

- Ref.: 1 Muzzi, F. und Vallini: The Friuli 1976 Earthquake Considered as a "Near Source Earthquake", Presentation and Discussion of the Surface Recordings, In: OECD-NEA/CSNI, Proc. of Specialist Meeting on: The 1976 Friuli Earthquake and the Antiseismic Design of Nuclear Installations, 1978, Report No. 28, Vol. I - III, 460 - 526.
- Ref.: 2 Cervellati, R., C. S. N. Cassaccia: Experience on the Performance of CNEN Seismic Instrumentation in Friuli, In: OECD-NEA/CSNI, Proc. of Specialist Meeting, 1978, 244 - 305.
- Ref. 3 Bosili, M., S. Polinari, G. Tinelli (CNEN); Beradi, R., A. Berenzi and L. Zonetti: Strong Motion Records of Friuli Earthquake. In: OECD-NEA/CSNI, Proc. of Specialist Meeting, 1978, 375 - 386.
- Ref.: 4 Beradi, R., F. Capozza and L. Zonetti: Analysis of Rock Motion and Underground during the 1976 Friuli Seismic Period. In: OECD-NEA/CSNI, Proc. of Specialist Meeting, 1978, 527 - 540.

NR	STANDORT	CP	DATUM	ZEIT	D	MAG	EPI	INT	ANAX	S	H
001	TOLMEZZO1	NS	060576	1959	26	4.5	6.5	5.2	1.00	M	10
002	TOLMEZZO1	S VT	060576	1959	26	4.5	6.5	5.2	0.44	M	10
003	TOLMEZZO1	EW	060576	1959	26	4.5	6.5	5.2	1.58	M	10
004	ASIAGO	NS	060576	2000	148	6.5	10.0	5.8	0.30	R	7
005	ASIAGO	S VT	060576	2000	148	6.5	10.0	5.8	0.15	R	7
006	ASIAGO	EW	060576	2000	148	6.5	10.0	3.8	0.23	R	7
007	BARCIS	NS	060576	2000	54	6.5	10.0	7.3	0.34	M	7
008	BARCIS	S VT	060576	2000	54	6.5	10.0	7.3	0.15	M	7
009	BARCIS	EW	060576	2000	54	6.5	10.0	7.3	0.32	M	7
010	CASTELFRANCO	NS	060576	2000	129	6.5	10.0	6.0	0.31	A	7
011	CASTELFRANCO	S VT	060576	2000	129	6.5	10.0	6.0	0.12	A	7
012	CASTELFRANCO	EW	060576	2000	129	6.5	10.0	6.0	0.27	A	7
013	CODROIPO	NS	060576	2000	34	6.5	10.0	7.9	0.65	A	7
014	CODROIPO	S VT	060576	2000	34	6.5	10.0	7.9	0.38	A	7
015	CODROIPO	EW	060576	2000	34	6.5	10.0	7.9	0.87	A	7
016	CODROIPO	S EW	060576	2000	48	6.5	10.0	7.4	0.87	A	7
017	CONEGLIANO	NS	060576	2000	90	6.5	10.0	6.6	0.56	A	7
018	CONEGLIANO	S VT	060576	2000	90	6.5	10.0	6.6	0.31	A	7
019	CONEGLIANO	EW	060576	2000	90	6.5	10.0	6.6	0.78	A	7
020	CORTINA	NS	060576	2000	90	6.5	10.0	6.6	0.13	R	7
021	CORTINA	S VT	060576	2000	90	6.5	10.0	6.6	0.12	R	7
022	CORTINA	EW	060576	2000	90	6.5	10.0	6.6	0.17	R	7
023	FELTRE	NS	060576	2000	110	6.5	10.0	6.3	0.46	M	7
024	FELTRE	S VT	060576	2000	110	6.5	10.0	6.3	0.31	M	7
025	FELTRE	EW	060576	2000	110	6.5	10.0	6.3	0.48	M	7
026	MALCESINE	NS	060576	2000	187	6.5	10.0	5.5	0.34	M	7
027	MALCESINE	S VT	060576	2000	187	6.5	10.0	5.5	0.21	M	7
028	MALCESINE	EW	060576	2000	187	6.5	10.0	5.5	0.38	M	7
029	MONSELICE	NS	060576	2000	171	6.5	10.0	5.6	0.23	M	7
030	MONSELICE	S VT	060576	2000	171	6.5	10.0	5.6	0.10	M	7
031	MONSELICE	S VT	060576	2000	171	6.5	10.0	5.6	0.10	M	7
032	MONSELICE	EW	060576	2000	171	6.5	10.0	5.6	0.19	M	7
033	TOLMEZZO1	NS	060576	2000	23	6.5	10.0	8.4	3.67	M	7
034	TOLMEZZO1	S VT	060576	2000	23	6.5	10.0	8.4	2.77	M	7
035	TOLMEZZO1	EW	060576	2000	23	6.5	10.0	8.4	3.24	M	7
036	TREGNAGO	NS	060576	2000	188	6.5	10.0	5.5	0.31	M	7
037	TREGNAGO	S VT	060576	2000	188	6.5	10.0	5.5	0.19	M	7
038	TREGNAGO	EW	060576	2000	188	6.5	10.0	5.5	0.33	M	7
039	TOLMEZZO1	NS	070576	0023	28	4.9	6.5	5.0	1.28	M	9
040	TOLMEZZO1	S VT	070576	0023	28	4.9	6.5	5.0	0.56	M	9
041	TOLMEZZO1	EW	070576	0023	28	4.9	6.5	5.0	0.78	M	9
042	TOLMEZZO1	NS	070576	1342	34	4.3	6.0	5.6	0.11	M	26
043	TOLMEZZO1	S VT	070576	1342	34	4.3	6.0	5.6	0.11	M	26
044	TOLMEZZO1	EW	070576	1342	34	4.3	6.0	5.6	0.30	M	26
045	TOLMEZZO1	NS	080576	0310	24	4.5	6.0	4.8	0.46	M	10
046	TOLMEZZO1	S NS	080576	0310	24	4.5	6.0	4.8	0.46	M	10
047	TOLMEZZO1	S VT	080576	0310	24	4.5	6.0	4.8	0.09	M	10
048	TOLMEZZO1	EW	080576	0310	24	4.5	6.0	4.8	0.35	M	10
049	FORGARIA-CORNINO	NS	090576	0053	28	5.5	8.0	5.9	0.43	M	6
050	FORGARIA-CORNINO	S VT	090576	0053	28	5.5	8.0	5.9	0.26	M	6
051	FORGARIA-CORNINO	EW	090576	0053	28	5.5	8.0	5.9	0.37	M	6
052	MAIANO	NS	090576	0053	21	5.5	8.0	6.3	0.83	M	6
053	MAIANO	S VT	090576	0053	21	5.5	8.0	6.3	0.29	M	6
054	MAIANO	EW	090576	0053	21	5.5	8.0	6.3	0.48	M	6
055	TOLMEZZO1	NS	090576	0053	32	5.5	8.0	5.8	0.41	M	6
056	TOLMEZZO1	S VT	090576	0053	32	5.5	8.0	5.8	0.22	M	6
057	TOLMEZZO1	EW	090576	0053	32	5.5	8.0	5.8	0.34	M	6
058	FORGARIA-CORNINO	NS	100576	0435	11	4.7	6.5	5.4	0.31	M	5
059	FORGARIA-CORNINO	S VT	100576	0435	11	4.7	6.5	5.4	0.14	M	5
060	FORGARIA-CORNINO	EW	100576	0435	11	4.7	6.5	5.4	0.30	M	5
061	FORGARIA-CORNINO	S EW	100576	0435	11	4.7	6.5	5.4	0.30	M	5
062	MAIANO	NS	100576	0435	11	4.7	6.5	5.4	0.48	M	5
063	MAIANO	S VT	100576	0435	11	4.7	6.5	5.4	0.15	M	5
064	MAIANO	EW	100576	0435	11	4.7	6.5	5.4	0.38	M	5

065	FORGARIA-CORNINO		NS	110576	2244	8	5.3	7.5	7.4	1.90	M	8
066	FORGARIA-CORNINO	S	VT	110576	2244	8	5.3	7.5	7.4	1.68	M	8
067	FORGARIA-CORNINO		EW	110576	2244	8	5.3	7.5	7.4	3.08	M	8
068	MAIANO		NS	110576	2244	11	5.3	7.5	7.0	0.75	M	8
069	MAIANO	S	VT	110576	2244	11	5.3	7.5	7.0	0.51	M	8
070	MAIANO		EW	110576	2244	11	5.3	7.5	7.0	0.83	M	8
071	TARCENTO		NS	110576	2244	16	5.3	7.5	6.6	0.36	R	8
072	TARCENTO	S	VT	110576	2244	16	5.3	7.5	6.6	0.15	R	8
073	TARCENTO		EW	110576	2244	16	5.3	7.5	6.6	0.77	R	8
074	TOLMEZZO2		NS	110576	2244	17	5.3	7.5	6.5	0.30	M	8
075	TOLMEZZO2	S	VT	110576	2244	17	5.3	7.5	6.5	0.24	M	8
076	TOLMEZZO2	S	VT	110576	2244	17	5.3	7.5	6.5	0.24	M	8
077	TOLMEZZO2		EW	110576	2244	17	5.3	7.5	6.5	0.32	M	8
078	TOLMEZZO1		NS	110576	2244	17	5.3	7.5	6.5	0.27	M	8
079	TOLMEZZO1	S	VT	110576	2244	17	5.3	7.5	6.5	0.18	M	8
080	TOLMEZZO1		EW	110576	2244	17	5.3	7.5	6.5	0.32	M	8
081	FORGARIA-CORNINO		NS	130576	1304	10	4.3	5.5	5.5	0.74	M	10
082	FORGARIA-CORNINO	S	VT	130576	1304	10	4.3	5.5	5.5	0.61	M	10
083	FORGARIA-CORNINO		EW	130576	1304	10	4.3	5.5	5.5	0.66	M	10
084	TARCENTO		NS	130576	1304	17	4.3	5.5	4.8	0.19	R	10
085	TARCENTO	S	VT	130576	1304	17	4.3	5.5	4.8	0.12	R	10
086	TARCENTO		EW	130576	1304	17	4.3	5.5	4.8	0.18	R	10
087	TOLMEZZO1		NS	130576	1304	23	4.3	5.5	4.4	0.19	M	10
088	TOLMEZZO1	S	VT	130576	1304	23	4.3	5.5	4.4	0.15	M	10
089	TOLMEZZO1		EW	130576	1304	23	4.3	5.5	4.4	0.13	M	10
090	FORGARIA-CORNINO		NS	150576	0426	24	4.2	5.5	4.9	0.15	M	16
091	FORGARIA-CORNINO	S	NS	150576	0426	24	4.2	5.5	4.9	0.15	M	16
092	FORGARIA-CORNINO	S	VT	150576	0426	24	4.2	5.5	4.9	0.10	M	16
093	FORGARIA-CORNINO		EW	150576	0426	24	4.2	5.5	4.9	0.28	M	16
094	FORGARIA-CORNINO		NS	180576	0130	9	4.3	5.5	5.1	0.59	M	7
095	FORGARIA-CORNINO	S	VT	180576	0130	9	4.3	5.5	5.1	0.42	M	7
096	FORGARIA-CORNINO		EW	180576	0130	9	4.3	5.5	5.1	0.62	M	7
097	S.ROCCO		NS	180576	0130	8	4.3	5.5	5.2	0.39	R	7
098	S.ROCCO	S	VT	180576	0130	8	4.3	5.5	5.2	0.30	R	7
099	S.ROCCO		EW	180576	0130	8	4.3	5.5	5.2	0.49	R	7
100	FORGARIA-CORNINO	S	NS	180576	0239	5	3.7	4.5	3.6	0.23	M	3
101	FORGARIA-CORNINO	S	VT	180576	0239	5	3.7	4.5	3.6	0.22	M	3
102	FORGARIA-CORNINO	S	EW	180576	0239	5	3.7	4.5	3.6	0.26	M	3
103	FORGARIA-CORNINO	S	NS	010676	0433	20	3.4	0.0-2.1	0.14	M	4	
104	FORGARIA-CORNINO	S	VT	010676	0433	20	3.4	0.0-2.1	0.09	M	4	
105	FORGARIA-CORNINO	S	EW	010676	0433	20	3.4	0.0-2.1	0.08	M	4	
106	FORGARIA-CORNINO	S	EW	010676	0433	20	3.4	0.0-2.1	0.08	M	4	
107	FORGARIA-CORNINO		NS	010676	1721	9	4.2	5.5	2.6	0.27	M	1
108	FORGARIA-CORNINO	S	VT	010676	1721	9	4.2	5.5	2.6	0.16	M	1
109	FORGARIA-CORNINO		EW	010676	1721	9	4.2	5.5	2.6	0.25	M	1
110	TOLMEZZO2		NS	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.19	M	1
111	TOLMEZZO2	S	VT	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.08	M	1
112	TOLMEZZO2		EW	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.21	M	1
113	TOLMEZZO1		NS	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.14	M	1
114	TOLMEZZO1	S	VT	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.07	M	1
115	TOLMEZZO1		EW	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.15	M	1
116	SOMPLAGO USCITA		NS	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.09	K	1
117	SOMPLAGO USCITA	S	VT	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.09	K	1
118	SOMPLAGO USCITA		EW	010676	1721	20	4.2	5.5	1.6	0.16	K	1
119	FORGARIA-CORNINO		NS	080676	1214	27	4.5	6.0	5.5	0.47	M	19
120	FORGARIA-CORNINO	S	VT	080676	1214	27	4.5	6.0	5.5	0.28	M	19
121	FORGARIA-CORNINO	S	VT	080676	1214	27	4.5	6.0	5.5	0.28	M	19
122	FORGARIA-CORNINO		EW	080676	1214	27	4.5	6.0	5.5	0.44	M	19
123	MAIANO PIANO	S	NS	080676	1214	26	4.5	6.0	5.6	0.20	M	19
124	MAIANO PIANO	S	VT	080676	1214	26	4.5	6.0	5.6	0.12	M	19
125	MAIANO PIANO	S	EW	080676	1214	26	4.5	6.0	5.6	0.13	M	19
126	MAIANO ASC	S	NS	080676	1214	26	4.5	6.0	5.6	0.50	M	19
127	MAIANO ASC	S	VT	080676	1214	26	4.5	6.0	5.6	0.14	M	19
128	MAIANO ASC	S	EW	080676	1214	26	4.5	6.0	5.6	0.71	M	19
129	FORGARIA-CORNINO		NS	090676	1848	13	4.2	5.5	5.4	0.72	M	13
130	FORGARIA-CORNINO	S	VT	090676	1848	13	4.2	5.5	5.4	0.45	M	13
131	FORGARIA-CORNINO		EW	090676	1848	13	4.2	5.5	5.4	0.64	M	13

132	TOLMEZZO2		NS	090676	1848	18	4.2	5.5	5.0	0.34	M	13
133	TOLMEZZO2	S	VT	090676	1848	18	4.2	5.5	5.0	0.12	M	13
134	TOLMEZZO2		EW	090676	1848	18	4.2	5.5	5.0	0.31	M	13
135	TOLMEZZO1		NS	090676	1848	18	4.2	5.5	5.0	0.34	M	13
136	TOLMEZZO1	S	NS	090676	1848	18	4.2	5.5	5.0	0.34	M	13
137	TOLMEZZO1	S	VT	090676	1848	18	4.2	5.5	5.0	0.12	M	13
138	TOLMEZZO1		EW	090676	1848	18	4.2	5.5	5.0	0.29	M	13
139	MAIANO ASC	S	NS	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.35	M	13
140	MAIANO ASC	S	VT	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.14	M	13
141	MAIANO ASC	S	EW	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.34	M	13
142	MAIANO PIANO	S	NS	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.13	M	13
143	MAIANO PIANO	S	VT	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.09	M	13
144	MAIANO PIANO	S	EW	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.09	M	13
145	MAIANO PRATO	S	NS	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.15	M	13
146	MAIANO PRATO	S	VT	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.14	M	13
147	MAIANO PRATO	S	EW	090676	1848	14	4.2	5.5	5.4	0.12	M	13
148	SOMPLAGO USCITA		NS	090676	1848	16	4.2	5.5	5.2	0.15	K	13
149	SOMPLAGO USCITA	S	VT	090676	1848	16	4.2	5.5	5.2	0.10	K	13
150	SOMPLAGO USCITA	S	EW	090676	1848	16	4.2	5.5	5.2	0.12	K	13
151	SOMPLAGO USCITA		EW	090676	1848	16	4.2	5.5	5.2	0.12	K	13
152	FORGARIA-CORNINO	S	NS	100676	1304	15	3.3	4.0	3.7	0.11	M	12
153	FORGARIA-CORNINO	S	VT	100676	1304	15	3.3	4.0	3.7	0.06	M	12
154	FORGARIA-CORNINO	S	EW	100676	1304	15	3.3	4.0	3.7	0.09	M	12
155	FORGARIA-CORNINO		NS	110676	1716	18	4.4	6.0	6.0	1.00	M	18
156	FORGARIA-CORNINO	S	VT	110676	1716	18	4.4	6.0	6.0	0.56	M	18
157	FORGARIA-CORNINO		EW	110676	1716	18	4.4	6.0	6.0	0.89	M	18
158	S.ROCCO		NS	090676	1848	14	4.2	5.5	5.3	0.30	R	13
159	S.ROCCO	S	VT	090676	1848	14	4.2	5.5	5.3	0.13	R	13
160	S.ROCCO		EW	090676	1848	14	4.2	5.5	5.3	0.38	R	13
161	TOLMEZZO2		NS	110676	1716	24	4.4	6.0	5.6	0.28	M	18
162	TOLMEZZO2	S	VT	110676	1716	24	4.4	6.0	5.6	0.10	M	18
163	TOLMEZZO2		EW	110676	1716	24	4.4	6.0	5.6	0.19	M	18
164	TOLMEZZO1		NS	110676	1716	24	4.4	6.0	5.6	0.30	M	18
165	TOLMEZZO1	S	VT	110676	1716	24	4.4	6.0	5.6	0.11	M	18
166	TOLMEZZO1	S	VT	110676	1716	24	4.4	6.0	5.6	0.11	M	18
167	TOLMEZZO1		EW	110676	1716	24	4.4	6.0	5.6	0.21	M	18
168	MAIANO ASC	S	NS	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.42	M	18
169	MAIANO ASC	S	VT	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.34	M	18
170	MAIANO ASC	S	EW	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.57	M	18
171	MAIANO PIANO	S	NS	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.19	M	18
172	MAIANO PIANO	S	VT	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.15	M	18
173	MAIANO PIANO	S	EW	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.15	M	18
174	MAIANO PRATO	S	NS	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.23	M	18
175	MAIANO PRATO	S	VT	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.18	M	18
176	MAIANO PRATO	S	EW	110676	1716	19	4.4	6.0	5.9	0.18	M	18
177	SOMPLAGO USCITA		NS	110676	1716	22	4.4	6.0	5.7	0.16	K	18
178	SOMPLAGO USCITA	S	VT	110676	1716	22	4.4	6.0	5.7	0.07	K	18
179	SOMPLAGO USCITA		EW	110676	1716	22	4.4	6.0	5.7	0.24	K	18
180	FORGARIA-CORNINO		NS	170676	1428	19	4.4	6.5	2.6	0.49	M	1
181	FORGARIA-CORNINO	S	NS	170676	1428	19	4.4	6.5	2.6	0.49	M	1
182	FORGARIA-CORNINO	S	VT	170676	1428	19	4.4	6.5	2.6	0.29	M	1
183	FORGARIA-CORNINO		EW	170676	1428	19	4.4	6.5	2.6	0.53	M	1
184	S.ROCCO		NS	110676	1716	18	4.4	6.0	6.0	0.65	R	18
185	S.ROCCO	S	VT	110676	1716	18	4.4	6.0	6.0	0.31	R	18
186	S.ROCCO		EW	110676	1716	18	4.4	6.0	6.0	0.35	R	18
187	TOLMEZZO2		NS	170676	1428	33	4.4	6.5	1.9	0.11	M	1
188	TOLMEZZO2	S	VT	170676	1428	33	4.4	6.5	1.9	0.06	M	1
189	TOLMEZZO2		EW	170676	1428	33	4.4	6.5	1.9	0.08	M	1
190	TOLMEZZO1		NS	170676	1428	33	4.4	6.5	1.9	0.10	M	1
191	TOLMEZZO1	S	VT	170676	1428	33	4.4	6.5	1.9	0.09	M	1
192	TOLMEZZO1		EW	170676	1428	33	4.4	6.5	1.9	0.10	M	1
193	MAIANO ASC	S	NS	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.85	M	1
194	MAIANO ASC	S	VT	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.13	M	1
195	MAIANO ASC	S	EW	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.75	M	1
196	MAIANO PIANO	S	NS	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.19	M	1
197	MAIANO PIANO	S	VT	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.13	M	1
198	MAIANO PIANO	S	EW	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.15	M	1

199	MAIANO PRATO	S	NS	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.07	M	1
200	MAIANO PRATO	S	VT	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.10	M	1
201	MAIANO PRATO	S	EW	170676	1428	22	4.4	6.5	2.4	0.18	M	1
202	SOMPLAGO PIANO		NS	170676	1428	32	4.4	6.5	1.9	0.05	K	1
203	SOMPLAGO PIANO	S	VT	170676	1428	32	4.4	6.5	1.9	0.03	K	1
204	SOMPLAGO PIANO		EW	170676	1428	32	4.4	6.5	1.9	0.02	K	1
205	SOMPLAGO USCITA		NS	170676	1428	32	4.4	6.5	1.9	0.05	K	1
206	SOMPLAGO USCITA	S	VT	170676	1428	32	4.4	6.5	1.9	0.08	K	1
207	SOMPLAGO USCITA		EW	170676	1428	32	4.4	6.5	1.9	0.09	K	1
208	TOLMEZZO2		NS	260676	1113	24	4.3	6.0	5.5	0.12	M	17
209	TOLMEZZO2	S	VT	260676	1113	24	4.3	6.0	5.5	0.07	M	17
210	TOLMEZZO2		EW	260676	1113	24	4.3	6.0	5.5	0.16	M	17
211	TOLMEZZO2	S	EW	260676	1113	24	4.3	6.0	5.5	0.16	M	17
212	TOLMEZZO1		NS	260676	1113	24	4.3	6.0	5.5	0.13	M	17
213	TOLMEZZO1	S	VT	260676	1113	24	4.3	6.0	5.5	0.06	M	17
214	TOLMEZZO1		EW	260676	1113	24	4.3	6.0	5.5	0.17	M	17
215	MAIANO ASC	S	NS	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.19	M	17
216	MAIANO ASC	S	VT	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.19	M	17
217	MAIANO ASC	S	EW	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.19	M	17
218	MAIANO PIANO	S	NS	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.07	M	17
219	MAIANO PIANO	S	VT	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.05	M	17
220	MAIANO PIANO	S	EW	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.06	M	17
221	MAIANO PRATO	S	NS	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.08	M	17
222	MAIANO PRATO	S	VT	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.09	M	17
223	MAIANO PRATO	S	EW	260676	1113	18	4.3	6.0	5.9	0.10	M	17
224	SOMPLAGO PIANO		NS	260676	1113	20	4.3	6.0	5.8	0.08	K	17
225	SOMPLAGO PIANO	S	VT	260676	1113	20	4.3	6.0	5.8	0.08	K	17
226	SOMPLAGO PIANO	S	VT	260676	1113	20	4.3	6.0	5.8	0.08	K	17
227	SOMPLAGO PIANO		EW	260676	1113	20	4.3	6.0	5.8	0.06	K	17
228	SOMPLAGO USCITA		NS	260676	1113	20	4.3	6.0	5.8	0.10	K	17
229	SOMPLAGO USCITA	S	VT	260676	1113	20	4.3	6.0	5.8	0.11	K	17
230	SOMPLAGO USCITA		EW	260676	1113	20	4.3	6.0	5.8	0.10	K	17
231	TARCENTO		NS	140776	0539	19	4.1	6.0	5.7	0.75	R	16
232	TARCENTO	S	VT	140776	0539	19	4.1	6.0	5.7	0.33	R	16
233	TARCENTO		EW	140776	0539	19	4.1	6.0	5.7	0.66	R	16
234	MAIANO ASC	S	NS	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.22	M	16
235	MAIANO ASC	S	VT	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.10	M	16
236	MAIANO ASC	S	EW	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.23	M	16
237	MAIANO PIANO	S	NS	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.09	M	16
238	MAIANO PIANO	S	VT	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.07	M	16
239	MAIANO PIANO	S	EW	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.10	M	16
240	MAIANO PRATO	S	NS	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.12	M	16
241	MAIANO PRATO	S	NS	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.12	M	16
242	MAIANO PRATO	S	VT	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.06	M	16
243	MAIANO PRATO	S	EW	140776	0539	24	4.1	6.0	5.5	0.08	M	16
244	SOMPLAGO USCITA		NS	140776	0539	20	4.1	6.0	5.7	0.08	K	16
245	SOMPLAGO USCITA	S	VT	140776	0539	20	4.1	6.0	5.7	0.12	K	16
246	SOMPLAGO USCITA		EW	140776	0539	20	4.1	6.0	5.7	0.17	K	16
247	SOMPLAGO QUOTA		NS	140776	0539	20	4.1	6.0	5.7	0.11	K	16
248	SOMPLAGO QUOTA	S	VT	140776	0539	20	4.1	6.0	5.7	0.07	K	16
249	SOMPLAGO QUOTA		EW	140776	0539	20	4.1	6.0	5.7	0.10	K	16
250	TARCENTO	S	NS	150776	1259	5	3.8	5.5	3.4	0.33	R	1
251	TARCENTO	S	VT	150776	1259	5	3.8	5.5	3.4	0.21	R	1
252	TARCENTO	S	EW	150776	1259	5	3.8	5.5	3.4	0.45	R	1
253	FORGARIA-CORNINO		NS	060976	1928	3	4.0	5.5	4.0	0.19	M	1
254	FORGARIA-CORNINO	S	VT	060976	1928	3	4.0	5.5	4.0	0.18	M	1
255	FORGARIA-CORNINO	S	EW	060976	1928	3	4.0	5.5	4.0	0.22	M	1
256	FORGARIA-CORNINO		EW	060976	1928	3	4.0	5.5	4.0	0.22	M	1
257	SOMPLAGO USCITA		NS	060976	1928	12	4.0	5.5	2.2	0.08	K	1
258	SOMPLAGO USCITA	S	VT	060976	1928	12	4.0	5.5	2.2	0.04	K	1
259	SOMPLAGO USCITA		EW	060976	1928	12	4.0	5.5	2.2	0.10	K	1
260	BUIA		NS	060976	1928	6	4.0	5.5	3.1	0.32	A	1
261	BUIA	S	VT	060976	1928	6	4.0	5.5	3.1	0.21	A	1
262	BUIA		EW	060976	1928	6	4.0	5.5	3.1	0.20	A	1
263	FORGARIA-CORNINO		NS	070976	1108	5	4.4	5.5	5.4	0.33	M	5
264	FORGARIA-CORNINO	S	VT	070976	1108	5	4.4	5.5	5.4	0.19	M	5
265	FORGARIA-CORNINO		EW	070976	1108	5	4.4	5.5	5.4	0.24	M	5

266	TOLMEZZO2		NS	070976	1108	20	4.4	5.5	3.6	0.17	M	5
267	TOLMEZZO2	S	VT	070976	1108	20	4.4	5.5	3.6	0.10	M	5
268	TOLMEZZO2		EW	070976	1108	20	4.4	5.5	3.6	0.14	M	5
269	TOLMEZZO1		NS	070976	1108	20	4.4	5.5	3.6	0.11	M	5
270	TOLMEZZO1	S	VT	070976	1108	20	4.4	5.5	3.6	0.08	M	5
271	TOLMEZZO1	S	VT	070976	1108	20	4.4	5.5	3.6	0.08	M	5
272	TOLMEZZO1		EW	070976	1108	20	4.4	5.5	3.6	0.14	M	5
273	MAIANO PRATO	S	NS	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.07	M	5
274	MAIANO PRATO	S	VT	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.14	M	5
275	MAIANO PRATO	S	EW	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.10	M	5
276	MAIANO PIANO	S	NS	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.09	M	5
277	MAIANO PIANO	S	VT	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.10	M	5
278	MAIANO PIANO	S	EW	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.09	M	5
279	MAIANO ASC	S	NS	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.29	M	5
280	MAIANO ASC	S	VT	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.15	M	5
281	MAIANO ASC	S	EW	070976	1108	7	4.4	5.5	5.0	0.29	M	5
282	SOMPLAGO USCITA		NS	070976	1108	15	4.4	5.5	4.0	0.24	K	5
283	SOMPLAGO USCITA	S	VT	070976	1108	15	4.4	5.5	4.0	0.11	K	5
284	SOMPLAGO USCITA		EW	070976	1108	15	4.4	5.5	4.0	0.27	K	5
285	SOMPLAGO GALLERIA		NS	070976	1108	15	4.4	5.5	4.0	0.08	K	5
286	SOMPLAGO GALLERIA	S	NS	070976	1108	15	4.4	5.5	4.0	0.08	K	5
287	SOMPLAGO GALLERIA	S	VT	070976	1108	15	4.4	5.5	4.0	0.14	K	5
288	SOMPLAGO GALLERIA		EW	070976	1108	15	4.4	5.5	4.0	0.09	K	5
289	FORGARIA-CORNINO		NS	110976	1631	22	5.5	7.5	6.4	0.95	M	10
290	FORGARIA-CORNINO	S	VT	110976	1631	22	5.5	7.5	6.4	0.51	M	10
291	FORGARIA-CORNINO		EW	110976	1631	22	5.5	7.5	6.4	1.15	M	10
292	S.ROCCO		NS	110976	1631	22	5.5	7.5	6.4	0.42	R	10
293	S.ROCCO	S	VT	110976	1631	22	5.5	7.5	6.4	0.20	R	10
294	S.ROCCO		EW	110976	1631	22	5.5	7.5	6.4	0.71	R	10
295	TARCENTO		NS	110976	1631	13	5.5	7.5	7.1	2.04	R	10
296	TARCENTO	S	VT	110976	1631	13	5.5	7.5	7.1	0.71	R	10
297	TARCENTO		EW	110976	1631	13	5.5	7.5	7.1	1.05	R	10
298	SOMPLAGO QUOTA		NS	110976	1631	14	5.5	7.5	7.0	0.39	K	10
299	SOMPLAGO QUOTA	S	VT	110976	1631	14	5.5	7.5	7.0	0.32	K	10
300	SOMPLAGO QUOTA	S	EW	110976	1631	14	5.5	7.5	7.0	0.34	K	10
301	SOMPLAGO QUOTA		EW	110976	1631	14	5.5	7.5	7.0	0.34	K	10
302	BUIA		NS	110976	1631	14	5.5	7.5	7.0	0.49	A	10
303	BUIA	S	VT	110976	1631	14	5.5	7.5	7.0	0.22	A	10
304	BUIA		EW	110976	1631	14	5.5	7.5	7.0	0.40	A	10
305	BARCIS		NS	110976	1635	51	5.9	8.5	7.2	0.09	M	20
306	BARCIS	S	VT	110976	1635	51	5.9	8.5	7.2	0.06	M	20
307	BARCIS		EW	110976	1635	51	5.9	8.5	7.2	0.16	M	20
308	CODROIPO		NS	110976	1635	45	5.9	8.5	7.4	0.19	A	20
309	CODROIPO	S	NS	110976	1635	45	5.9	8.5	7.4	0.19	A	20
310	CODROIPO		EW	110976	1635	45	5.9	8.5	7.4	1.34	A	20
311	CONEGLIANO		NS	110976	1635	84	5.9	8.5	6.5	0.14	A	20
312	CONEGLIANO	S	VT	110976	1635	84	5.9	8.5	6.5	0.10	A	20
313	CONEGLIANO		EW	110976	1635	84	5.9	8.5	6.5	0.12	A	20
314	FORGARIA-CORNINO		NS	110976	1635	26	5.9	8.5	8.1	1.33	M	20
315	FORGARIA-CORNINO	S	VT	110976	1635	26	5.9	8.5	8.1	1.19	M	20
316	FORGARIA-CORNINO	S	VT	110976	1635	26	5.9	8.5	8.1	1.19	M	20
317	FORGARIA-CORNINO		EW	110976	1635	26	5.9	8.5	8.1	2.35	M	20
318	S.ROCCO		NS	116976	1635	26	5.9	8.5	8.1	0.92	R	20
319	S.ROCCO	S	VT	116976	1635	26	5.9	8.5	8.1	0.48	R	20
320	S.ROCCO		EW	116976	1635	26	5.9	8.5	8.1	0.95	R	20
321	TREGNAGO		NS	110976	1635	182	5.9	8.5	5.4	0.08	M	20
322	TREGNAGO	S	VT	110976	1635	182	5.9	8.5	5.4	0.07	M	20
323	TREGNAGO		EW	110976	1635	182	5.9	8.5	5.4	0.11	M	20
324	SOMPLAGO QUOTA		NS	110976	1635	22	5.9	8.5	8.3	0.63	K	20
325	SOMPLAGO QUOTA	S	VT	110976	1635	22	5.9	8.5	8.3	0.34	K	20
326	SOMPLAGO QUOTA		EW	110976	1635	22	5.9	8.5	8.3	0.62	K	20
327	BUIA		NS	110976	1635	23	5.9	8.5	8.3	2.33	A	20
328	BUIA	S	VT	110976	1635	23	5.9	8.5	8.3	0.93	A	20
329	BUIA		EW	110976	1635	23	5.9	8.5	8.3	1.08	A	20
330	FORGARIA-CORNINO		NS	130976	1854	17	4.4	6.0	5.3	0.26	M	10
331	FORGARIA-CORNINO	S	NS	130976	1854	17	4.4	6.0	5.3	0.26	M	10
332	FORGARIA-CORNINO	S	VT	130976	1854	17	4.4	6.0	5.3	0.20	M	10

333	FORGARIA-CORNINO		EW	130976	1854	17	4.4	6.0	5.3	0.16	M	10
334	SOMPLAGO QUOTA		NS	130976	1854	13	4.4	6.0	5.6	0.09	K	10
335	SOMPLAGO QUOTA	S	VT	130976	1854	13	4.4	6.0	5.6	0.07	K	10
336	SOMPLAGO QUOTA		EW	130976	1854	13	4.4	6.0	5.6	0.10	K	10
337	BUIA		NS	130976	1854	13	4.4	6.0	5.6	0.68	A	10
338	BUIA	S	VT	130976	1854	13	4.4	6.0	5.6	0.68	A	10
339	BUIA		EW	130976	1854	13	4.4	6.0	5.6	0.65	A	10
340	CODROIFO		NS	150976	0315	42	6.1	8.5	6.6	1.30	A	10
341	CODROIFO	S	VT	150976	0315	42	6.1	8.5	6.6	0.23	A	10
342	CODROIFO		EW	150976	0315	42	6.1	8.5	6.6	0.29	A	10
343	CONEGLIANO		NS	150976	0315	82	6.1	8.5	5.7	0.13	A	10
344	CONEGLIANO	S	VT	150976	0315	82	6.1	8.5	5.7	0.08	A	10
345	CONEGLIANO		EW	150976	0315	82	6.1	8.5	5.7	0.20	A	10
346	FORGARIA-CORNINO		NS	150976	0315	19	6.1	8.5	7.6	2.63	M	10
347	FORGARIA-CORNINO	S	VT	150976	0315	19	6.1	8.5	7.6	0.99	M	10
348	FORGARIA-CORNINO		EW	150976	0315	19	6.1	8.5	7.6	2.18	M	10
349	S.ROCCO		NS	150976	0315	19	6.1	8.5	7.6	0.69	R	10
350	S.ROCCO	S	VT	150976	0315	19	6.1	8.5	7.6	0.59	R	10
351	S.ROCCO		EW	150976	0315	19	6.1	8.5	7.6	1.23	R	10
352	TREGNAGO		NS	150976	0315	181	6.1	8.5	4.5	0.11	M	10
353	TREGNAGO	S	VT	150976	0315	181	6.1	8.5	4.5	0.06	M	10
354	TREGNAGO		EW	150976	0315	181	6.1	8.5	4.5	0.10	M	10
355	BUIA		NS	150976	0315	15	6.1	8.5	7.9	1.10	A	10
356	BUIA	S	VT	150976	0315	15	6.1	8.5	7.9	0.82	A	10
357	BUIA		EW	150976	0315	15	6.1	8.5	7.9	0.96	A	10
358	FORGARIA-CORNINO		NS	150976	0438	22	4.5	6.5	6.2	0.58	M	18
359	FORGARIA-CORNINO	S	VT	150976	0438	22	4.5	6.5	6.2	0.35	M	18
360	FORGARIA-CORNINO		EW	150976	0438	22	4.5	6.5	6.2	0.54	M	18
361	FORGARIA-CORNINO	S	EW	150976	0438	22	4.5	6.5	6.2	0.54	M	18
362	SOMPLAGO QUOTA		NS	150976	0438	19	4.5	6.5	6.4	0.60	K	18
363	MOLINIS		NS	110976	1635	22	5.9	8.5	8.3	2.45	A	20
364	MOLINIS		EW	110976	1635	22	5.9	8.5	8.3	2.11	A	20
365	MOLINIS	S	VT	110976	1635	22	5.9	8.5	8.3	0.70	A	20
366	MOLINIS		NS	150976	0315	14	6.1	8.5	8.0	0.96	A	10
367	MOLINIS		EW	150976	0315	14	6.1	8.5	8.0	1.40	A	10
368	MOLINIS	S	VT	150976	0315	14	6.1	8.5	8.0	0.35	A	10
369	MOLINIS		NS	150976	0921	21	6.0	9.0	8.2	1.00	A	12
370	MOLINIS		EW	150976	0921	21	6.0	9.0	8.2	0.95	A	12
371	MOLINIS	S	VT	150976	0921	21	6.0	9.0	8.2	0.56	A	12
372	CORNINO		NS	150976	0315	20	6.1	8.5	7.5	0.74	M	10
373	CORNINO		EW	150976	0315	20	6.1	8.5	7.5	0.62	M	10
374	CORNINO	S	VT	150976	0315	20	6.1	8.5	7.5	0.43	M	10
404	BUIA	S	VT	150976	0438	19	4.5	6.5	6.4	0.13	A	18
405	BUIA		EW	150976	0438	19	4.5	6.5	6.4	0.34	A	18
406	SOMPLAGO QUOTA		NS	150976	0458	9	4.4	6.0	5.5	0.14	K	7
407	SOMPLAGO QUOTA	S	VT	150976	0458	9	4.4	6.0	5.5	0.07	K	7
408	SOMPLAGO QUOTA		EW	150976	0458	9	4.4	6.0	5.5	0.10	K	7
409	BARCIS		NS	150976	0921	44	6.0	9.0	7.2	0.18	M	12
410	BARCIS	S	VT	150976	0921	44	6.0	9.0	7.2	0.09	M	12
411	BARCIS		EW	150976	0921	44	6.0	9.0	7.2	0.22	M	12
412	CODROIFO		NS	150976	0921	44	6.0	9.0	7.2	0.40	A	12
413	CODROIFO	S	VT	150976	0921	44	6.0	9.0	7.2	0.13	A	12
414	CODROIFO		EW	150976	0921	44	6.0	9.0	7.2	0.36	A	12
415	CONEGLIANO		NS	150976	0921	81	6.0	9.0	6.4	0.18	A	12
416	CONEGLIANO	S	VT	150976	0921	81	6.0	9.0	6.4	0.09	A	12
417	CONEGLIANO		EW	150976	0921	81	6.0	9.0	6.4	0.26	A	12
418	CORTINA		NS	150976	0921	80	6.0	9.0	6.4	0.08	R	12
419	CORTINA	S	VT	150976	0921	80	6.0	9.0	6.4	0.08	R	12
420	CORTINA		EW	150976	0921	80	6.0	9.0	6.4	0.11	R	12
421	FELTRE		NS	150976	0921	100	6.0	9.0	6.1	0.15	M	12
422	FELTRE	S	VT	150976	0921	100	6.0	9.0	6.1	0.07	M	12
423	FELTRE		EW	150976	0921	100	6.0	9.0	6.1	0.15	M	12
424	FORGARIA-CORNINO		NS	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	3.20	M	12
425	FORGARIA-CORNINO	S	VT	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	1.66	M	12
426	FORGARIA-CORNINO		EW	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	3.22	M	12

427	S.ROCCO		NS	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	1.23	R	12
428	S.ROCCO	S	VT	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	0.79	R	12
429	S.ROCCO		EW	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	2.35	R	12
430	MALCESINE		NS	150976	0921	185	6.0	9.0	5.2	0.16	M	12
431	MALCESINE	S	VT	150976	0921	185	6.0	9.0	5.2	0.06	M	12
432	MALCESINE		EW	150976	0921	185	6.0	9.0	5.2	0.24	M	12
433	TARCENTO		NS	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	1.20	R	12
434	TARCENTO	S	VT	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	0.43	R	12
435	TARCENTO		EW	150976	0921	20	6.0	9.0	8.3	1.08	R	12
436	TREGNAGO		NS	150976	0921	178	6.0	9.0	5.3	0.16	M	12
437	TREGNAGO	S	VT	150976	0921	178	6.0	9.0	5.3	0.09	M	12
438	TREGNAGO		EW	150976	0921	178	6.0	9.0	5.3	0.18	M	12
439	BUIA		NS	150976	0921	18	6.0	9.0	8.4	0.76	A	12
440	BUIA	S	VT	150976	0921	18	6.0	9.0	8.4	0.78	A	12
441	BUIA		EW	150976	0921	18	6.0	9.0	8.4	0.82	A	12
442	TOLMEZZO	S	NS	150976	0937	15	3.4	5.0	3.5	0.13	M	5
443	TOLMEZZO	S	VT	150976	0937	15	3.4	5.0	3.5	0.05	M	5
444	TOLMEZZO	S	EW	150976	0937	15	3.4	5.0	3.5	0.14	M	5
445	FORGARIA-CORNINO		NS	150976	0945	14	4.2	6.0	4.6	0.24	M	5
446	FORGARIA-CORNINO	S	VT	150976	0945	14	4.2	6.0	4.6	0.19	M	5
447	FORGARIA-CORNINO		EW	150976	0945	14	4.2	6.0	4.6	0.35	M	5

/NR	/STANDORT	/COMP/DATUM	/ZEIT	/DEP/MAG	/EPI	/AMAX	/SC	/LO
001	EL CENTRO	WEST 180540	2037	10 6.7	10		A	G
002	EL CENTRO	VERT 180540	2037	10 6.7	10		A	G
003	FERNDALF	S44W 071051	2011	53 5.8	7		A	G
004	FERNDALF	N46W 071051	2011	53 5.8	7		A	G
005	FERNDALF	VERT 071051	2011	53 5.8	7		A	G
006	PASADENA	SUED 210752	0453	127 7.6	11			B
007	PASADENA	WEST 210752	0453	127 7.6	11			B
008	PASADENA	VERT 210752	0453	127 7.6	11			B
009	TAFT	N21E 210752	0453	42 7.7	11		A	T
010	TAFT	S69E 210752	0453	42 7.7	11		A	T
011	TAFT	VERT 210752	0453	42 7.7	11		A	T
012	SANTA BARBARA	N42E 210752	0453	89 7.7	11		A	B
013	SANTA BARBARA	S48E 210752	0453	89 7.7	11		A	B
014	SANTA BARBARA	VERT 210752	0453	89 7.7	11		A	B
015	HLWD STGE BSMT	SUED 210752	0453	7.7	11		A	
016	HLWD STGE BSMT	EAST 210752	0453	7.7	11		A	
017	HLWD STGE BSMT	VERT 210752	0453	7.7	11		A	
018	HLWD STGE PFI OT	SUED 210752	0453	7.7	11		A	
019	HLWD STGE PELOT	EAST 210752	0453	7.7	11		A	
020	HLWD STGE PELOT	VERT 210752	0453	7.7	11		A	
021	EUREKA	N11W 211254	1156	25 6.5	7		A	B
022	EUREKA	N79E 211254	1156	25 6.5	7		A	B
023	EUREKA	VERT 211254	1156	25 6.5	7		A	B
024	FERNDALE	N44E 211254	1156	30 6.5	7		A	
025	FERNDALF	N46W 211254	1156	30 6.5	7		A	
026	FERNDALF	VERT 211254	1156	30 6.5	7		A	
027	SAN JOSE	N59E 040955	1801	10 5.8	7		A	B
028	SAN JOSE	N31W 040955	1801	10 5.8	7		A	B
029	SAN JOSE	VERT 040955	1801	10 5.8	7		A	B
030	EL CENTRO	SUED 090256	0633	6.8			A	G
031	EL CENTRO	WEST 090256	0633	6.8			A	G
032	EL CENTRO	VERT 090256	0633	6.8			A	G
033	EL CENTRO	SUED 090256	0725	6.4			A	
034	EL CENTRO	WEST 090256	0725	6.4			A	
035	EL CENTRO	VERT 090256	0725	6.4			A	
036	S F BLDG BSMT	VERT 220357	1144	18 5.3	7		A	B
037	S F BLDG BSMT	N45E 220357	1144	18 5.3	7		A	B
038	S F BLDG BSMT	N45W 220357	1144	18 5.3	7		A	B
039	ALEX BLDG SF	N09W 220357	1144	15 5.3	7		M	B
040	ALEX BLDG SF	N81E 220357	1144	15 5.3	7		M	B
041	ALEX BLDG SF	VERT 220357	1144	15 5.3	7		M	B
042	GLDN GATE PK	N10E 220357	1144	12 5.3	7		R	B
043	GLDN GATE PK	S80E 220357	1144	12 5.3	7		R	B
044	GLDN GATE PK	VERT 220357	1144	12 5.3	7		R	B
045	S F STATE BLDG	S09E 220357	1144	14 5.3	7		M	B
046	S F STATE BLDG	S81W 220357	1144	14 5.3	7		M	B
047	S F STATE BLDG	VERT 220357	1144	14 5.3	7		M	B
048	OAKLAND C H BSMT	N26E 220357	1144	24 5.3	7		M	
049	OAKLAND C H BSMT	S64E 220357	1144	24 5.3	7		M	
050	OAKLAND C H BSMT	VERT 220357	1144	24 5.3	7		M	
051	HOLLISTER CAL	S01W 080461	2323	21 5.6	7		A	B
052	HOLLISTER CAL	N89W 080461	2323	21 5.6	7		A	B
053	HOLLISTER CAL	VERT 080461	2323	21 5.6	7		A	B
054	EL CENTRO CAL	SUED 080468	1830	6.5	7		A	G
055	EL CENTRO CAL	WEST 080468	1830	6.5	7		A	G
056	EL CENTRO CAL	VERT 080468	1830	6.5	7		A	G
057	SAN DIEGO	VERT 080468	1830	96 6.5	7		A	
058	SAN DIEGO	EAST 080468	1830	96 6.5	7		A	
059	SAN DIEGO	SUED 080468	1830	96 6.5	7		A	
060	VERNON	S08W 100333	1754	6.3	9			B
061	VERNON	N82W 100333	1754	6.3	9			B
062	VERNON	VERT 100333	1754	6.3	9			B
063	HOLLYWOOD PENTH	NORD 021033	0110	5.4	6		A	
064	HOLLYWOOD PENTH	EAST 021033	0110	5.4	6		A	

065	HOLLYWOOD PENTH	VERT	021033	0110		5.4	6	A	
066	HOLLYWOOD BSMT	NORN	021033	0110		5.4	6	A	B
067	HOLLYWOOD BSMT	WEST	021033	0110		5.4	6	A	B
068	HOLLYWOOD BSMT	VERT	021033	0110		5.4	6	A	B
069	EL CENTRO	SUED	301234	0552	58	6.5	9	A	
070	EL CENTRO	WEST	301234	0552	58	6.5	9	A	
071	EL CENTRO	VERT	301234	0552	58	6.5	9	A	
072	HELENA	SUED	311035	1138	8	6.0	8	R	
073	HELENA	WEST	311035	1138	8	6.0	8	R	
074	HELENA	VERT	311035	1138	8	6.0	8	R	
075	FERNDALF	N45E	110938	2210		5.5	6	A	
076	FERNDALF	S45E	110938	2210		5.5	6	A	
077	FERNDALF	VERT	110938	2210		5.5	6	A	
078	FERNDALF	VERT	090241	0145		6.4		A	G
079	FERNDALF	N45E	090241	0145		6.4		A	G
080	FERNDALF	S45E	090241	0145		6.4		A	G
081	SEATTLE	S02W	130449	1156		7.1	8	M	
082	SEATTLE	N88W	130449	1156		7.1	8	M	
083	SEATTLE	VERT	130449	1156		7.1	8	M	
084	OLYMPIA WASHINGTON	N04W	130449	1156	20	7.1	8	A	G
085	OLYMPIA WASHINGTON	N86E	130449	1156	20	7.1	8	A	G
086	OLYMPIA WASHINGTON	VERT	130449	1156	20	7.1	8	A	G
087	FERNDALF	N44E	220952	0441		5.5	7	A	
088	FERNDALF	S46E	220952	0441		5.5	7	A	
089	FERNDALF	VERT	220952	0441		5.5	7	A	
090	TAFT	N21E	120154	1534	43	5.9	8	A	
091	TAFT	S69E	120154	1534	43	5.9	8	A	
092	TAFT	VERT	120154	1534	43	5.9	8	A	
093	OLYMPIA WASHINGTON	S04E	290465	0728	58	6.5	8	A	G
094	OLYMPIA WASHINGTON	S86W	290465	0728	58	6.5	8	A	G
095	OLYMPIA WASHINGTON	VERT	290465	0728	58	6.5	8	A	G
096	CHOLAME SHANDON NO2	N65E	270666	2026	1	5.6	7	A	G
097	CHOLAME SHANDON NO2	VERT	270666	2026	1	5.6	7	A	G
098	CHOLAME SHANDON NO5	N05W	270666	2026	5	5.3	7	A	G
099	CHOLAME SHANDON NO5	N85E	270666	2026	5	5.3	7	A	G
100	CHOLAME SHANDON NO5	VERT	270666	2026	5	5.3	7	A	G
101	CHOLAME SHANDON NO8	N50E	270666	2026	9	5.3	7	A	G
102	CHOLAME SHANDON NO8	N40W	270666	2026	9	5.3	7	A	G
103	CHOLAME SHANDON NO8	VERT	270666	2026	9	5.3	7	A	G
104	CHOLAME SHANDON NO12	N50E	270666	2026	38	5.3	7	A	G
105	CHOLAME SHANDON NO12	N40W	270666	2026	38	5.3	7	A	G
106	CHOLAME SHANDON NO12	VERT	270666	2026	38	5.3	7	A	G
107	TEMBLOR	N65W	270666	2026	6	5.3	7	R	G
108	TEMBLOR	S25W	270666	2026	6	5.3	7	R	G
109	TEMBLOR	VERT	270666	2026	6	5.3	7	R	G
110	SAN LUIS OBISPO	N36W	270666	2026	77	5.3	7	R	
111	SAN LUIS OBISPO	S54W	270666	2026	77	5.3	7	R	
112	SAN LUIS OBISPO	VERT	270666	2026	77	5.3	7	R	
113	EUREKA	S11E	101267	0406	51	5.8	6	M	
114	EUREKA	N79E	101267	0406	51	5.8	6	M	
115	EUREKA	VERT	101267	0406	51	5.8	6	M	
116	SAN ONOFRE	N57W	080468	1830	122	6.5	7	R	
117	SAN ONOFRE	VERT	080468	1830	122	6.5	7	R	
118	SAN ONOFRE	N33E	080468	1830	122	6.5	7	R	
119	S.FER.PACOIMA DAM1	S16E	090271	0600	4	6.6	11	R	D
120	S.FER.PACOIMA DAM1	S74W	090271	0600	4	6.6	11	R	D
121	S.FER.PACOIMA DAM1	VERT	090271	0600	4	6.6	11	R	D
122	S.FER.PACOIMA DAM2	S74W	090271	0600	4	6.6	11	R	D
123	S.FER.PACOIMA DAM2	S16E	090271	0600	4	6.6	11	R	D
124	S.FER.PACOIMA DAM2	VERT	090271	0600	4	6.6	11	R	D
125	S.FER.PACOIMA DAM3	S74W	090271	0600	4	6.6	11	R	D
126	S.FER.PACOIMA DAM3	S16E	090271	0600	4	6.6	11	R	D
127	S.FER.PACOIMA DAM3	VERT	090271	0600	4	6.6	11	R	D
128	S.FER.PACOIMA DAM4	S74W	090271	0600	4	6.6	11	R	D
129	S.FER.PACOIMA DAM4	S16E	090271	0600	4	6.6	11	R	D
130	S.FER.PACOIMA DAM4	VERT	090271	0600	4	6.6	11	R	D
131	S.FER.PACOIMA DAM5	S74W	090271	0600	4	6.6	11	R	D

132	S.FER.PACOIMA DAM5	S16E	090271	0600	4	6.6	11	R	D
133	S.FER.PACOIMA DAM5	VERT	090271	0600	4	6.6	11	R	D
134	S.FER.PACOIMA DAM6	S74W	090271	0600	4	6.6	11	R	D
135	S.FER.PACOIMA DAM6	S16E	090271	0600	4	6.6	11	R	D
136	S.FER.PACOIMA DAM6	VERT	090271	0600	4	6.6	11	R	D
137	S.FER.PACOIMA DAM7	S74W	090271	0600	4	6.6	11	R	D
138	S.FER.PACOIMA DAM7	S16E	090271	0600	4	6.6	11	R	D
139	S.FER.PACOIMA DAM7	VERT	090271	0600	4	6.6	11	R	D
140	S.FER.ORION BLVD1 LA	N00W	090271	0600	20	6.6	11	A	
141	S.FER.ORION BLVD1 LA	S90W	090271	0600	20	6.6	11	A	
142	S.FER.ORION BLVD1 LA	VERT	090271	0600	20	6.6	11	A	
143	S.FER.ORION BLVD4 LA	N00W	090271	0600	20	6.6	11	A	
144	S.FER.ORION BLVD4 LA	S90W	090271	0600	20	6.6	11	A	
145	S.FER.ORION BLVD4 LA	VERT	090271	0600	20	6.6	11	A	
146	S.FER.ORION BLVD8 LA	N00W	090271	0600	20	6.6	11	A	
147	S.FER.ORION BLVD8 LA	S90W	090271	0600	20	6.6	11	A	
148	S.FER.ORION BLVD8 LA	VERT	090271	0600	20	6.6	11	A	
149	S.FER.1.STRFET BS LA	N36E	090271	0600	41	6.6	11	A	
150	S.FER.1.STREET BS LA	N54W	090271	0600	41	6.6	11	A	
151	S.FER.1.STREET BS LA	VERT	090271	0600	41	6.6	11	A	
152	S.FER.1.STREET 8 LA	N36E	090271	0600	41	6.6	11	A	
153	S.FER.1.STREET 8 LA	N54W	090271	0600	41	6.6	11	A	
154	S.FER.1.STREET 8 LA	VERT	090271	0600	41	6.6	11	A	
155	S.FER.1.STREFT 17 LA	N36E	090271	0600	41	6.6	11	A	
156	S.FER.1.STREET 17 LA	N54W	090271	0600	41	6.6	11	A	
157	S.FER.1.STREET 17 LA	VERT	090271	0600	41	6.6	11	A	
158	S.FER.FIG.STR.SBS LA	N52W	090271	0600	41	6.6	11	A	
159	S.FER.FIG.STR.SBS LA	S38W	090271	0600	41	6.6	11	A	
160	S.FER.FIG.STR.SBS LA	VERT	090271	0600	41	6.6	11	A	
161	S.FER.FIG.STR. 19 LA	N52W	090271	0600	41	6.6	11	A	
162	S.FER.FIG.STR. 19 LA	S38W	090271	0600	41	6.6	11	A	
163	S.FER.FIG.STR. 19 LA	VERT	090271	0600	41	6.6	11	A	
164	S.FER.CAST.O.R.ROUTE	N21E	090271	0600	21	6.6	11	M	
165	S.FER.CAST.O.R.ROUTE	N69W	090271	0600	21	6.6	11	M	
166	S.FER.CAST.O.R.ROUTE	VERT	090271	0600	21	6.6	11	M	
167	S.FER.HOLL.ST. BS LA	S00W	090271	0600	35	6.6	11	A	
168	S.FER.HOLL.ST. BS LA	N90E	090271	0600	35	6.6	11	A	
169	S.FER.HOLL.ST. BS LA	VERT	090271	0600	35	6.6	11	A	
170	S.FER.HOLL.ST. PE LA	S00W	090271	0600	35	6.6	11	A	
171	S.FER.HOLL.ST. PE LA	N90E	090271	0600	35	6.6	11	A	
172	S.FER.HOLL.ST. PE LA	VERT	090271	0600	35	6.6	11	A	
173	S.FER.AV.OF ST.SB LA	N46W	090271	0600		6.6	11	A	
174	S.FER.AV.OF ST.SB LA	S44W	090271	0600		6.6	11	A	
175	S.FER.AV.OF ST.SB LA	VERT	090271	0600		6.6	11	A	
176	S.FER.AV.OF ST.9 LA	S44W	090271	0600		6.6	11	A	
177	S.FER.AV.OF ST.9 LA	N46W	090271	0600		6.6	11	A	
178	S.FER.AV.OF ST.9 LA	VERT	090271	0600		6.6	11	A	
179	S.FER.AV.OF ST.21 LA	N46W	090271	0600		6.6	11	A	
180	S.FER.AV.OF ST.21 LA	S44W	090271	0600		6.6	11	A	
181	S.FER.AV.OF ST.21 LA	VERT	090271	0600		6.6	11	A	
182	S.FER.S.MARENGO ST.1	N38W	090271	0600		6.6	11	A	
183	S.FER.S.MARENGO ST.1	S52W	090271	0600		6.6	11	A	
184	S.FER.S.MARENGO ST.1	VERT	090271	0600		6.6	11	A	
185	S.FER.S.MARENGO ST.4	N38W	090271	0600		6.6	11	A	
186	S.FER.S.MARENGO ST.4	S52W	090271	0600		6.6	11	A	
187	S.FER.S.MARENGO ST.4	VERT	090271	0600		6.6	11	A	
188	S.FER.S.MARENGO ST.8	N38W	090271	0600		6.6	11	A	
189	S.FER.S.MARENGO ST.8	S52W	090271	0600		6.6	11	A	
190	S.FER.S.MARENGO ST.8	VERT	090271	0600		6.6	11	A	
191	S.FER.WILSH.BLVD.BS	S00W	090271	0600	39	6.6	11	M	
192	S.FER.WILSH.BLVD.BS	S90W	090271	0600	39	6.6	11	M	
193	S.FER.WILSH.BLVD.BS	VERT	090271	0600	39	6.6	11	M	
194	S.FER.WILSH.BLVD.5	S00W	090271	0600	39	6.6	11	M	
195	S.FER.WILSH.BLVD.5	S90W	090271	0600	39	6.6	11	M	
196	S.FER.WILSH.BLVD.5	VERT	090271	0600	39	6.6	11	M	
197	S.FER.WILSH.BLVD.10	N90E	090271	0600	39	6.6	11	M	
198	S.FER.WILSH.BLVD.10	S00W	090271	0600	39	6.6	11	M	

199	S.FER.WILSH.BLVD.10	VERT	090271	0600	39	6.6	11	M
200	S.FER.HOLI YW.BLVD.BS	N00E	090271	0600		6.6	11	A
201	S.FER.HOLLYW.BLVD.BS	N90E	090271	0600		6.6	11	A
202	S.FER.HOLLYW.BLVD.BS	VERT	090271	0600		6.6	11	A
203	S.FER.HOLLYW.BLVD.6	S00W	090271	0600		6.6	11	A
204	S.FER.HOLLYW.BLVD.6	S90W	090271	0600		6.6	11	A
205	S.FER.HOLLYW.BLVD.6	VERT	090271	0600		6.6	11	A
206	S.FER.HOLLYW.BLVD.12	N00E	090271	0600		6.6	11	A
207	S.FER.HOLLYW.BLVD.12	N90E	090271	0600		6.6	11	A
208	S.FER.HOLLYW.BLVD.12	VERT	090271	0600		6.6	11	A
209	S.FER.WHEELER RIDGE	S00W	090271	0600	89	6.6	11	A
210	S.FER.WHEELER RIDGE	N90E	090271	0600	89	6.6	11	A
211	S.FER.WHEELER RIDGE	VERT	090271	0600	89	6.6	11	A
212	S.FER.4680 WILSH.BS	N75W	090271	0600	39	6.6	11	M
213	S.FER.4680 WILSH.BS	N15E	090271	0600	39	6.6	11	M
214	S.FER.4680 WILSH.BS	VERT	090271	0600	39	6.6	11	M
215	S.FER.4680 WILSH.3	N15E	090271	0600	39	6.6	11	M
216	S.FER.4680 WILSH.3	N75W	090271	0600	39	6.6	11	M
217	S.FER.4680 WILSH.3	VERT	090271	0600	39	6.6	11	M
218	S.FER.4680 WILSH.6	N15E	090271	0600	39	6.6	11	M
219	S.FER.4680 WILSH.6	N75W	090271	0600	39	6.6	11	M
220	S.FER.4680 WILSH.6	VERT	090271	0600	39	6.6	11	M
221	S.FER.3470 WILSH.SB	N00E	090271	0600	39	6.6	11	A
222	S.FER.3470 WILSH.SB	S90W	090271	0600	39	6.6	11	A
223	S.FER.3470 WILSH.SB	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
224	S.FER.3470 WILSH.5	N00E	090271	0600	39	6.6	11	A
225	S.FER.3470 WILSH.5	N90E	090271	0600	39	6.6	11	A
226	S.FER.3470 WILSH.5	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
227	S.FER.3470 WILSH.11	N00E	090271	0600	39	6.6	11	A
228	S.FER.3470 WILSH.11	N90E	090271	0600	39	6.6	11	A
229	S.FER.3470 WILSH.11	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
230	S.FER.WATER POW.B.BS	N50W	090271	0600	39	6.6	11	A
231	S.FER.WATER POW.B.BS	S40W	090271	0600	39	6.6	11	A
232	S.FER.WATER POW.B.BS	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
233	S.FER.WATER POW.B.7	N50W	090271	0600	39	6.6	11	A
234	S.FER.WATER POW.B.7	S40W	090271	0600	39	6.6	11	A
235	S.FER.WATER POW.B.7	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
236	S.FER.WATER POW.B.15	N50W	090271	0600	39	6.6	11	A
237	S.FER.WATER POW.B.15	S40W	090271	0600	39	6.6	11	A
238	S.FER.WATER POW.B.15	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
239	S.FER.S.FEL.DAM OUT	S08E	090271	0600	30	6.6	11	M
240	S.FER.S.FEL.DAM OUT	S82W	090271	0600	30	6.6	11	M
241	S.FER.S.FEL.DAM OUT	VERT	090271	0600	30	6.6	11	M
242	S.FER.S.FEL.DAM CRE	S15E	090271	0600	30	6.6	11	M
243	S.FER.S.FEL.DAM CRE	S75W	090271	0600	30	6.6	11	M
244	S.FER.S.FEL.DAM CRE	VERT	090271	0600	30	6.6	11	M
245	S.FER.6TH STR.BS	S00W	090271	0600	39	6.6	11	A
246	S.FER.6TH STR.BS	N90E	090271	0600	39	6.6	11	A
247	S.FER.6TH STR.BS	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
248	S.FER.6TH STR.4	S00W	090271	0600	39	6.6	11	A
249	S.FER.6TH STR.4	N90E	090271	0600	39	6.6	11	A
250	S.FER.6TH STR.4	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
251	S.FER.6TH STR.PENTH.	S00W	090271	0600	39	6.6	11	A
252	S.FER.6TH STR.PENTH.	N90E	090271	0600	39	6.6	11	A
253	S.FER.6TH STR.PENTH.	VERT	090271	0600	39	6.6	11	A
254	S.FER.VERNON CMD BLG	N83W	090271	0600	46	6.6	11	A
255	S.FER.VERNON CMD BLG	S07W	090271	0600	46	6.6	11	A
256	S.FER.VERNON CMD BLG	VERT	090271	0600	46	6.6	11	A
257	S.FER.ENG.BLDG S.ANA	S04E	090271	0600		6.6	11	A
258	S.FER.ENG.BLDG S.ANA	S86W	090271	0600		6.6	11	A
259	S.FER.ENG.BLDG S.ANA	VERT	090271	0600		6.6	11	A
260	S.FER.MUN.S.B.GLEND.	S70E	090271	0600		6.6	11	M
261	S.FER.MUN.S.B.GLEND.	S20W	090271	0600		6.6	11	M
262	S.FER.MUN.S.B.GLEND.	VERT	090271	0600		6.6	11	M
263	S.FER.SOUTH OL.ST.BS	S53E	090271	0600		6.6	11	A
264	S.FER.SOUTH OL.ST.BS	S37W	090271	0600		6.6	11	A
265	S.FER.SOUTH OL.ST.BS	VERT	090271	0600		6.6	11	A

266	S.FER.SOUTH	DL.ST.4	N37E	090271	0600		6.6	11	A
267	S.FER.SOUTH	DL.ST.4	S53E	090271	0600		6.6	11	A
268	S.FER.SOUTH	DL.ST.4	VERT	090271	0600		6.6	11	A
269	S.FER.SOUTH	DL.ST.8	S53E	090271	0600		6.6	11	A
270	S.FER.SOUTH	DL.ST.8	S37W	090271	0600		6.6	11	A
271	S.FER.SOUTH	DL.ST.8	VERT	090271	0600		6.6	11	A
272	S.FER.ZONAL	AV.BS	S62E	090271	0600	47	6.6	11	M
273	S.FER.ZONAL	AV.BS	S28W	090271	0600	42	6.6	11	M
274	S.FER.ZONAL	AV.BS	VERT	090271	0600	42	6.6	11	M
275	S.FER.ZONAL	AV.5	S62E	090271	0600	42	6.6	11	M
276	S.FER.ZONAL	AV.5	S28W	090271	0600	42	6.6	11	M
277	S.FER.ZONAL	AV.5	VERT	090271	0600	42	6.6	11	M
278	S.FER.ZONAL	AV.9	S62E	090271	0600	42	6.6	11	M
279	S.FER.ZONAL	AV.9	S28W	090271	0600	42	6.6	11	M
280	S.FER.ZONAL	AV.9	VERT	090271	0600	42	6.6	11	M
281	S.FER.NRTH	ROB.BL.SB	S88E	090271	0600		6.6	11	A
282	S.FER.NRTH	ROB.BL.SB	S02W	090271	0600		6.6	11	A
283	S.FER.NRTH	ROB.BL.SB	VERT	090271	0600		6.6	11	A
284	S.FER.NRTH	ROB.BL.4	S88E	090271	0600		6.6	11	A
285	S.FER.NRTH	ROB.BL.4	S02W	090271	0600		6.6	11	A
286	S.FER.NRTH	ROB.BL.4	VERT	090271	0600		6.6	11	A
287	S.FER.NRTH	ROB.BL.9	S88E	090271	0600		6.6	11	A
288	S.FER.NRTH	ROB.BL.9	S02W	090271	0600		6.6	11	A
289	S.FER.NRTH	ROB.BL.9	VERT	090271	0600		6.6	11	A
290	S.FER.646	S.DL.ST.BS	S53E	090271	0600		6.6	11	A
291	S.FER.646	S.DL.ST.BS	S37W	090271	0600		6.6	11	A
292	S.FER.646	S.DL.ST.BS	VERT	090271	0600		6.6	11	A
293	S.FER.646	S.DL.ST.4	S53E	090271	0600		6.6	11	A
294	S.FER.646	S.DL.ST.4	S37W	090271	0600		6.6	11	A
295	S.FER.646	S.DL.ST.4	VERT	090271	0600		6.6	11	A
296	S.FER.646	S.DL.ST.RD	S53E	090271	0600		6.6	11	A
297	S.FER.646	S.DL.ST.RD	S37W	090271	0600		6.6	11	A
298	S.FER.646	S.DL.ST.RD	VERT	090271	0600		6.6	11	A
299	S.FER.ED.COMP.	COLTON	S00W	090271	0600		6.6	11	A
300	S.FER.ED.COMP.	COLTON	N90E	090271	0600		6.6	11	A
301	S.FER.ED.COMP.	COLTON	VERT	090271	0600		6.6	11	A
302	S.FER.FT.TEJON		N00E	090271	0600	70	6.6	11	M
303	S.FER.FT.TEJON		N90E	090271	0600	70	6.6	11	M
304	S.FER.FT.TEJON		VERT	090271	0600	70	6.6	11	M
305	S.FER.PUMP.PL.	PEARLB	N00E	090271	0600	47	6.6	11	A
306	S.FER.PUMP.PL.	PEARLB	N90W	090271	0600	47	6.6	11	A
307	S.FER.PUMP.PL.	PEARLB	VERT	090271	0600	47	6.6	11	A
308	S.FER.OSO FUM.	GORMAN	N00E	090271	0600		6.6	11	M
309	S.FER.OSO FUM.	GORMAN	N90W	090271	0600		6.6	11	M
310	S.FER.OSO FUM.	GORMAN	VERT	090271	0600		6.6	11	M
311	S.FER.UCLA RE.	LAB.LA	S00W	090271	0600		6.6	11	A
312	S.FER.UCLA RE.	LAB.LA	N90E	090271	0600		6.6	11	A
313	S.FER.UCLA RE.	LAB.LA	VERT	090271	0600		6.6	11	A
314	S.FER.CALT.LAB.	PASAD	S00W	090271	0600	37	6.6	11	R
315	S.FER.CALT.LAB.	PASAD	S90W	090271	0600	37	6.6	11	R
316	S.FER.CALT.LAB.	PASAD	VERT	090271	0600	37	6.6	11	R
317	S.FER.CALT.ATH.	PASAD	N00E	090271	0600	30	6.6	11	M
318	S.FER.CALT.ATH.	PASAD	N90E	090271	0600	30	6.6	11	M
319	S.FER.CALT.ATH.	PASAD	VERT	090271	0600	30	6.6	11	M
320	S.FER.CALT.MI.	LIB.BS	N00E	090271	0600	30	6.6	11	M
321	S.FER.CALT.MI.	LIB.BS	N90E	090271	0600	30	6.6	11	M
322	S.FER.CALT.MI.	LIB.BS	VERT	090271	0600	30	6.6	11	M
323	S.FER.CALT.MI.	LIB.10	N00E	090271	0600	30	6.6	11	M
324	S.FER.CALT.MI.	LIB.10	N90E	090271	0600	30	6.6	11	M
325	S.FER.CALT.MI.	LIB.10	VERT	090271	0600	30	6.6	11	M
326	S.FER.JET PRO.	LAB.BS	S82E	090271	0600	30	6.6	11	M
327	S.FER.JET PRO.	LAB.BS	S08W	090271	0600	30	6.6	11	M
328	S.FER.JET PRO.	LAB.BS	VERT	090271	0600	30	6.6	11	M
329	S.FER.JET PRO.	LAB.9	S82E	090271	0600	30	6.6	11	M
330	S.FER.JET PRO.	LAB.9	S08W	090271	0600	30	6.6	11	M
331	S.FER.JET PRO.	LAB.9	VERT	090271	0600	30	6.6	11	M
332	S.FER.WEST	6TH ST.BS	N38E	090271	0600		6.6	11	A

333	S.FER.WEST 6TH ST.BS	N52W	090271	0600		6.6	11		A
334	S.FER.WEST 6TH ST.BS	VERT	090271	0600		6.6	11		A
335	S.FER.WEST 6TH ST.42	N52W	090271	0600		6.6	11		A
336	S.FER.WEST 6TH ST.42	N38E	090271	0600		6.6	11		A
337	S.FER.WEST 6TH ST.42	VERT	090271	0600		6.6	11		A
338	S.FER.FIRE ST.PALMD.	S60E	090271	0600	33	6.6	11		A
339	S.FER.FIRE ST.PALMD.	S30W	090271	0600	33	6.6	11		A
340	S.FER.FIRE ST.PALMD.	VERT	090271	0600	33	6.6	11		A
341	ARTIFICIAL (R.G.1.60)								
342	OLYMPIA WASH.	N86E	130449	1156	20	7.1	8		A G
343	TAFT KERN CO	S69E	210752	0453	42	7.7	11		A
344	EL CENTRO IMP.VALLEY		151079						
345	S.FER.PACOIMA DAM	S14W	090271	0600	3	6.4	11		R D
346	S.FER.HOLL.STO.PE LO	N90E	090271	0600	21	6.4	11		
347	EL CENTRO NOS IMP.V.		151079		1	6.6			
348	GOLETA S.BARBARA		130878		4	5.1			
349	COYOTE LAKE ARR.NO.2		060879		7	5.7			
350	CHOLAME NO2 PARKF.	N65E	270666	2026	1	5.6	7		A G
351	GAVILAN COLL. HOLL.	S67N	281174		13	5.2			G

NR	/STANDORT	/COMP	/DATUM	/ZEIT	/DEP	/MAG	/EPI	/AMAX	/SC	/LO
001	EL ABADIA	VT	221080	1850	0	0.0			A	G
002	EL ABADIA	NS	221080	1850	0	0.0			A	G
003	EL ABADIA	EW	221080	1850	0	0.0			A	G
004	EL ABADIA	VT	221080	2026	0	0.0			A	G
005	EL ABADIA	NS	221080	2026	0	0.0			A	G
006	EL ABADIA	EW	221080	2026	0	0.0			A	G
007	EL ABADIA	VT	221080	2244	3	3.5			A	G
008	EL ABADIA	NS	221080	2244	3	3.5			A	G
009	EL ABADIA	EW	221080	2244	3	3.5			A	G
010	EL ABADIA	VT	231080	0605	0	0.0			A	G
011	EL ABADIA	NS	231080	0605	0	0.0			A	G
012	EL ABADIA	EW	231080	0605	0	0.0			A	G
013	EL ABADIA	VT	231080	0643	10	3.7			A	G
014	EL ABADIA	NS	231080	0643	10	3.7			A	G
015	EL ABADIA	EW	231080	0643	10	3.7			A	G
016	EL ABADIA	VT	241080	1258	23	4.2			A	G
017	EL ABADIA	NS	241080	1258	23	4.2			A	G
018	EL ABADIA	EW	241080	1258	23	4.2			A	G
019	EL ABADIA	VT	241080	1303	0	0.0			A	G
020	EL ABADIA	NS	241080	1303	0	0.0			A	G
021	EL ABADIA	EW	241080	1303	0	0.0			A	G
022	EL ABADIA	VT	241080	1312	22	0.0			A	G
023	EL ABADIA	NS	241080	1312	22	0.0			A	G
024	EL ABADIA	EW	241080	1312	22	0.0			A	G
025	EL ABADIA	VT	241080	1511	10	2.9			A	G
026	EL ABADIA	NS	241080	1511	10	2.9			A	G
027	EL ABADIA	EW	241080	1511	10	2.9			A	G
028	EL ABADIA	VT	241080	1625	15	4.1			A	G
029	EL ABADIA	NS	241080	1625	15	4.1			A	G
030	EL ABADIA	EW	241080	1625	15	4.1			A	G
031	EL ABADIA	VT	241080	2331	11	3.6			A	G
032	EL ABADIA	NS	241080	2331	11	3.6			A	G
033	EL ABADIA	EW	241080	2331	11	3.6			A	G
034	EL ABADIA	VT	251080	0423	6	3.6			A	G
035	EL ABADIA	NS	251080	0423	6	3.6			A	G
036	EL ABADIA	EW	251080	0423	6	3.6			A	G
037	EL ABADIA	VT	251080	0516	17	3.7			A	G
038	EL ABADIA	NS	251080	0516	17	3.7			A	G
039	EL ABADIA	EW	251080	0516	17	3.7			A	G
040	EL ABADIA	VT	251080	1246	7	3.1			A	G
041	EL ABADIA	NS	251080	1246	7	3.1			A	G
042	EL ABADIA	EW	251080	1246	7	3.1			A	G
043	EL ABADIA	VT	251080	1304	10	3.5			A	G
044	EL ABADIA	NS	251080	1304	10	3.5			A	G
045	EL ABADIA	EW	251080	1304	10	3.5			A	G
046	EL ABADIA	VT	251080	1902	12	2.7			A	G
047	EL ABADIA	NS	251080	1902	12	2.7			A	G
048	EL ABADIA	EW	251080	1902	12	2.7			A	G
049	EL ABADIA	VT	261080	0228	21	4.5			A	G
050	EL ABADIA	NS	261080	0228	21	4.5			A	G
051	EL ABADIA	EW	261080	0228	21	4.5			A	G
052	EL ABADIA	VT	261080	0554	7	3.0			A	G
053	EL ABADIA	NS	261080	0554	7	3.0			A	G
054	EL ABADIA	EW	261080	0554	7	3.0			A	G
055	EL ABADIA	VT	271080	0338	37	4.2			A	G
056	EL ABADIA	NS	271080	0338	37	4.2			A	G
057	EL ABADIA	EW	271080	0338	37	4.2			A	G
058	EL ABADIA	VT	281080	0018	17	3.7			A	G
059	EL ABADIA	NS	281080	0018	17	3.7			A	G
060	EL ABADIA	EW	281080	0018	17	3.7			A	G
061	EL ABADIA	VT	281080	2035	6	3.7			A	G
062	EL ABADIA	NS	281080	2035	6	3.7			A	G
063	EL ABADIA	EW	281080	2035	6	3.7			A	G
064	EL ABADIA	VT	291080	0130	9	4.4			A	G

065	EL	ABADIA	NS	291080	0130	9	4.4	A	G
066	EL	ABADIA	EW	291080	0130	9	4.4	A	G
067	EL	ABADIA	VT	301080	0102	6	3.4	A	G
068	EL	ABADIA	NS	301080	0102	6	3.4	A	G
069	EL	ABADIA	EW	301080	0102	6	3.4	A	G
070	EL	ABADIA	VT	301080	0835	8	4.0	A	G
071	EL	ABADIA	NS	301080	0835	8	4.0	A	G
072	EL	ABADIA	EW	301080	0835	8	4.0	A	G
073	EL	ABADIA	VT	301080	2046	11	3.9	A	G
074	EL	ABADIA	NS	301080	2046	11	3.9	A	G
075	EL	ABADIA	EW	301080	2046	11	3.9	A	G
076	EL	ABADIA	VT	301080	2338	10	5.0	A	G
077	EL	ABADIA	NS	301080	2338	10	5.0	A	G
078	EL	ABADIA	EW	301080	2338	10	5.0	A	G
079	EL	ABADIA 1	VT	301080	2342	0	0.0	A	G
080	EL	ABADIA 1	NS	301080	2342	0	0.0	A	G
081	EL	ABADIA 1	EW	301080	2342	0	0.0	A	G
082	EL	ABADIA 2	VT	301080	2342	0	0.0	A	G
083	EL	ABADIA 2	NS	301080	2342	0	0.0	A	G
084	EL	ABADIA 2	EW	301080	2342	0	0.0	A	G
085	EL	ABADIA 3	VT	301080	2342	0	0.0	A	G
086	EL	ABADIA 3	NS	301080	2342	0	0.0	A	G
087	EL	ABADIA 3	EW	301080	2342	0	0.0	A	G
088	EL	ABADIA	VT	311080	0135	18	3.9	A	G
089	EL	ABADIA	NS	311080	0135	18	3.9	A	G
090	EL	ABADIA	EW	311080	0135	18	3.9	A	G
091	EL	ABADIA	VT	311080	0553	10	3.7	A	G
092	EL	ABADIA	NS	311080	0553	10	3.7	A	G
093	EL	ABADIA	EW	311080	0553	10	3.7	A	G
094	EL	ABADIA	VT	311080	1830	9	3.7	A	G
095	EL	ABADIA	NS	311080	1830	9	3.7	A	G
096	EL	ABADIA	EW	311080	1830	9	3.7	A	G
097	EL	ABADIA	VT	311080	2100	9	3.5	A	G
098	EL	ABADIA	NS	311080	2100	9	3.5	A	G
099	EL	ABADIA	EW	311080	2100	9	3.5	A	G
100	EL	ABADIA	VT	011180	0042	7	2.6	A	G
101	EL	ABADIA	NS	011180	0042	7	2.6	A	G
102	EL	ABADIA	EW	011180	0042	7	2.6	A	G
103	EL	ABADIA	VT	011180	1026	0	0.0	A	G
104	EL	ABADIA	NS	011180	1026	0	0.0	A	G
105	EL	ABADIA	EW	011180	1026	0	0.0	A	G
106	EL	ABADIA	VT	011180	1738	9	3.4	A	G
107	EL	ABADIA	NS	011180	1738	9	3.4	A	G
108	EL	ABADIA	EW	011180	1738	9	3.4	A	G
109	EL	ABADIA	VT	021180	0521	12	3.9	A	G
110	EL	ABADIA	NS	021180	0521	12	3.9	A	G
111	EL	ABADIA	EW	021180	0521	12	3.9	A	G
112	EL	ABADIA	VT	031180	0721	11	3.5	A	G
113	EL	ABADIA	NS	031180	0721	11	3.5	A	G
114	EL	ABADIA	EW	031180	0721	11	3.5	A	G
115	EL	ABADIA	VT	051180	0936	4	2.9	A	G
116	EL	ABADIA	NS	051180	0936	4	2.9	A	G
117	EL	ABADIA	EW	051180	0936	4	2.9	A	G
118	EL	ABADIA	VT	071180	1607	24	3.9	A	G
119	EL	ABADIA	NS	071180	1607	24	3.9	A	G
120	EL	ABADIA	EW	071180	1607	24	3.9	A	G
121	EL	ABADIA	VT	081180	0207	22	4.2	A	G
122	EL	ABADIA	NS	081180	0207	22	4.2	A	G
123	EL	ABADIA	EW	081180	0207	22	4.2	A	G
124	EL	ABADIA	VT	081180	0754	30	5.1	A	G
125	EL	ABADIA	NS	081180	0754	30	5.1	A	G
126	EL	ABADIA	EW	081180	0754	30	5.1	A	G
127	EL	ABADIA	VT	091180	1830	22	4.2	A	G
128	EL	ABADIA	NS	091180	1830	22	4.2	A	G
129	EL	ABADIA	EW	091180	1830	22	4.2	A	G
130	EL	ABADIA	VT	101180	0001	31	4.9	A	G
131	EL	ABADIA	NS	101180	0001	31	4.9	A	G

132	EL ABADIA	EW	101180	0001	31	4.9	A	G
133	EL ABADIA	VT	101180	0335	22	3.8	A	G
134	EL ABADIA	NS	101180	0335	22	3.8	A	G
135	EL ABADIA	EW	101180	0335	22	3.8	A	G
136	EL ABADIA	VT	111180	0129	21	4.2	A	G
137	EL ABADIA	NS	111180	0129	21	4.2	A	G
138	EL ABADIA	EW	111180	0129	21	4.2	A	G
139	EL ABADIA	VT	121180	1922	5	2.9	A	G
140	EL ABADIA	NS	121180	1922	5	2.9	A	G
141	EL ABADIA	EW	121180	1922	5	2.9	A	G
142	EL ABADIA	VT	121180	2356	21	4.2	A	G
143	EL ABADIA	NS	121180	2356	21	4.2	A	G
144	EL ABADIA	EW	121180	2356	21	4.2	A	G
145	EL ABADIA	VT	131180	2352	0	0.0	A	G
146	EL ABADIA	NS	131180	2352	0	0.0	A	G
147	EL ABADIA	EW	131180	2352	0	0.0	A	G
148	EL ABADIA	VT	151180	0012	8	4.0	A	G
149	EL ABADIA	NS	151180	0012	8	4.0	A	G
150	EL ABADIA	EW	151180	0012	8	4.0	A	G
151	EL ABADIA	VT	151180	0658	8	3.2	A	G
152	EL ABADIA	NS	151180	0658	8	3.2	A	G
153	EL ABADIA	EW	151180	0658	8	3.2	A	G
154	EL ABADIA	VT	191180	1616	0	0.0	A	G
155	EL ABADIA	NS	191180	1616	0	0.0	A	G
156	EL ABADIA	EW	191180	1616	0	0.0	A	G
157	EL ABADIA	VT	211180	0811	0	0.0	A	G
158	EL ABADIA	NS	211180	0811	0	0.0	A	G
159	EL ABADIA	EW	211180	0811	0	0.0	A	G
160	EL ABADIA	VT	231180	1703	0	0.0	A	G
161	EL ABADIA	NS	231180	1703	0	0.0	A	G
162	EL ABADIA	EW	231180	1703	0	0.0	A	G
163	OULED ABBES	VT	211080	1222	0	0.0	M	G
164	OULED ABBES	NS	211180	1222	0	0.0	M	G
165	OULED ABBES	EW	211180	1222	0	0.0	M	G
166	OULED ABBES	VT	211080	1826	5	0.0	M	G
167	OULED ABBES	NS	211080	1826	5	0.0	M	G
168	OULED ABBES	EW	211080	1826	5	0.0	M	G
169	OULED ABBES	VT	211080	1916	5	2.3	M	G
170	OULED ABBES	NS	211080	1916	5	2.3	M	G
171	OULED ABBES	EW	211080	1916	5	2.3	M	G
172	OULED ABBES	VT	221080	0658	0	0.0	M	G
173	OULED ABBES	NS	221080	0658	0	0.0	M	G
174	OULED ABBES	EW	221080	0658	0	0.0	M	G
175	OULED ABBES	VT	221080	0704	7	2.7	M	G
176	OULED ABBES	NS	221080	0704	7	2.7	M	G
177	OULED ABBES	EW	221080	0704	7	2.7	M	G
178	OULED ABBES	VT	221080	1229	26	3.8	M	G
179	OULED ABBES	NS	221080	1229	26	3.8	M	G
180	OULED ABBES	EW	221080	1229	26	3.8	M	G
181	OULED ABBES	VT	231080	0958	36	4.6	M	G
182	OULED ABBES	NS	231080	0958	36	4.6	M	G
183	OULED ABBES	EW	231080	0958	36	4.6	M	G
184	OULED ABBES	VT	241080	1258	23	4.2	M	G
185	OULED ABBES	NS	241080	1258	23	4.2	M	G
186	OULED ABBES	EW	241080	1258	23	4.2	M	G
187	OULED ABBES	VT	241080	1312	23	0.0	M	G
188	OULED ABBES	NS	241080	1312	23	0.0	M	G
189	OULED ABBES	EW	241080	1312	23	0.0	M	G
190	OULED ABBES	VT	241080	1625	24	4.1	M	G
191	OULED ABBES	NS	241080	1625	24	4.1	M	G
192	OULED ABBES	EW	241080	1625	24	4.1	M	G
193	OULED ABBES	VT	241080	2331	11	3.6	M	G
194	OULED ABBES	NS	241080	2331	11	3.6	M	G
195	OULED ABBES	EW	241080	2331	11	3.6	M	G
196	OULED ABBES	VT	251080	0423	6	3.3	M	G
197	OULED ABBES	NS	251080	0423	6	3.3	M	G
198	OULED ABBES	EW	251080	0423	6	3.3	M	G

199	OULED	ABBES	VT	261080	0228	29	4.5	M	G
200	OULED	ABBES	NS	261080	0228	29	4.5	M	G
201	OULED	ABBES	EW	261080	0228	29	4.5	M	G
202	OULED	ABBES	VT	261080	1409	0	0.0	M	G
203	OULED	ABBES	NS	261080	1409	0	0.0	M	G
204	OULED	ABBES	EW	261080	1409	0	0.0	M	G
205	OULED	ABBES	VT	271080	0740	6	3.6	M	G
206	OULED	ABBES	NS	271080	0740	6	3.6	M	G
207	OULED	ABBES	EW	271080	0740	6	3.6	M	G
208	OULED	ABBES	VT	301080	2338	24	5.0	M	G
209	OULED	ABBES	NS	301080	2338	24	5.0	M	G
210	OULED	ABBES	EW	301080	2338	24	5.0	M	G
211	OULED	ABBES	VT	071180	1608	41	3.9	M	G
212	OULED	ABBES	NS	071180	1608	41	3.9	M	G
213	OULED	ABBES	EW	071180	1608	41	3.9	M	G
214	OULED	ABBES	VT	081180	0207	29	4.2	M	G
215	OULED	ABBES	NS	081180	0207	29	4.2	M	G
216	OULED	ABBES	EW	081180	0207	29	4.2	M	G
217	OULED	ABBES	VT	081180	0754	13	5.1	M	G
218	OULED	ABBES	NS	081180	0754	13	5.1	M	G
219	OULED	ABBES	EW	081180	0754	13	5.1	M	G
220	OULED	ABBES	VT	091180	0509	5	3.1	M	G
221	OULED	ABBES	NS	091180	0509	5	3.1	M	G
222	OULED	ABBES	EW	091180	0509	5	3.1	M	G
223	OULED	ABBES	VT	091180	1830	29	4.2	M	G
224	OULED	ABBES	NS	091180	1830	29	4.2	M	G
225	OULED	ABBES	EW	091180	1830	29	4.2	M	G
226	OULED	ABBES	VT	101180	0001	30	4.9	M	G
227	OULED	ABBES	NS	101180	0001	30	4.9	M	G
228	OULED	ABBES	EW	101180	0001	30	4.9	M	G
229	OULED	ABBES	VT	121180	2356	5	4.2	M	G
230	OULED	ABBES	NS	121180	2356	5	4.2	M	G
231	OULED	ABBES	EW	121180	2356	5	4.2	M	G
232	OULED	ABBES	VT	151180	0012	19	4.9	M	G
233	OULED	ABBES	NS	151180	0012	19	4.9	M	G
234	OULED	ABBES	EW	151180	0012	19	4.9	M	G
235	OULED	ABBES	VT	231180	1703	0	0.0	M	G
236	OULED	ABBES	NS	231180	1703	0	0.0	M	G
237	OULED	ABBES	EW	231180	1703	0	0.0	M	G
238	CHAMP	LIBRE (PISTE 2)	VT	251180	1915	0	0.0		
239	CHAMP	LIBRE (PISTE 2)	NS	251180	1915	0	0.0		
240	CHAMP	LIBRE (PISTE 2)	EW	251180	1915	0	0.0		
241	RADIER	(PISTE 1)	VT	251180	1915	0	0.0		
242	RADIER	(PISTE 1)	NS	251180	1915	0	0.0		
243	RADIER	(PISTE 1)	EW	251180	1915	0	0.0		
244	CHAMP	LIBRE (PISTE 2)	VT	261180	0130	0	0.0		
245	CHAMP	LIBRE (PISTE 2)	NS	261180	0130	0	0.0		
246	CHAMP	LIBRE (PISTE 2)	EW	261180	0130	0	0.0		
247	RADIER	(PISTE 1)	VT	261180	0130	0	0.0		
248	RADIER	(PISTE 1)	NS	261180	0130	0	0.0		
249	RADIER	(PISTE 1)	EW	261180	0130	0	0.0		
250	OUED	FODDA	VT	221080	04	0	0.0	R	G
251	OUED	FODDA	NS	221080	04	0	0.0	R	G
252	OUED	FODDA	EW	221080	04	0	0.0	R	G
253	OUED	FODDA	VT	221080	0644	0	0.0	R	G
254	OUED	FODDA	NS	221080	0644	0	0.0	R	G
255	OUED	FODDA	EW	221080	0644	0	0.0	R	G
256	OUED	FODDA	VT	221080	0658	0	0.0	R	G
257	OUED	FODDA	NS	221080	0658	0	0.0	R	G
258	OUED	FODDA	EW	221080	0658	0	0.0	R	G
259	OUED	FODDA	VT	221080	1831	0	0.0	R	G
260	OUED	FODDA	NS	221080	1831	0	0.0	R	G
261	OUED	FODDA	EW	221080	1831	0	0.0	R	G
262	OUED	FODDA	VT	221080	2026	0	0.0	R	G
263	OUED	FODDA	NS	221080	2026	0	0.0	R	G
264	OUED	FODDA	EW	221080	2026	0	0.0	R	G
265	OUED	FODDA	VT	221080	2244	28	3.5	R	G

266	OUED	FODDA	NS	221080	2244	28	3.5	R	G
267	OUED	FODDA	EW	221080	2244	28	3.5	R	G
268	OUED	FODDA	VT	231080	0643	31	3.7	R	G
269	OUED	FODDA	NS	231080	0643	31	3.7	R	G
270	OUED	FODDA	EW	231080	0643	31	3.7	R	G
271	OUED	FODDA	VT	231080	0957	0	0.0	R	G
272	OUED	FODDA	NS	231080	0957	0	0.0	R	G
273	OUED	FODDA	EW	231080	0957	0	0.0	R	G
274	OUED	FODDA	VT	231080	0958	0	0.0	R	G
275	OUED	FODDA	NS	231080	0958	0	0.0	R	G
276	OUED	FODDA	EW	231080	0958	0	0.0	R	G
277	OUED	FODDA	VT	241080	0101	0	0.0	R	G
278	OUED	FODDA	NS	241080	0101	0	0.0	R	G
279	OUED	FODDA	EW	241080	0101	0	0.0	R	G
280	OUED	FODDA	VT	241080	0101	0	0.0	R	G
281	OUED	FODDA	NS	241080	0101	0	0.0	R	G
282	OUED	FODDA	EW	241080	0101	0	0.0	R	G
283	OUED	FODDA	VT	241080	1257	0	0.0	R	G
284	OUED	FODDA	NS	241080	1257	0	0.0	R	G
285	OUED	FODDA	EW	241080	1257	0	0.0	R	G
286	OUED	FODDA	VT	241080	1258	38	4.2	R	G
287	OUED	FODDA	NS	241080	1258	38	4.2	R	G
288	OUED	FODDA	EW	241080	1258	38	4.2	R	G
289	OUED	FODDA	VT	241080	1303	0	0.0	R	G
290	OUED	FODDA	NS	241080	1303	0	0.0	R	G
291	OUED	FODDA	EW	241080	1303	0	0.0	R	G
292	OUED	FODDA	VT	241080	1312	18	0.0	R	G
293	OUED	FODDA	NS	241080	1312	18	0.0	R	G
294	OUED	FODDA	EW	241080	1312	18	0.0	R	G
295	OUED	FODDA	VT	241080	1625	38	4.1	R	G
296	OUED	FODDA	NS	241080	1625	38	4.1	R	G
297	OUED	FODDA	EW	241080	1625	38	4.1	R	G
298	OUED	FODDA	VT	241080	2331	26	3.6	R	G
299	OUED	FODDA	NS	241080	2331	26	3.6	R	G
300	OUED	FODDA	EW	241080	2331	26	3.6	R	G
301	OUED	FODDA	VT	251080	0423	21	3.3	R	G
302	OUED	FODDA	NS	251080	0423	21	3.3	R	G
303	OUED	FODDA	EW	251080	0423	21	3.3	R	G
304	OUED	FODDA	VT	251080	0516	41	3.7	R	G
305	OUED	FODDA	NS	251080	0516	41	3.7	R	G
306	OUED	FODDA	EW	251080	0516	41	3.7	R	G
307	OUED	FODDA	VT	251080	1902	36	2.7	R	G
308	OUED	FODDA	NS	251080	1902	36	2.7	R	G
309	OUED	FODDA	EW	251080	1902	36	2.7	R	G
310	OUED	FODDA	VT	261080	0228	45	4.5	R	G
311	OUED	FODDA	NS	261080	0228	45	4.5	R	G
312	OUED	FODDA	EW	261080	0228	45	4.5	R	G
313	OUED	FODDA	VT	261080	0554	23	3.0	R	G
314	OUED	FODDA	NS	261080	0554	23	3.0	R	G
315	OUED	FODDA	EW	261080	0554	23	3.0	R	G
316	OUED	FODDA	VT	261080	0642	27	3.2	R	G
317	OUED	FODDA	NS	261080	0642	27	3.2	R	G
318	OUED	FODDA	EW	261080	0642	27	3.2	R	G
319	OUED	FODDA	VT	271080	0338	24	4.2	R	G
320	OUED	FODDA	NS	271080	0338	24	4.2	R	G
321	OUED	FODDA	EW	271080	0338	24	4.2	R	G
322	OUED	FODDA	VT	271080	0740	25	3.6	R	G
323	OUED	FODDA	NS	271080	0740	25	3.6	R	G
324	OUED	FODDA	EW	271080	0740	25	3.6	R	G
325	OUED	FODDA	VT	281080	0018	41	3.7	R	G
326	OUED	FODDA	NS	281080	0018	41	3.7	R	G
327	OUED	FODDA	EW	281080	0018	41	3.7	R	G
328	OUED	FODDA	VT	291080	0130	34	4.4	R	G
329	OUED	FODDA	NS	291080	0130	34	4.4	R	G
330	OUED	FODDA	EW	291080	0130	34	4.4	R	G
331	OUED	FODDA	VT	301080	0102	30	3.4	R	G
332	OUED	FODDA	NS	301080	0102	30	3.4	R	G

333	OUED	FODDA	EW	301080	0102	30	3.4	R	G
334	OUED	FODDA	VT	301080	0135	30	2.9	R	G
335	OUED	FODDA	NS	301080	0135	30	2.9	R	G
336	OUED	FODDA	EW	301080	0135	30	2.9	R	G
337	OUED	FODDA	VT	301080	0324	0	0.0	R	G
338	OUED	FODDA	NS	301080	0324	0	0.0	R	G
339	OUED	FODDA	EW	301080	0324	0	0.0	R	G
340	OUED	FODDA	VT	301080	0324	0	0.0	R	G
341	OUED	FODDA	NS	301080	0324	0	0.0	R	G
342	OUED	FODDA	EW	301080	0324	0	0.0	R	G
343	OUED	FODDA	VT	301080	0835	33	4.0	R	G
344	OUED	FODDA	NS	301080	0835	33	4.0	R	G
345	OUED	FODDA	EW	301080	0835	33	4.0	R	G
346	OUED	FODDA	VT	301080	1405	0	0.0	R	G
347	OUED	FODDA	NS	301080	1405	0	0.0	R	G
348	OUED	FODDA	EW	301080	1405	0	0.0	R	G
349	OUED	FODDA	VT	301080	1510	0	0.0	R	G
350	OUED	FODDA	NS	301080	1510	0	0.0	R	G
351	OUED	FODDA	EW	301080	1510	0	0.0	R	G
352	OUED	FODDA	VT	301080	2046	36	3.9	R	G
353	OUED	FODDA	NS	301080	2046	36	3.9	R	G
354	OUED	FODDA	EW	301080	2046	36	3.9	R	G
355	OUED	FODDA	VT	301080	2338	35	5.0	R	G
356	OUED	FODDA	NS	301080	2338	35	5.0	R	G
357	OUED	FODDA	EW	301080	2338	35	5.0	R	G
358	OUED	FODDA	VT	311080	0135	23	3.9	R	G
359	OUED	FODDA	NS	311080	0135	23	3.9	R	G
360	OUED	FODDA	EW	311080	0135	23	3.9	R	G
361	OUED	FODDA	VT	311080	1242	0	0.0	R	G
362	OUED	FODDA	NS	311080	1242	0	0.0	R	G
363	OUED	FODDA	EW	311080	1242	0	0.0	R	G
364	OUED	FODDA	VT	311080	2051	23	3.1	R	G
365	OUED	FODDA	NS	311080	2051	23	3.1	R	G
366	OUED	FODDA	EW	311080	2051	23	3.1	R	G
367	OUED	FODDA	VT	311080	2100	31	3.5	R	G
368	OUED	FODDA	NS	311080	2100	31	3.5	R	G
369	OUED	FODDA	EW	311080	2100	31	3.5	R	G
370	OUED	FODDA	VT	011180	1026	0	0.0	R	G
371	OUED	FODDA	NS	011180	1026	0	0.0	R	G
372	OUED	FODDA	EW	011180	1026	0	0.0	R	G
373	OUED	FODDA	VT	011180	1027	0	0.0	R	G
374	OUED	FODDA	NS	011180	1027	0	0.0	R	G
375	OUED	FODDA	EW	011180	1027	0	0.0	R	G
376	OUED	FODDA	VT	011180	1058	41	3.7	R	G
377	OUED	FODDA	NS	011180	1058	41	3.7	R	G
378	OUED	FODDA	EW	011180	1058	41	3.7	R	G
379	OUED	FODDA	VT	011180	1738	32	3.4	R	G
380	OUED	FODDA	NS	011180	1738	32	3.4	R	G
381	OUED	FODDA	EW	011180	1738	32	3.4	R	G
382	OUED	FODDA	VT	021180	0521	33	3.9	R	G
383	OUED	FODDA	NS	021180	0521	33	3.9	R	G
384	OUED	FODDA	EW	021180	0521	33	3.9	R	G
385	OUED	FODDA	VT	051180	0542	41	3.8	R	G
386	OUED	FODDA	NS	051180	0542	41	3.8	R	G
387	OUED	FODDA	EW	051180	0542	41	3.8	R	G
388	OUED	FODDA	VT	081180	0207	0	4.2	R	G
389	OUED	FODDA	NS	081180	0207	0	4.2	R	G
390	OUED	FODDA	EW	081180	0207	0	4.2	R	G
391	OUED	FODDA	VT	081180	0754	0	5.1	R	G
392	OUED	FODDA	NS	081180	0754	0	5.1	R	G
393	OUED	FODDA	EW	081180	0754	0	5.1	R	G
394	OUED	FODDA	VT	091180	1830	45	4.2	R	G
395	OUED	FODDA	NS	091180	1830	45	4.2	R	G
396	OUED	FODDA	EW	091180	1830	45	4.2	R	G
397	OUED	FODDA	VT	101180	0001	51	4.9	R	G
398	OUED	FODDA	NS	101180	0001	51	4.9	R	G
399	OUED	FODDA	EW	101180	0001	51	4.9	R	G

400	QUED	FODDA	VT	101180	0335	44	3.8	R	G
401	QUED	FODDA	NS	101180	0335	44	3.8	R	G
402	QUED	FODDA	EW	101180	0335	44	3.8	R	G
403	QUED	FODDA	VT	101180	0748	0	0.0	R	G
404	QUED	FODDA	NS	101180	0748	0	0.0	R	G
405	QUED	FODDA	EW	101180	0748	0	0.0	R	G
406	QUED	FODDA	VT	101180	0850	0	0.0	R	G
407	QUED	FODDA	NS	101180	0850	0	0.0	R	G
408	QUED	FODDA	EW	101180	0850	0	0.0	R	G
409	QUED	FODDA	VT	101180	1440	22	3.5	R	G
410	QUED	FODDA	NS	101180	1440	22	3.5	R	G
411	QUED	FODDA	EW	101180	1440	22	3.5	R	G
412	QUED	FODDA	VT	121180	1224	0	0.0	R	G
413	QUED	FODDA	NS	121180	1224	0	0.0	R	G
414	QUED	FODDA	EW	121180	1224	0	0.0	R	G
415	QUED	FODDA	VT	121180	1922	25	2.9	R	G
416	QUED	FODDA	NS	121180	1922	25	2.9	R	G
417	QUED	FODDA	EW	121180	1922	25	2.9	R	G
418	QUED	FODDA	VT	121180	2356	24	4.2	R	G
419	QUED	FODDA	NS	121180	2356	24	4.2	R	G
420	QUED	FODDA	EW	121180	2356	24	4.2	R	G
421	QUED	FODDA	VT	131180	2352	0	0.0	R	G
422	QUED	FODDA	NS	131180	2352	0	0.0	R	G
423	QUED	FODDA	EW	131180	2352	0	0.0	R	G
424	QUED	FODDA	VT	141180	0945	24	3.0	R	G
425	QUED	FODDA	NS	141180	0945	24	3.0	R	G
426	QUED	FODDA	EW	141180	0945	24	3.0	R	G
427	QUED	FODDA	VT	141180	1245	0	0.0	R	G
428	QUED	FODDA	NS	141180	1245	0	0.0	R	G
429	QUED	FODDA	EW	141180	1245	0	0.0	R	G
430	QUED	FODDA	VT	151180	0012	22	4.0	R	G
431	QUED	FODDA	NS	151180	0012	22	4.0	R	G
432	QUED	FODDA	EW	151180	0012	22	4.0	R	G
433	QUED	FODDA	VT	151180	0658	24	3.2	R	G
434	QUED	FODDA	NS	151180	0658	24	3.2	R	G
435	QUED	FODDA	EW	151180	0658	24	3.2	R	G

NR	/STANDORT	/CP	/DATUM	/ZEIT	/EPD	/MAG	EPI	INT	AMAX	/SC/
001	JUNGINGEN	VT	110277	1833		3.6				
002	JUNGINGEN	NS	110277	1833		3.6				
003	JUNGINGEN	EW	110277	1833		3.6				
004	JUNGINGEN	VT	160178	1809		3.5				
005	JUNGINGEN	NS	160178	1809		3.5				
006	JUNGINGEN	EW	160178	1809		3.5				
007	JUNGINGEN	VT	160178	2256		3.6				
008	JUNGINGEN	NS	160178	2256		3.6				
009	JUNGINGEN	EW	160178	2256		3.6				
010	JUNGINGEN	VT	060278	0655		3.1				
011	JUNGINGEN	NS	060278	0655		3.1				
012	JUNGINGEN	EW	060278	0655		3.1				
013										
014										
015										
016										
017										
018										
019	JUNGINGEN	VT	250978	0824	9	3.2				
020	JUNGINGEN	NS	250978	0824	9	3.2				
021	JUNGINGEN	EW	250978	0824	9	3.2				
022										
023										
024										
025	JUNGINGEN	VT	290978	0142	11	3.0				
026	JUNGINGEN	NS	290978	0142	11	3.0				
027	JUNGINGEN	EW	290978	0142	11	3.0				
028										
029										
030										
031	JUNGINGEN	VT	061078	1434	6	3.3				
032	JUNGINGEN	NS	061078	1434	6	3.3				
033	JUNGINGEN	EW	061078	1434	6	3.3				
034	JUNGINGEN	VT	071078	0936	6	3.3				
035	JUNGINGEN	NS	071078	0936	6	3.3				
036	JUNGINGEN	EW	071078	0936	6	3.3				
037	JUNGINGEN	VT	101078	1303	6	3.1				
038	JUNGINGEN	NS	101078	1303	6	3.1				
039	JUNGINGEN	EW	101078	1303	6	3.1				
040	JUNGINGEN	VT	200879	1005	8	2.1	1.0			
041	JUNGINGEN	NS	200879	1005	8	2.1	1.0			
042	JUNGINGEN	EW	200879	1005	8	2.1	1.0			
043	JUNGINGEN	VT	010480	1319	2	3.3	3.0			
044	JUNGINGEN	NS	010480	1319	2	3.3	3.0			
045	JUNGINGEN	EW	010480	1319	2	3.3	3.0			
046	JUNGINGEN	VT	210480	1808	5	3.5	5.0			
047	JUNGINGEN	NS	210480	1808	5	3.5	5.0			
048	JUNGINGEN	EW	210480	1808	5	3.5	5.0			
049	JUNGINGEN	VT	291180	0630	4	2.5	2.0			
050	JUNGINGEN	NS	291180	0630	4	2.5	2.0			
051	JUNGINGEN	EW	291180	0630	4	2.5	2.0			

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 4

zum

ABSCHLUSSBERICHT

VERGLEICH VERSCHIEDENER UNTERGRUNDKLASSIFIZIERUNGEN

H. Berckhemer

J. Kopera

VERGLEICH VERSCHIEDENER UNTERGRUNDKLASSIFIZIERUNGEN

1. Hayashi, S., H. Tsuchida and E. Kurata, 1971 [3.11]

3 Untergrundklassen (vgl. Abb 2):

A: = " Very dense sands and gravels "

(Sehr dichte, verfestigte Sande und Kiese)

B: = " Soils of intermediate characteristics "

(Untergrund mit mittlerem Verfestigungsgrad)

C: = " Extremely loose soils "

(Extrem weiche, unverfestigte Böden)

Methode:

Mittelung der auf die maximale Beschleunigung normalisierten Beschleunigungsantwortspektren 61 Akzelerogramme von 38 Japan-Beben, darunter viele mit Spitzenbeschleunigungen von $a_{\max} = 0,02 - 0,05 g$.

Bemerkungen:

- relativ niedriges Beschleunigungsniveau
- sehr begrenzter Datenumfang für einige Untergrundverhältnisse.

2. Newmark, N.M. and W.J. Hall, 1969 (Ref. 1)

3 Untergrundklassen durch Einführung von Schätzwerten berücksichtigt:

Soft ground	1,5
Firm soil: soft rock	1,0
Hard rock	0,67

Tab.1: "Newmark's site factors "

2.2 Newmark, N.M., J.A. Blume and K. Kapur, 1973 [3.13]

2 Untergrundklassen:

A: = Alluvium

B: = Rock sites

Methode:

Tatsächlich wurden 2 unabhängige Studien durchgeführt:

- eine unter Verwendung von 33 Erdbebenregistrierungen mit auf die maximale Bodenbeschleunigung normalisierten Antwortspektren
- eine weitere von 28 Registrierungen, normalisiert bezüglich der maximalen Bodenschwinggeschwindigkeit v_{max} .

Beide Studien führten im wesentlichen zu guter Übereinstimmung. Aus der Interpretation der Spektren wurde von Newmark gefolgert, daß keine statistisch signifikanten Schlüsse aus der Untergrundeinteilung in Alluvium und Rock sites gezogen werden konnten. Alle Spektren, unabhängig von den Standortverhältnissen, Erdbebenmagnitude und makroseismischer Intensität wurden daraufhin zusammen betrachtet und führten zu dem bezüglich der maximalen Beschleunigung normalisierten 84% Fraktile-Spektrum (AEC-Regulatory Guide Spectrum), vgl. Abb.3 .

Bemerkungen:

Das AEC-Regulatory Guide Spectrum ist ein sog. " site- independent spectrum" und nach der Auffassung von Seed et al., 1974 wahrscheinlich repräsentativ für "stiff soils".

3. Seed, H.B., C. Ugas and J. Lysmer, 1974 [3.12]

4 Untergrundklassen (vgl. Abb. 1)

- (1): = Rock (Fels)
- (2): = Stiff soils less than about 150 ft deep
(Steife Böden weniger als etwa 45m mächtig)
- (3): = Deep cohesionless soils with depths greater than about 250 ft
(Unverfestigte Böden mit einer Mächtigkeit größer als etwa 75m)
- (4): = Soil deposits consisting of soft to medium stiff clays with associated strata of sand and gravels
(Bodenablagerungen, bestehend aus weichen bis mittelsteifem Ton mit eingelagertem Sand und Kies)

Methode:

104 strong-motion records mit $a_{\max} \geq 0,05g$ aus den westlichen U.S.A. und teilweise aus Japan wurden bearbeitet.

Den 4 Klassen wurde folgende Datenbasis zugeordnet:

Klasse	Anzahl der Registrierungen
(1)	28
(2)	31
(3)	30
(4)	15
Summe	104

Bemerkungen:

Abb. 1 zeigt die gemittelten und bezüglich der maximalen Bodenbeschleunigung normalisierten Beschleunigungs-Antwortspektren der 4 geologischen Standortklassen. Die Unterschiede im Spektralverlauf, abhängig von den Untergrundverhältnissen, sind deutlich erkennbar.

Ein Vergleich mit der Klassifikation A, B, C nach Hayashi et al., 1971 zeigt:

Hayashi et al., 1971	Seed et al., 1974
(A)	$\hat{=}$ (1) & (2)
(B)	$\hat{=}$ (3)
(C)	$\hat{=}$ (4) liegt aber etwas unterhalb (C)

4. Untergrundklassifizierung der vorliegenden Studie

4 Untergrundklassen (vgl. Abb.

Klasse	Kennzeichen	v_p m/s	Anzahl der Registrierungen
A	<u>Alluvium</u> , Lockersedimente und Böden niedriger Impedanz, mindestens $\approx 5m$ mächtig	≤ 1000	24
M	<u>Medium</u> stoff, halbverfestigte Sedimente, weder (A) noch (R)	1000 - 3000	38
R	<u>Rock</u> , gut verfestigtes, wenig poröses Gestein	≥ 3000	19
K	<u>Kristallines</u> Grundgebirge (nur zu Vergleichszwecken)	≥ 4500	5

Die Zuordnung der Beschleunigungszeitverläufe zu den hier definierten Untergrundklassen wurde bereits in dem Kapitel Untergrundklassifizierung ausführlich beschrieben. Diese Klassifizierung lehnt sich an die oben erwähnten Untersuchungen an, unterscheidet sich jedoch in einigen Punkten von diesen, wie dies für die spezifische Fragestellung dieses Forschungsvorhabens angemessen schien (vgl. Abschnitt 2, Haupttext)

In den Darstellungen der untergrundabhängigen mittleren Antwortspektren (Absch. 4.2) kommen diese Klassifizierungskriterien ebenso zum Ausdruck, wie die Regionale Beschränkung auf Standorte der Gegend Friaul in Norditalien. Letzteres und die geringe Zahl der Registrierungen, insbesondere der Klassen A u. B, lassen eine Erweiterung der Datenbasis im Anschluß an dieses Vorhaben wünschenswert erscheinen.

Zusätzliche Referenz:

- Ref. 1: Newmark, N. M. and W. J. Hall: Seismic Design
Criteria for Nuclear Facilities. 4th World Conf.
Earthquake Eng., Santiago, Chile, 1969

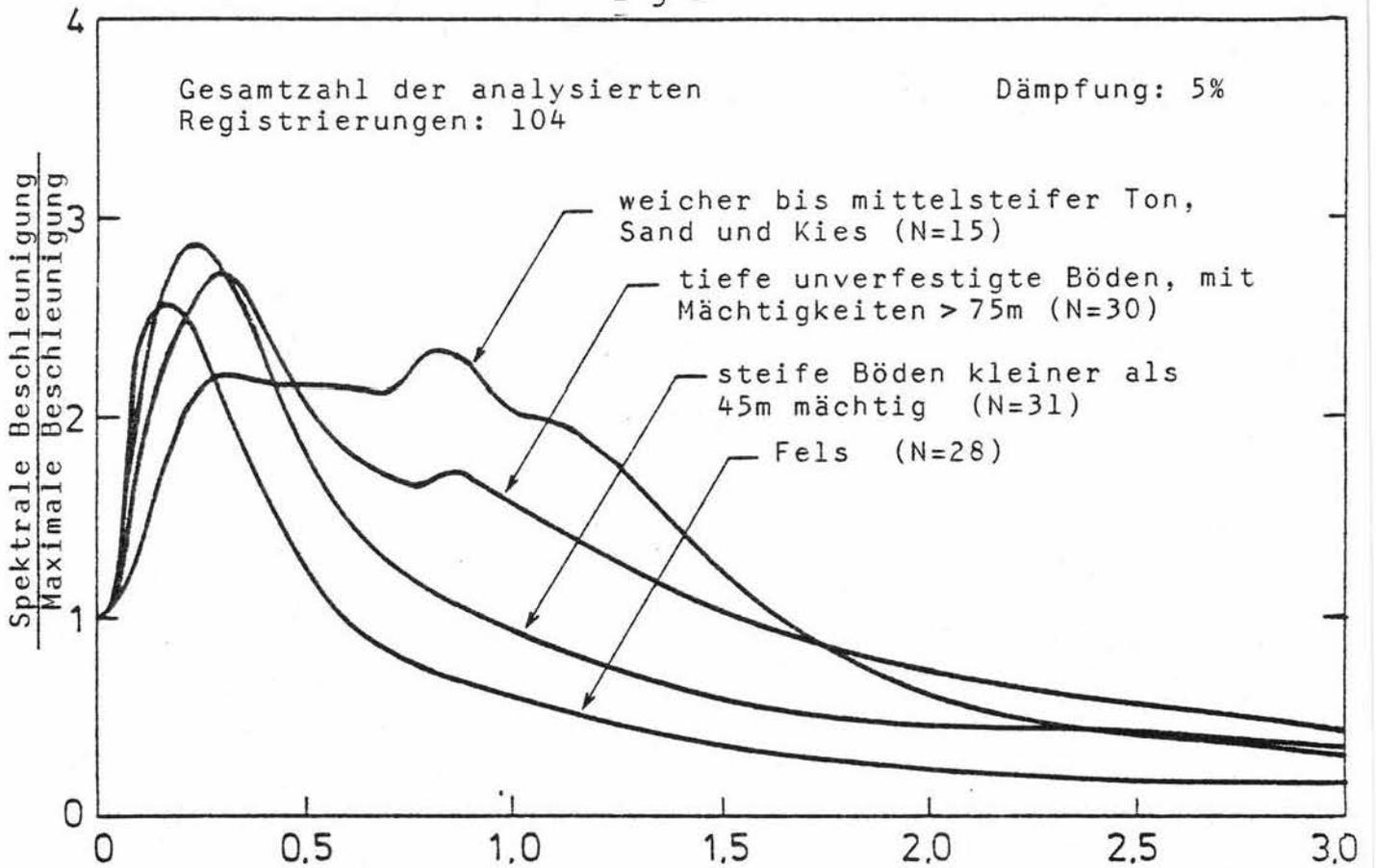


Abb. 1 Mittlere Beschleunigungs-Antwortspektren für verschiedene Untergrundklassen, nach Seed et al., 1974

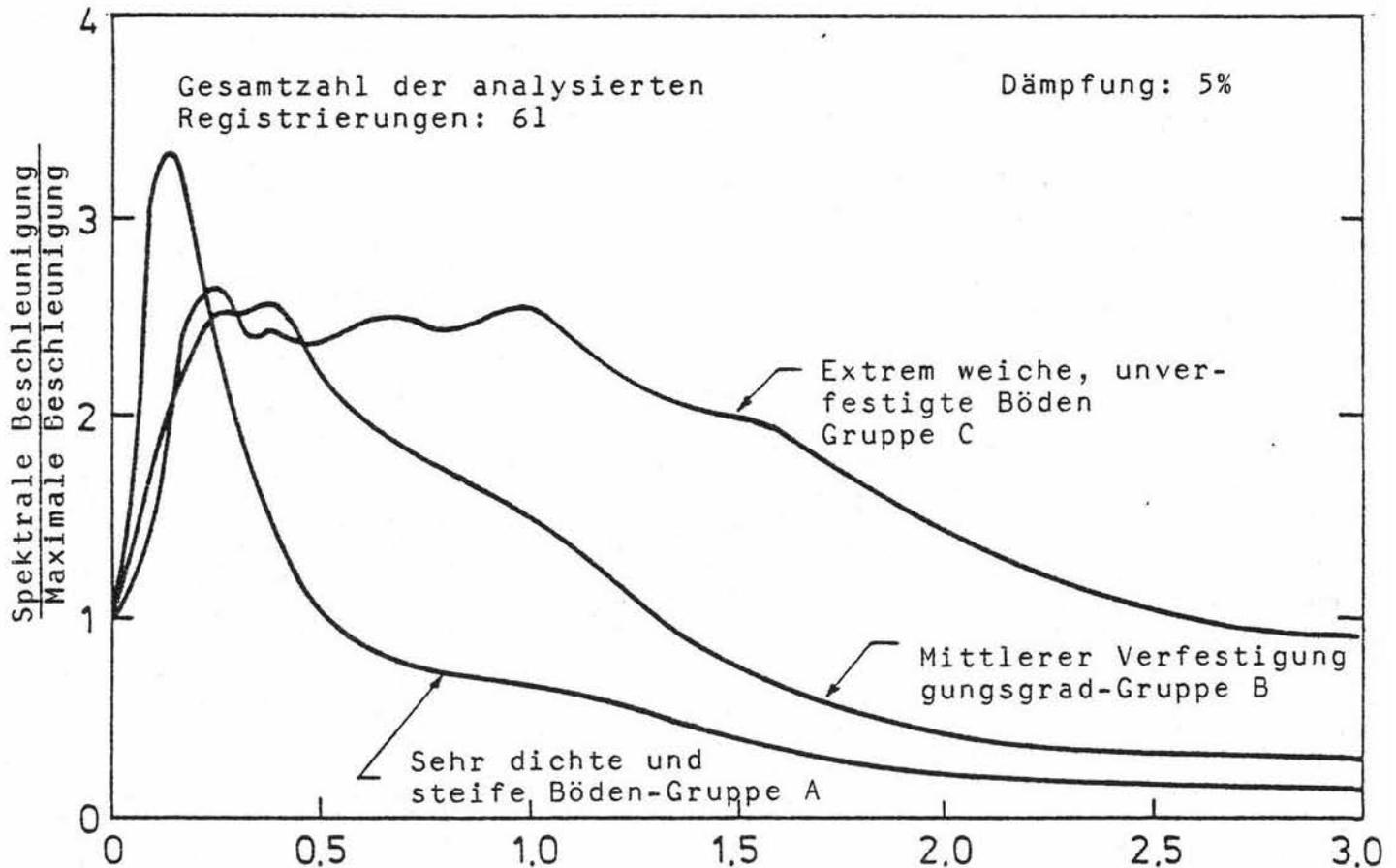


Abb. 2 Mittlere Beschleunigungs-Antwortspektren für Erdbeben-Registrierungen in Japan, nach Hayashi et al., 1971

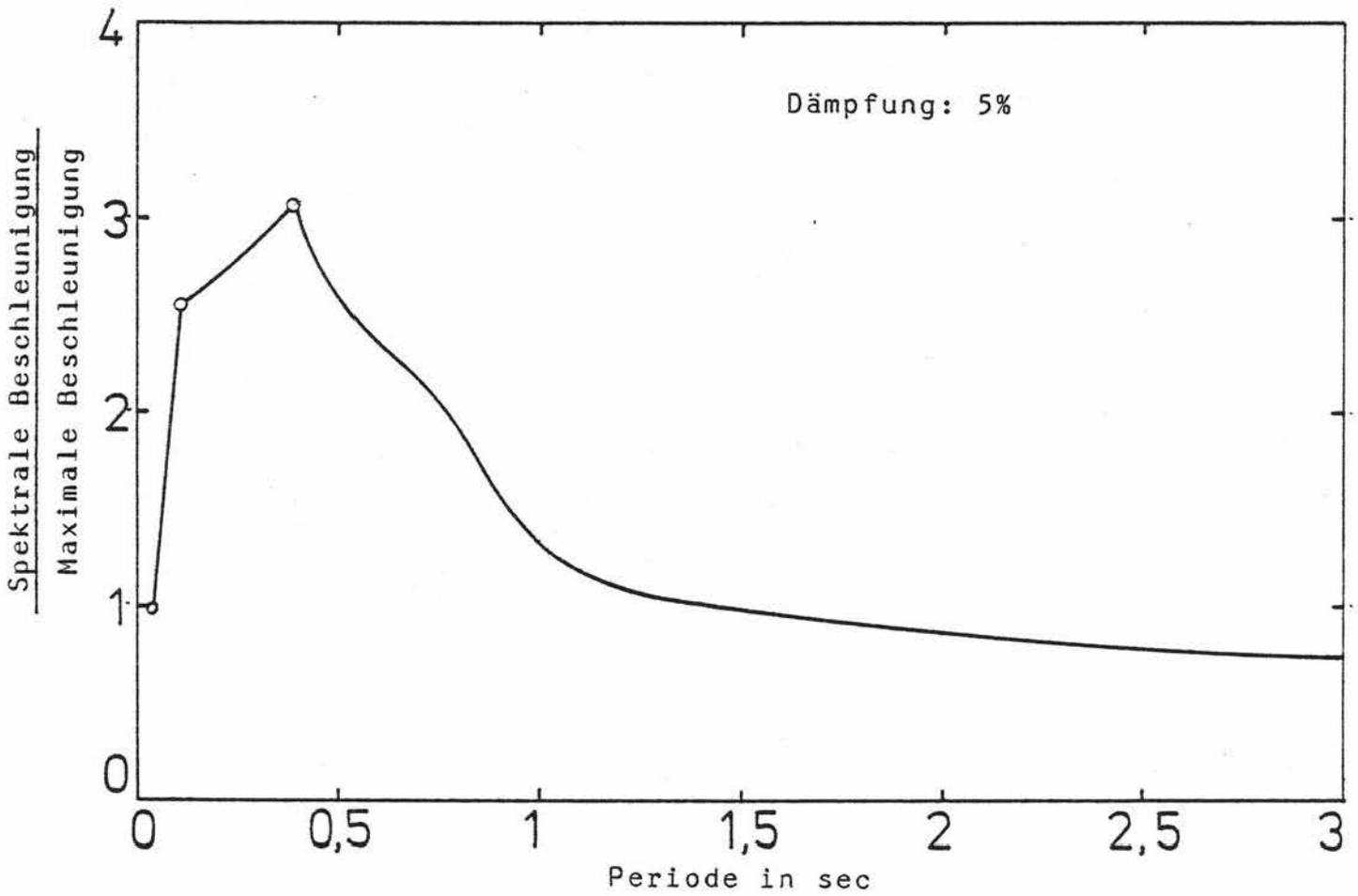


Abb. 3 AEC Regulatory Guide Spectrum (84% Fraktile),
nach Newmark et al., 1973

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 5

zum

ABSCHLUSSBERICHT

ZUSAMMENSTELLUNG VON FREIFELD-ANTWORTSPEKTREN

H. Klein

D. Hosser

ZUSAMMENSTELLUNG VON FREIFELD-ANTWORTSPEKTREN

In diesem Anhang sind analog zu Abschnitt 4.2 Freifeld-Antwortspektren für die drei Untergrundklassen M, R und A mit jeweils drei Intensitätsklassen für $D = 4 \%$ und $D = 7 \%$ Dämpfung zusammengestellt. Die Plotterzeichnungen enthalten in der Kopfzeile die Dämpfung D und in der zweiten Textzeile links die Bezeichnung der Untergrund- und Intensitätsklasse, z. B.:

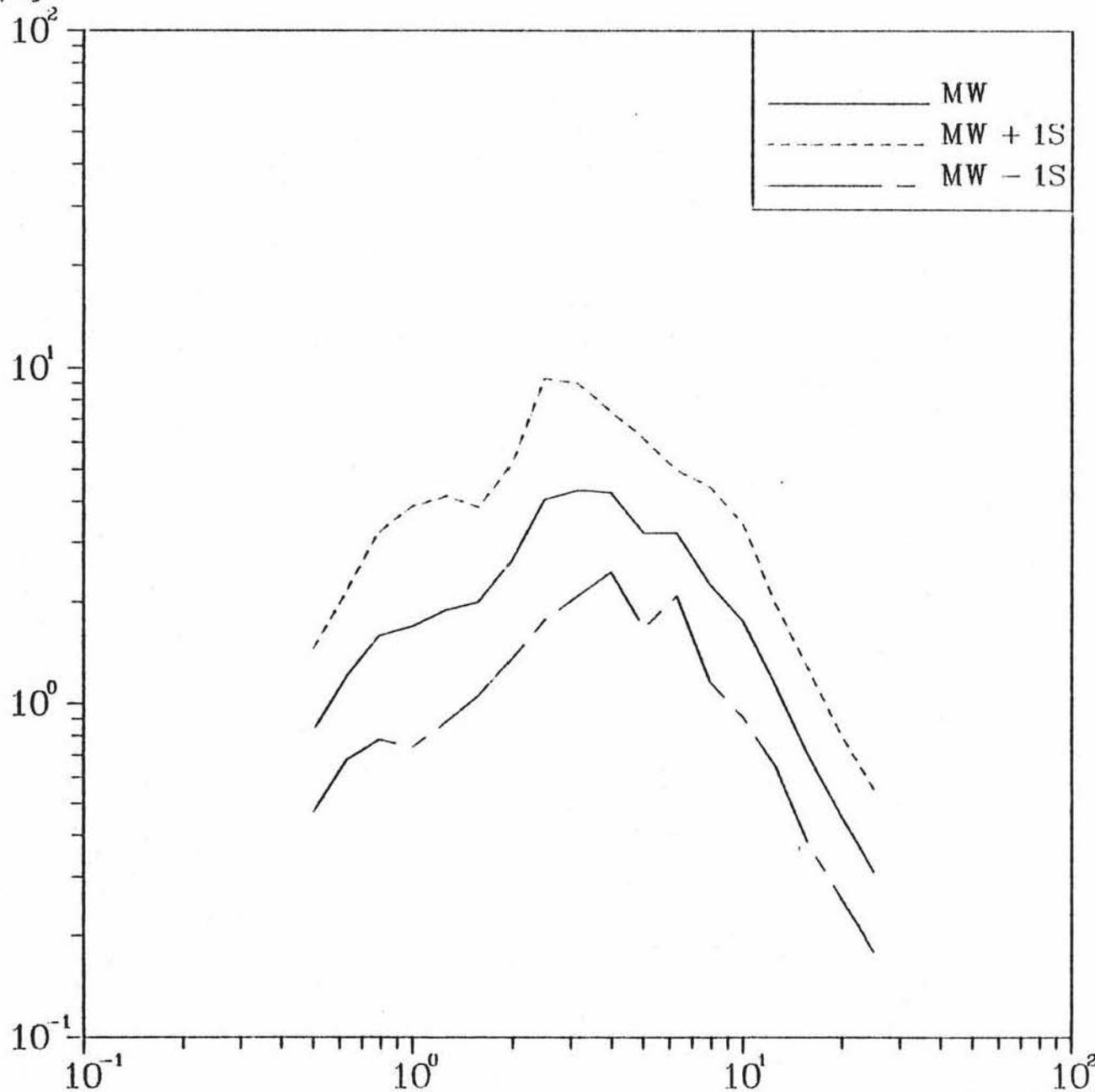
M 67: Untergrundklasse M
Intensitätsklasse 1, $6 \leq I < 7$

Anschließend an die untergrundabhängigen Spektren folgen untergrundunabhängige Freifeld-Antwortspektren für die drei Intensitätsklassen und die beiden genannten Dämpfungswerte: hier ist die Untergrundklasse durch T gekennzeichnet.

Die Skalierungsfaktoren F sind den entsprechenden Diagrammen mit $D = 5 \%$ in Abschnitt 4.2 bzw. 4.3 zu entnehmen.

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 4\%$

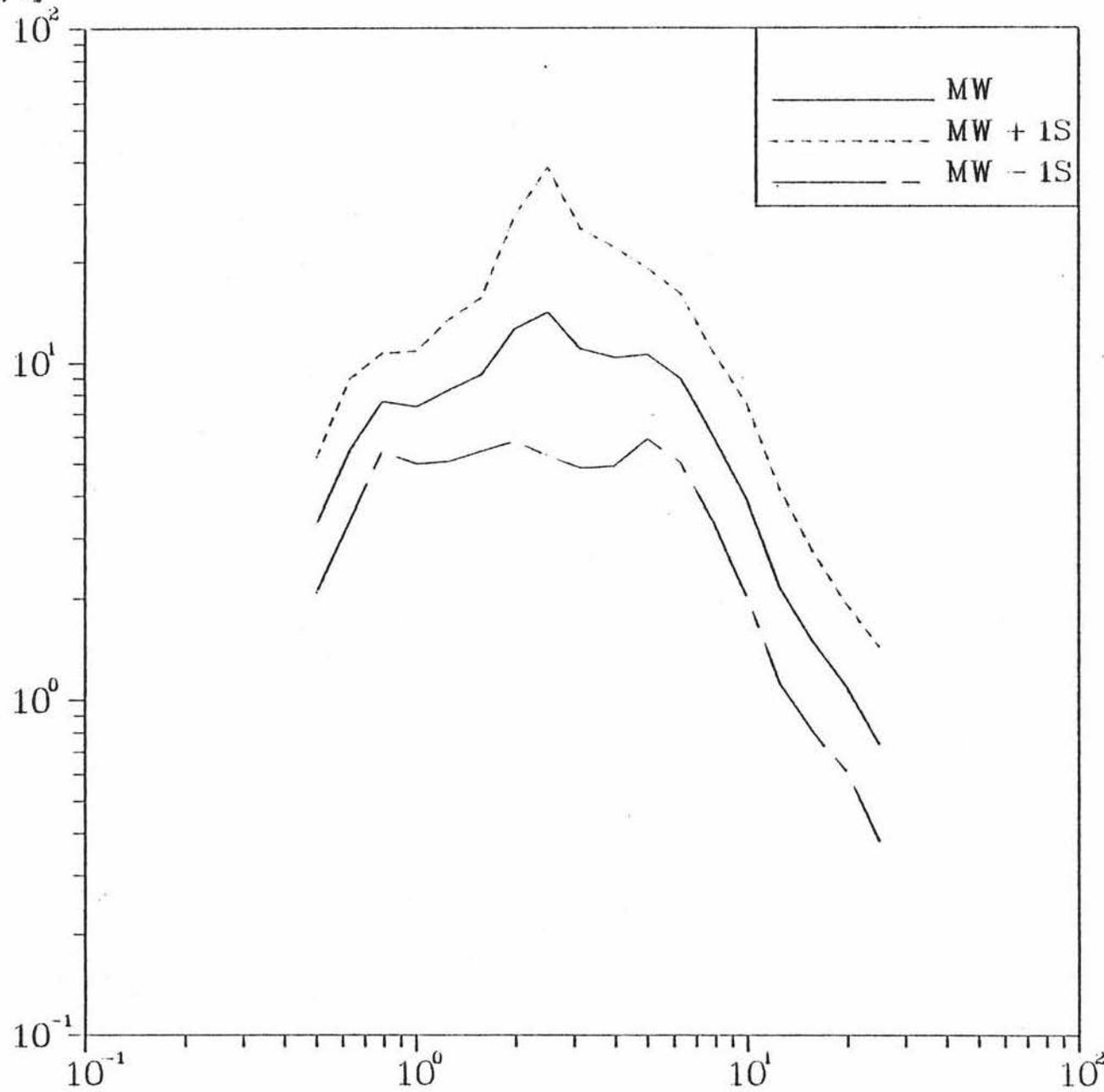
Spv
[cm/s] M67



Frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren, $D = 4\%$

Spv M78
[cm/s]

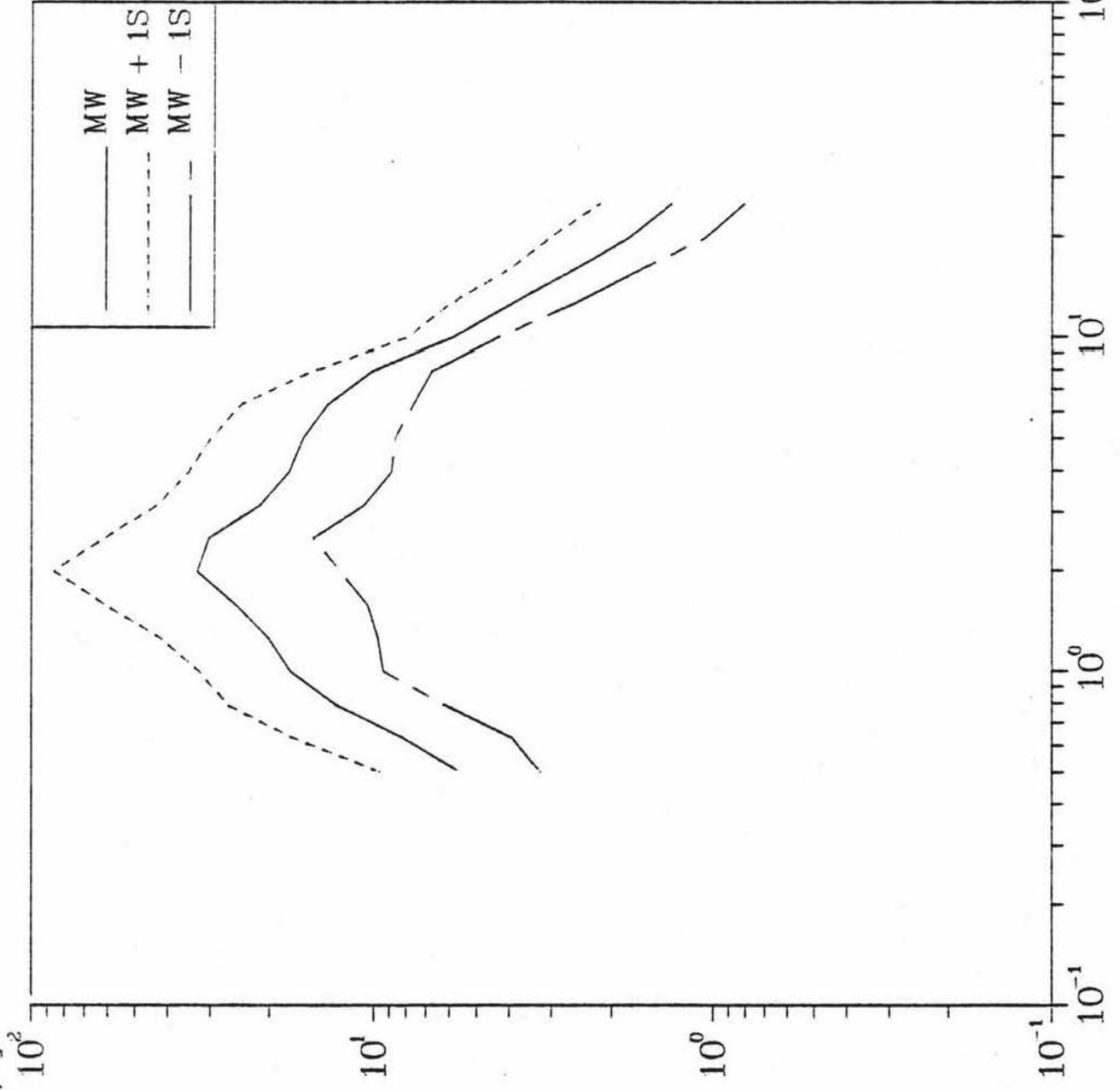


Frequenz [Hz]

Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Spektren $D = 4\%$

M89

Spv
[cm/s]

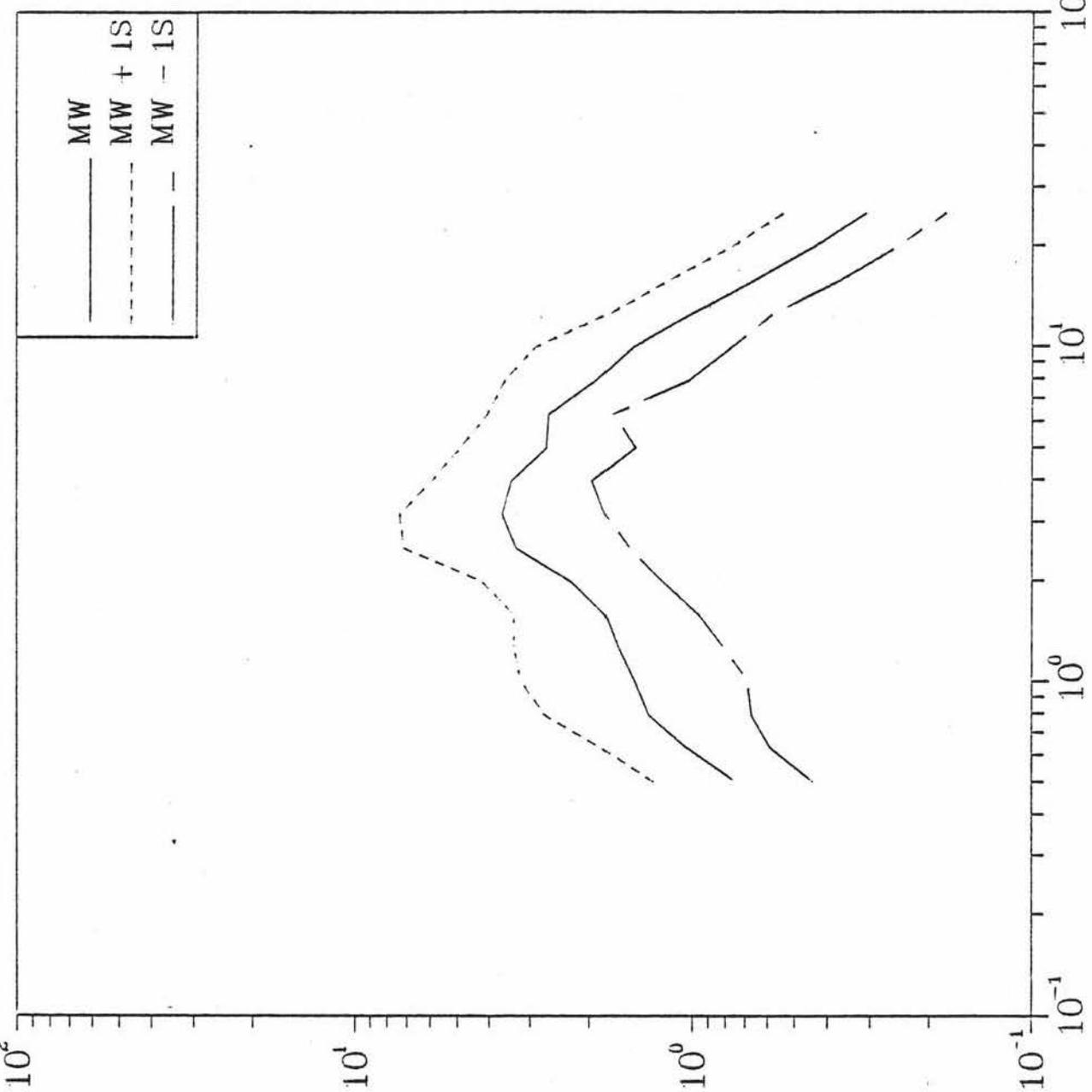


Frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Spektren D = 7%

M67

Spv
[cm/s]

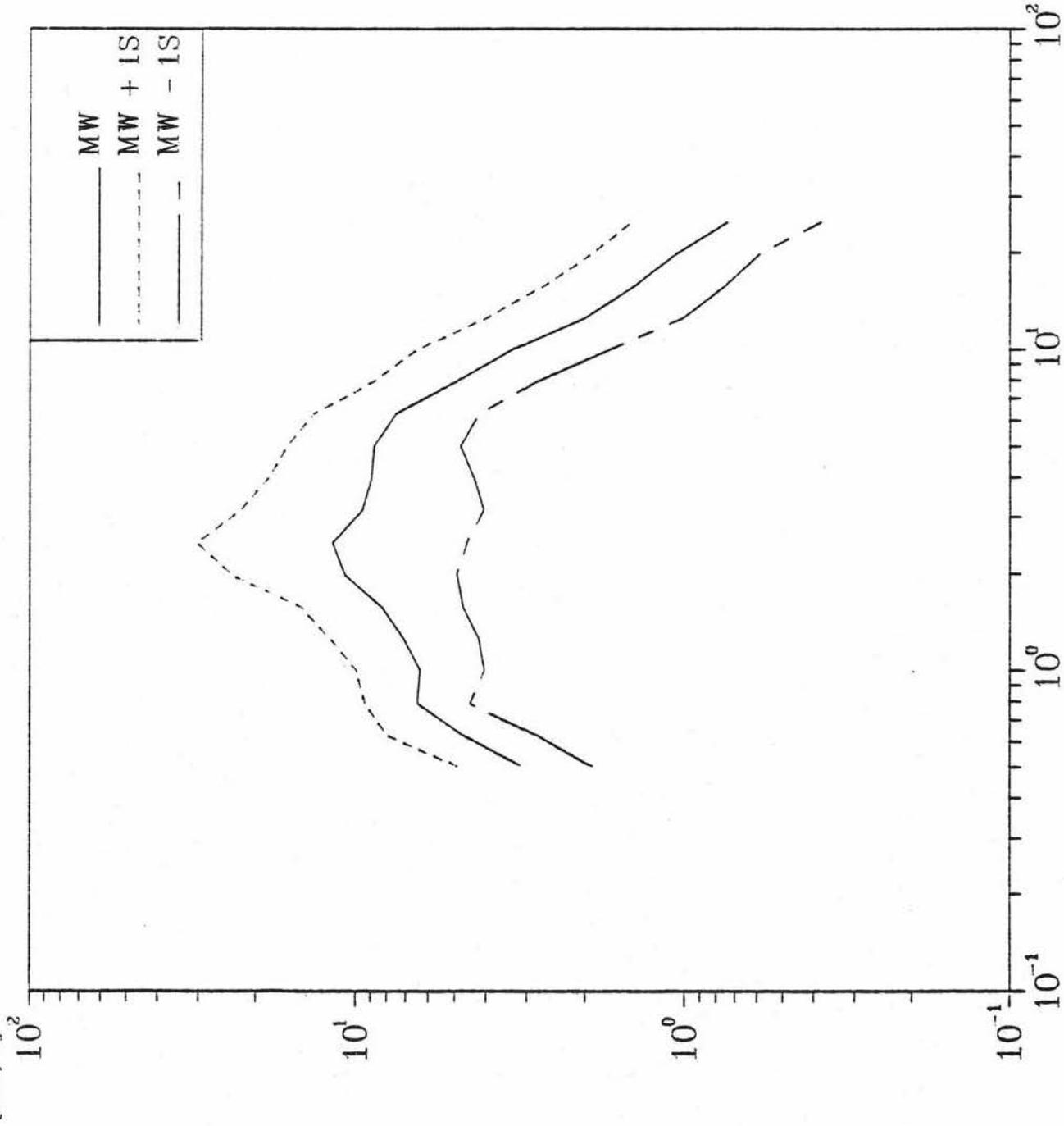


Frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Spektren $D = 7\%$

M78

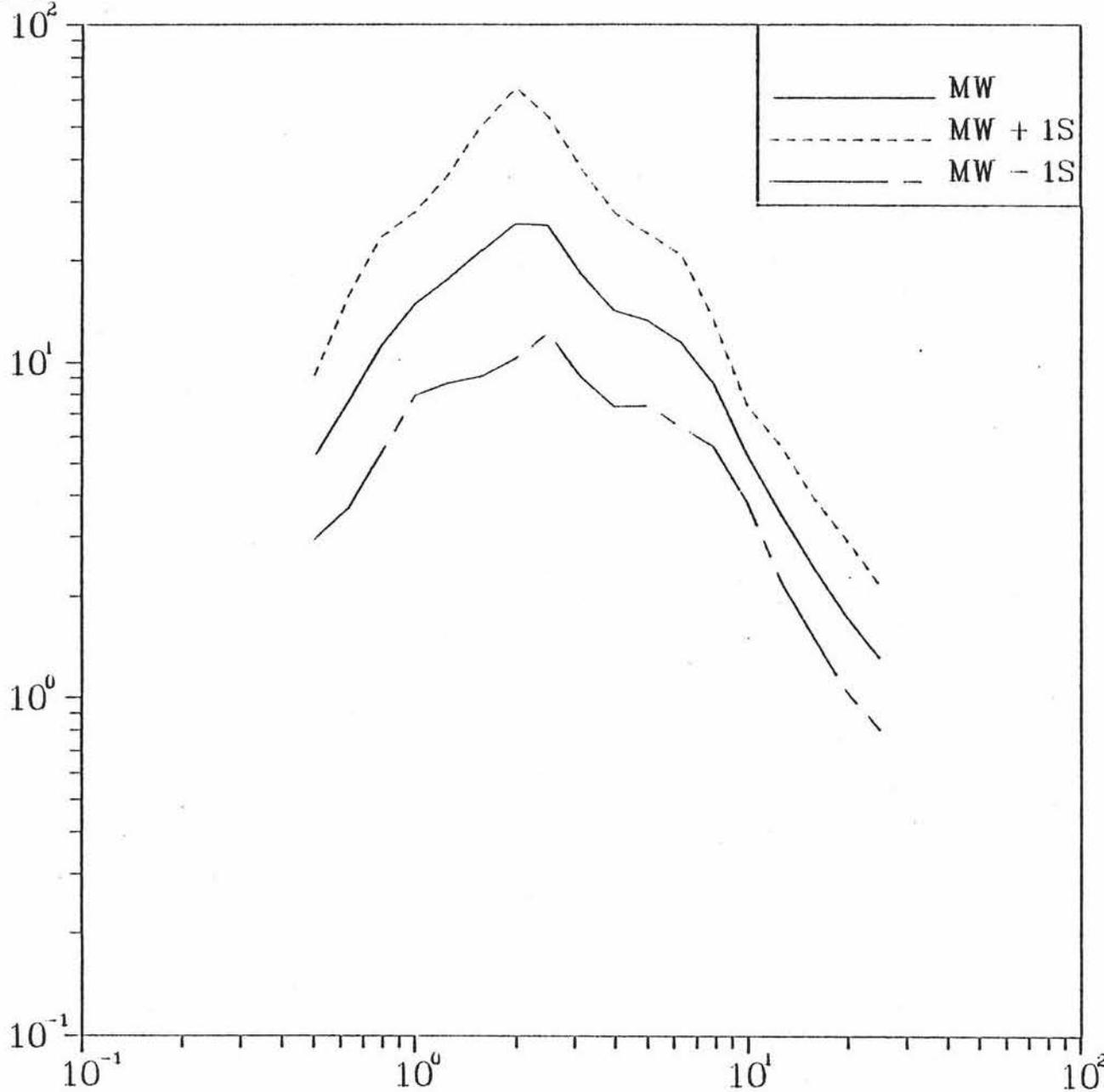
Spv
[cm/s]²



Frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 7\%$

Spv M89
[cm/s]

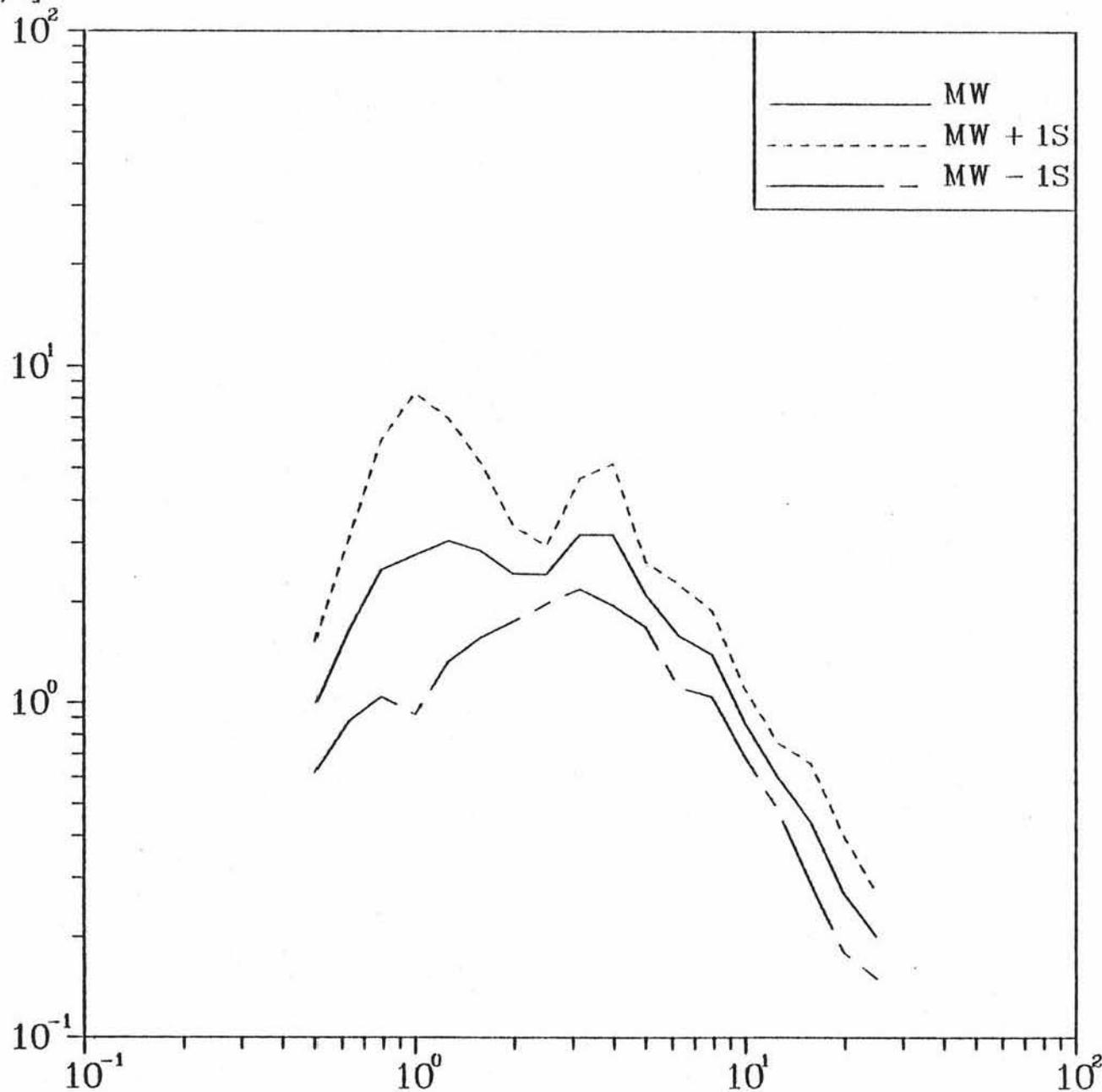


Frequenz [Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 4\%$

Spv
[cm/s]

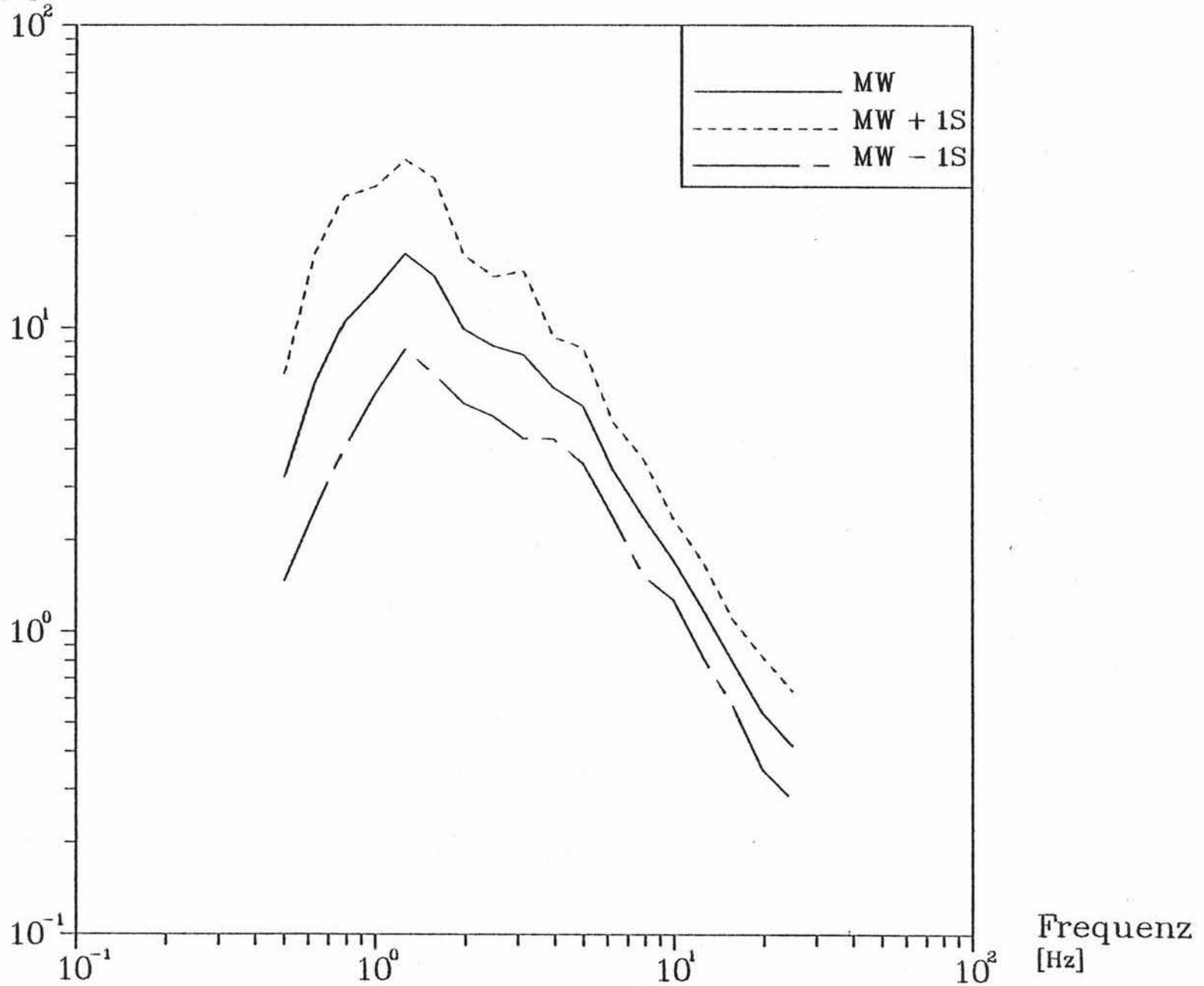
A67



Frequenz
[Hz]

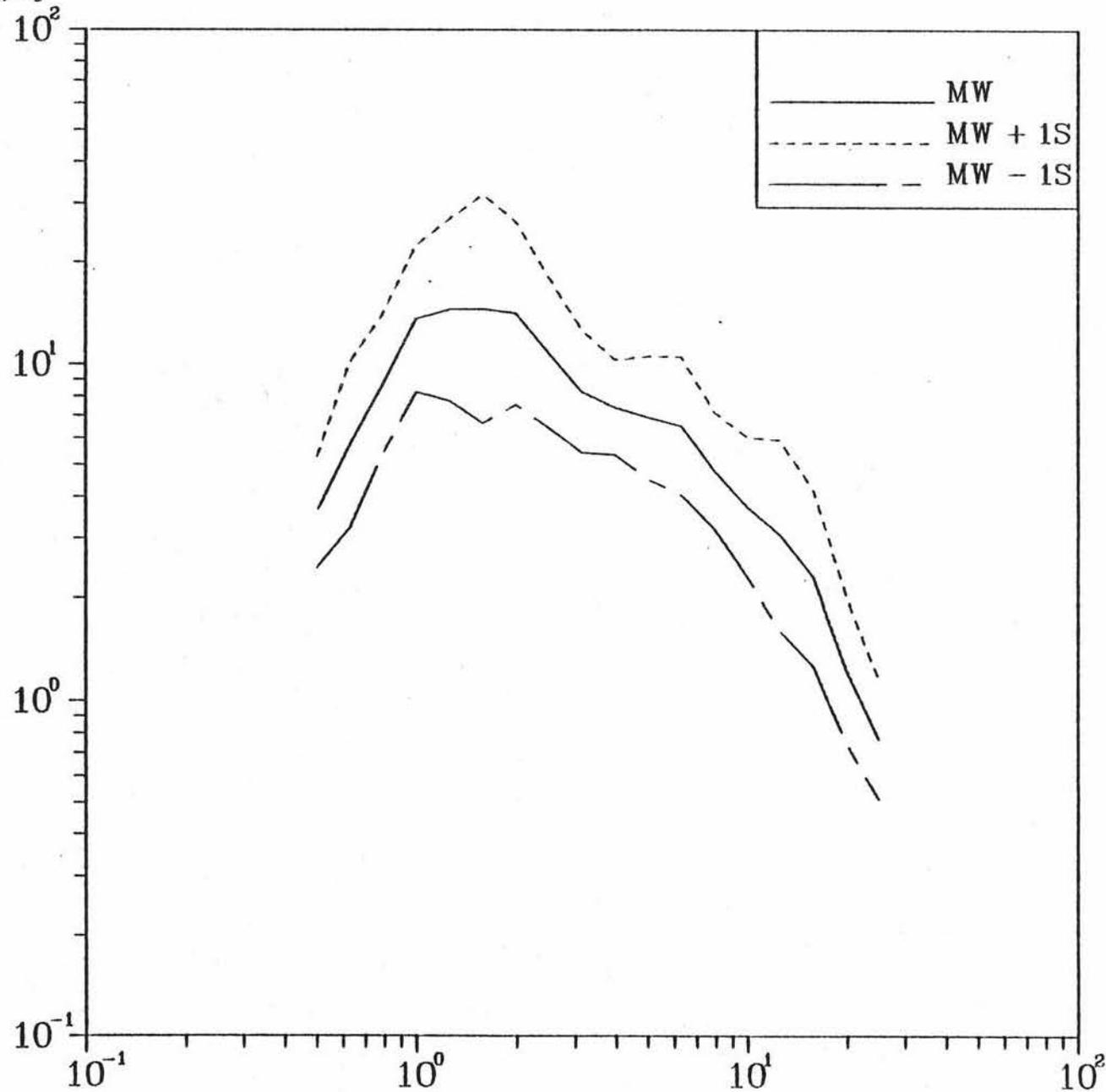
Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 4\%$

Spv A78
[cm/s]



Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 4\%$

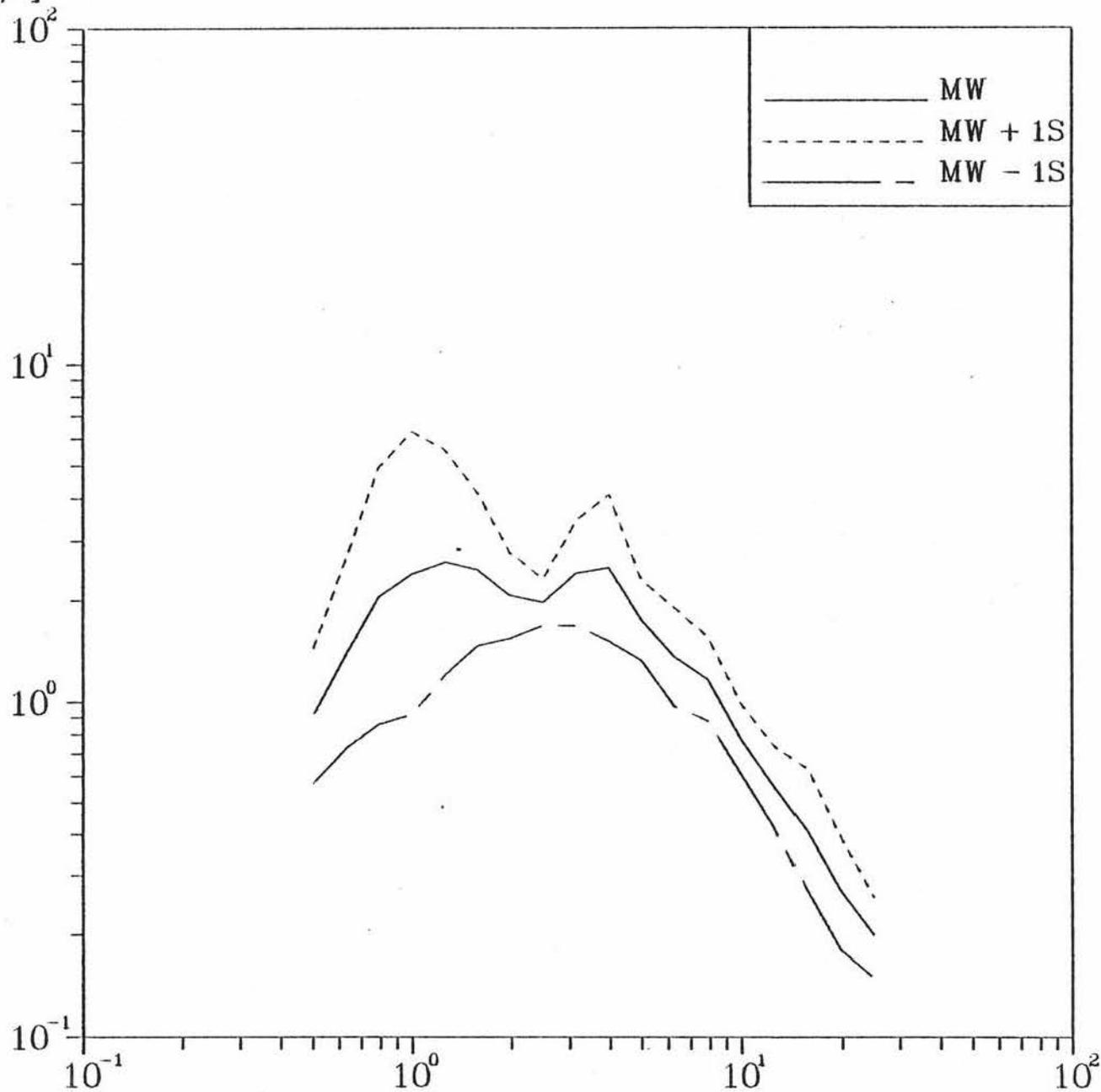
Spv A89
[cm/s]



Frequenz [Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 7\%$

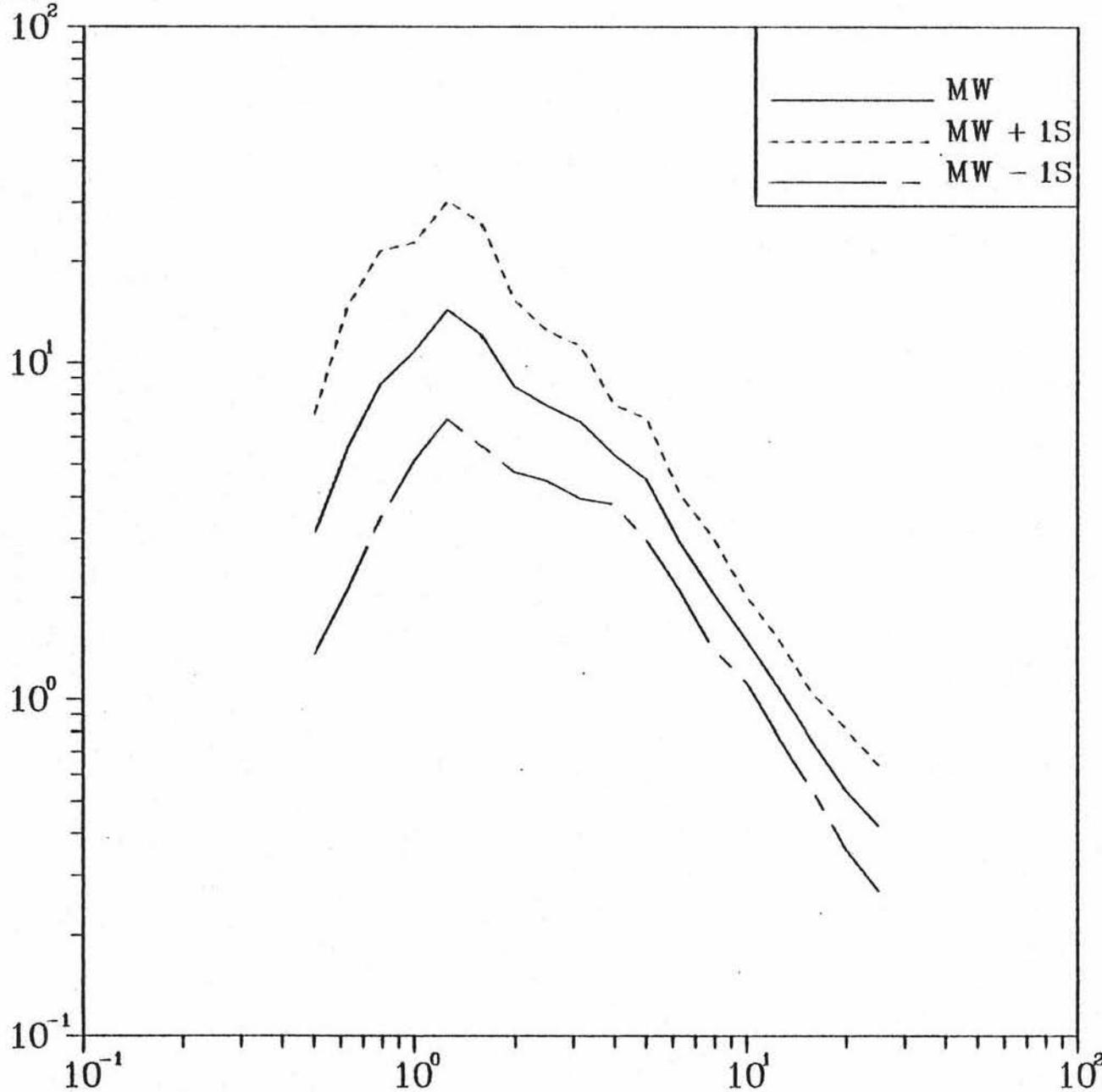
Spv A67
[cm/s]



Frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 7\%$

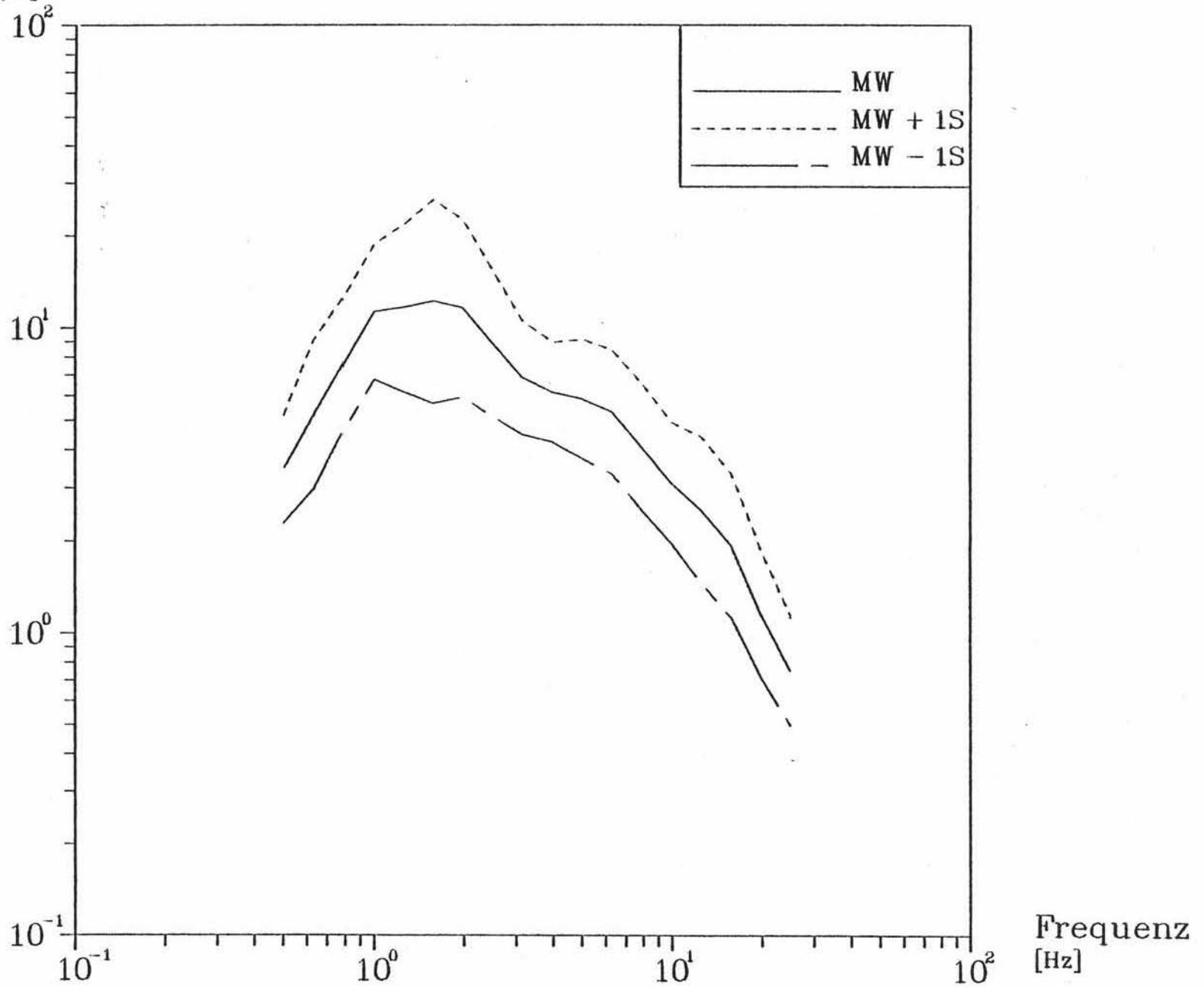
Spv
[cm/s] A78



Frequenz
[Hz]

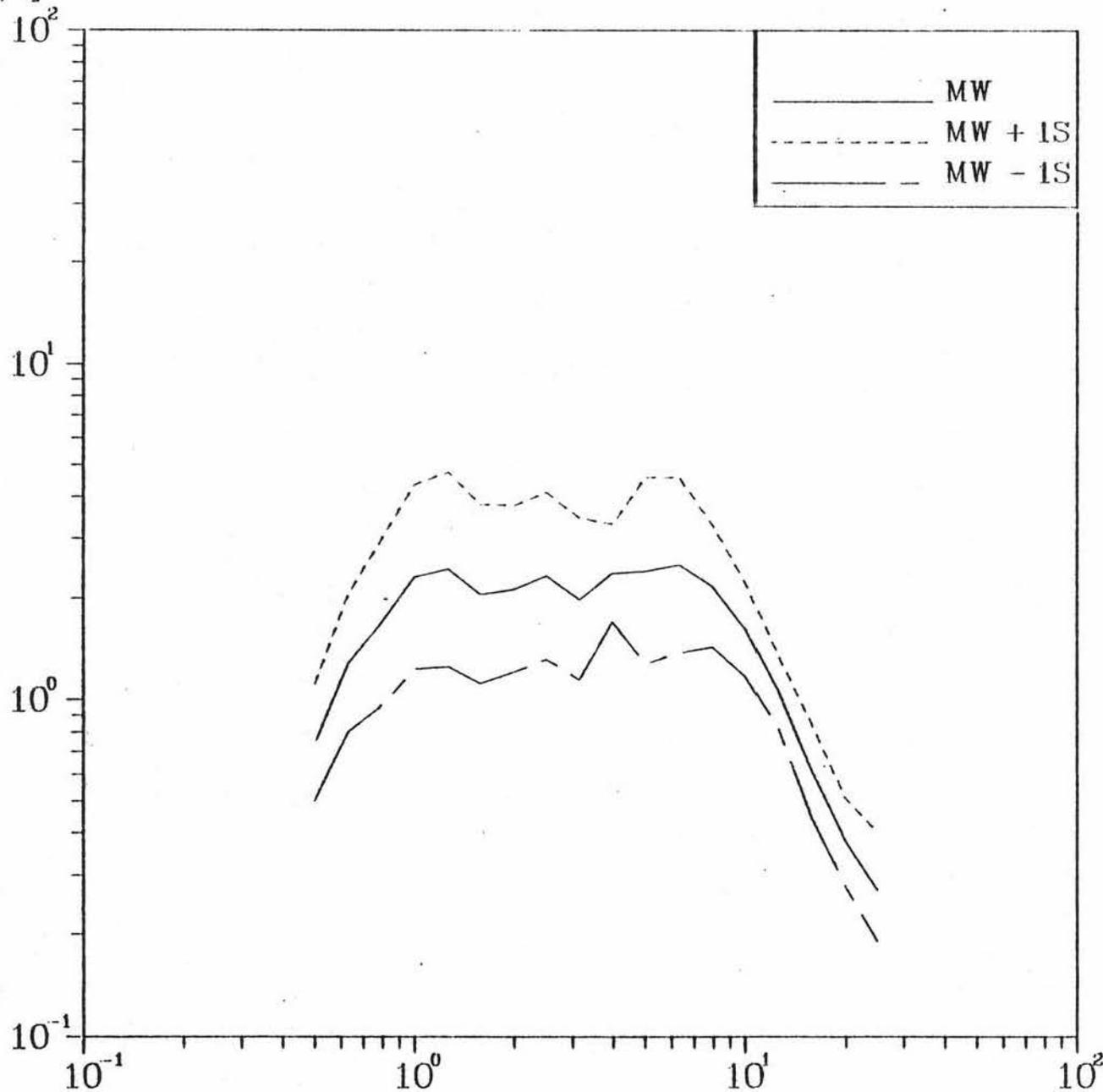
Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Spektren $D = 7\%$

Spv A89
[cm/s]



Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 4\%$

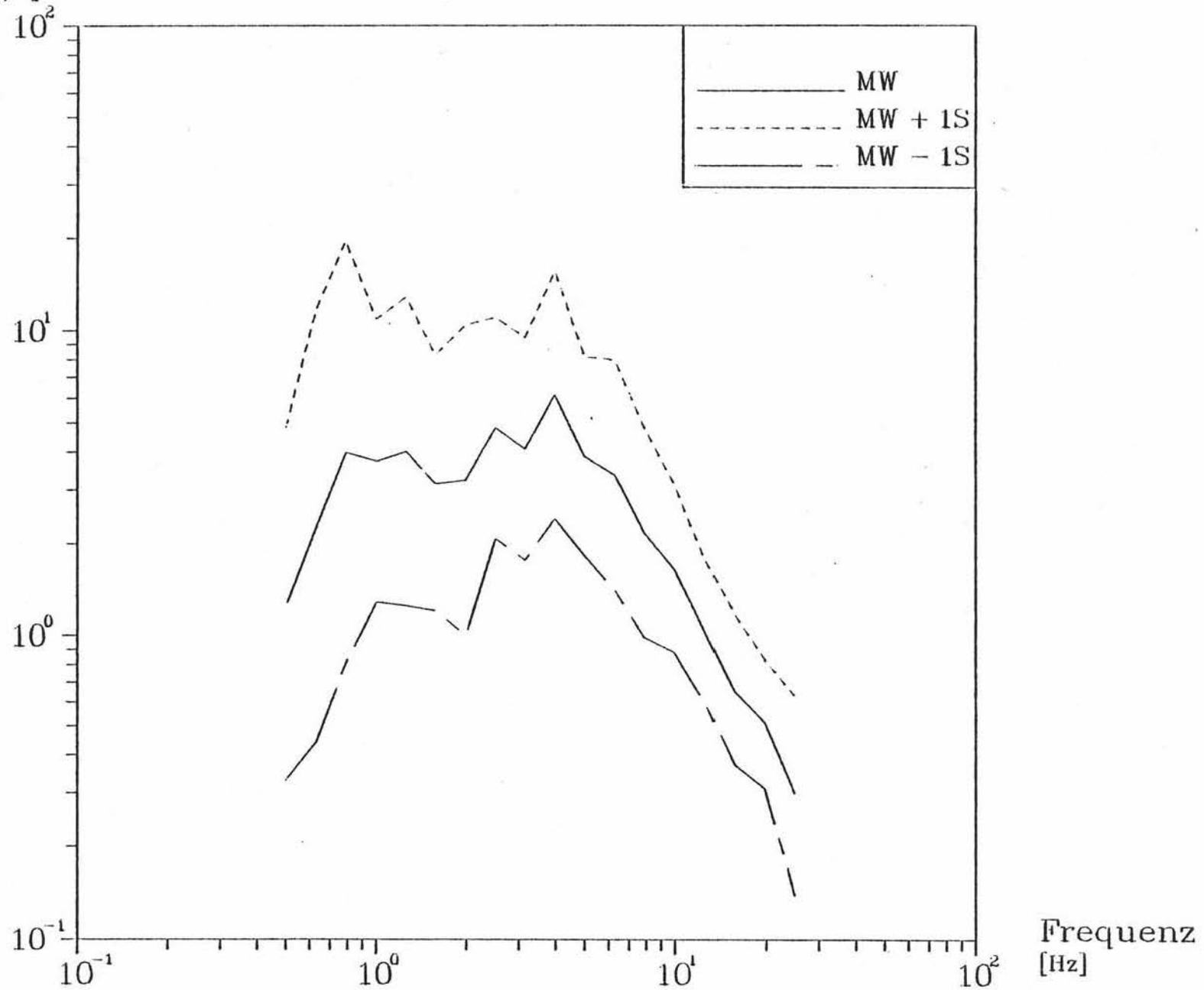
Spv
[cm/s] R67



Frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 4\%$

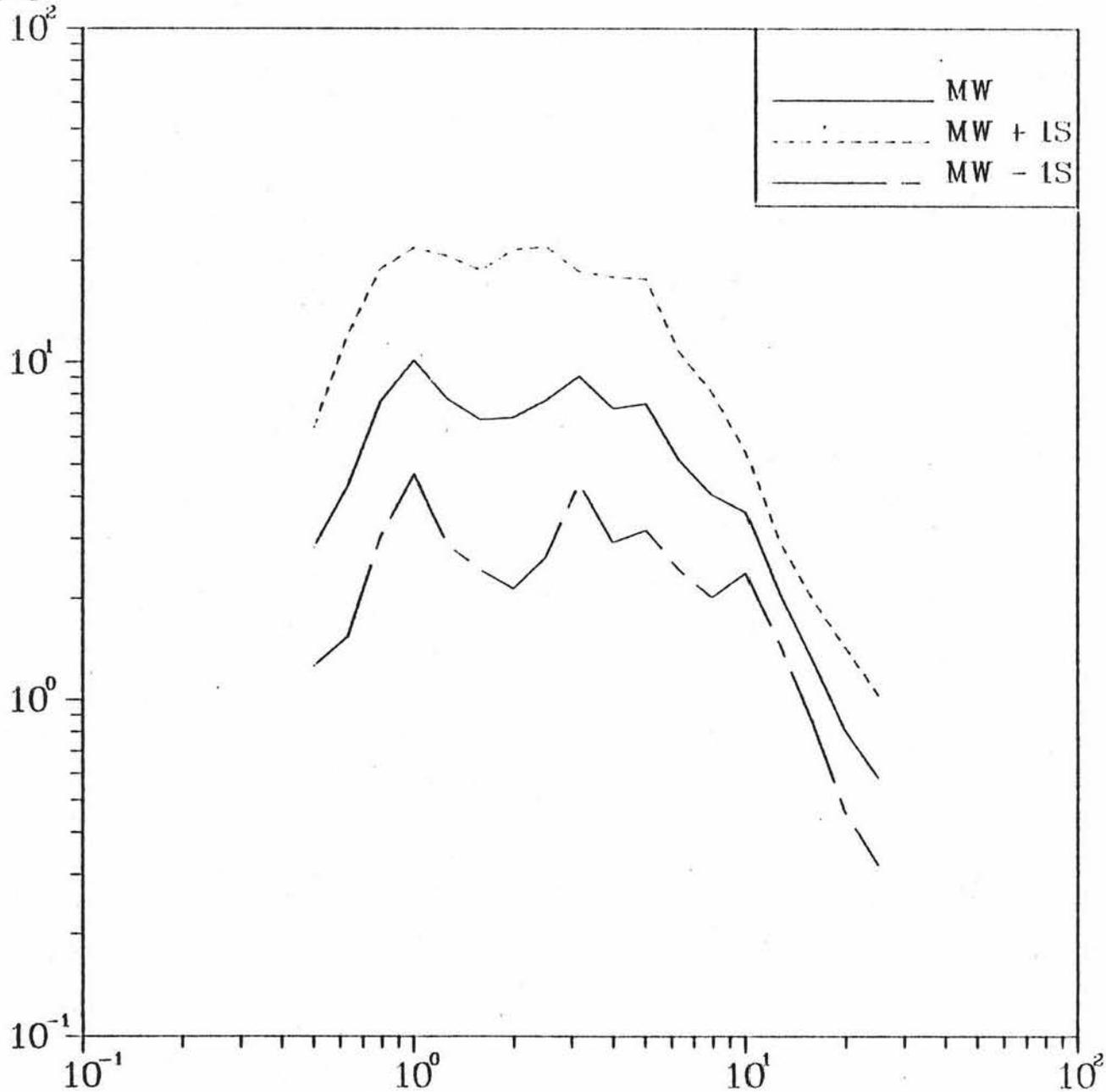
Spv
[cm/s] R78



Gemittelte Pseudogeschwindigkeits-Spektren $D = 4\%$

Spv
[cm/s]

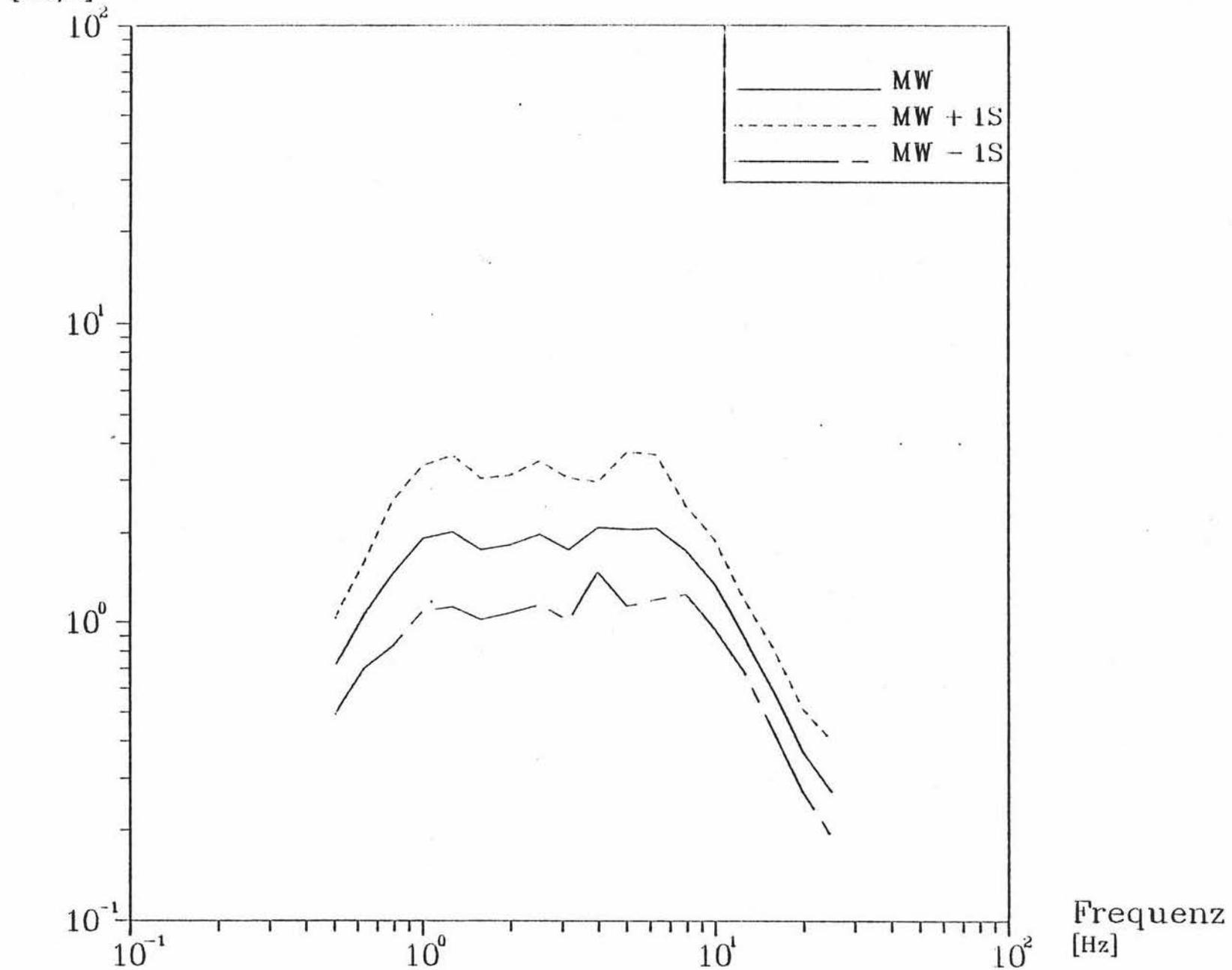
R89



Frequenz
[Hz]

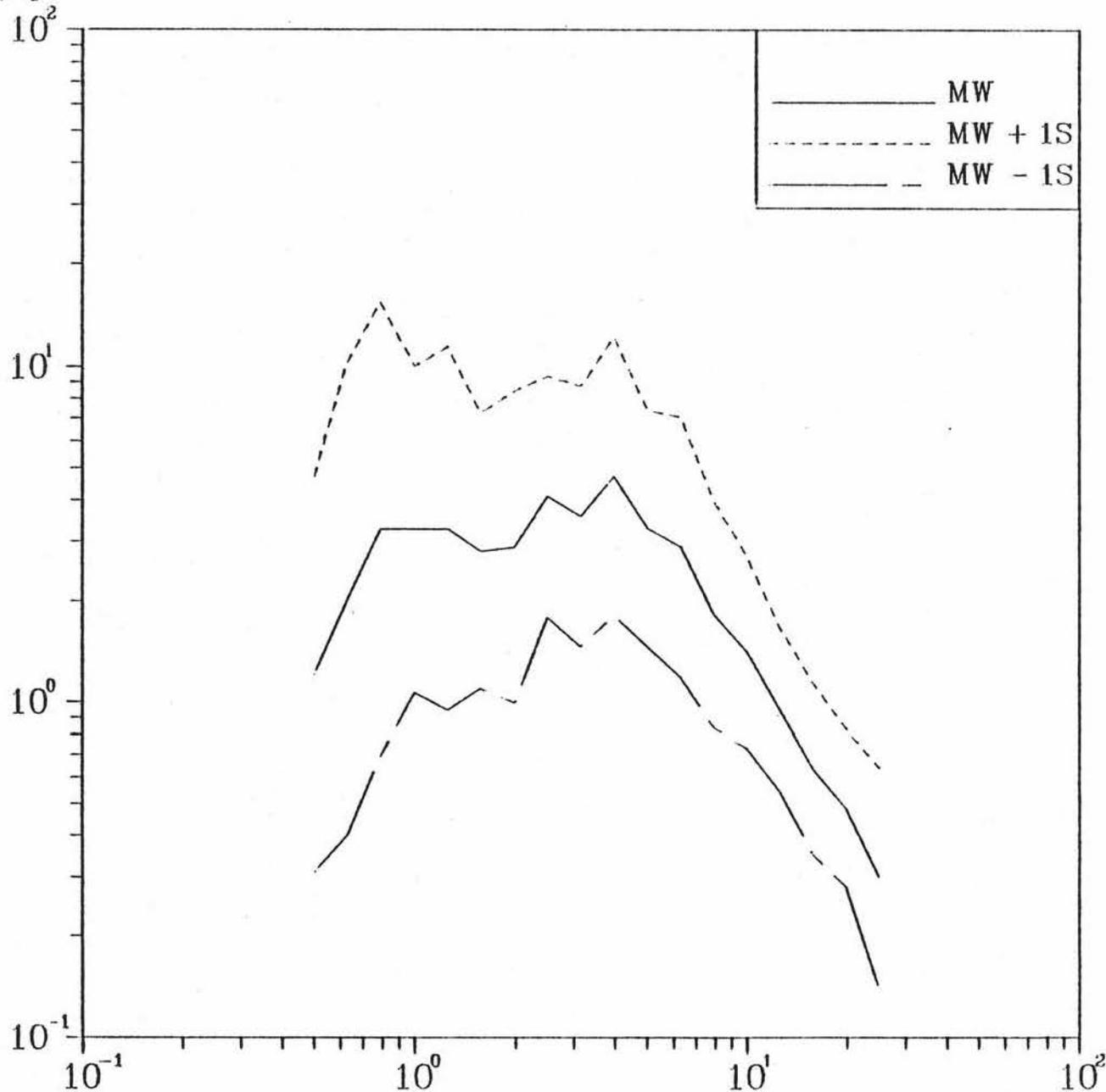
Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 7\%$

Spv R67
[cm/s]



Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 7\%$

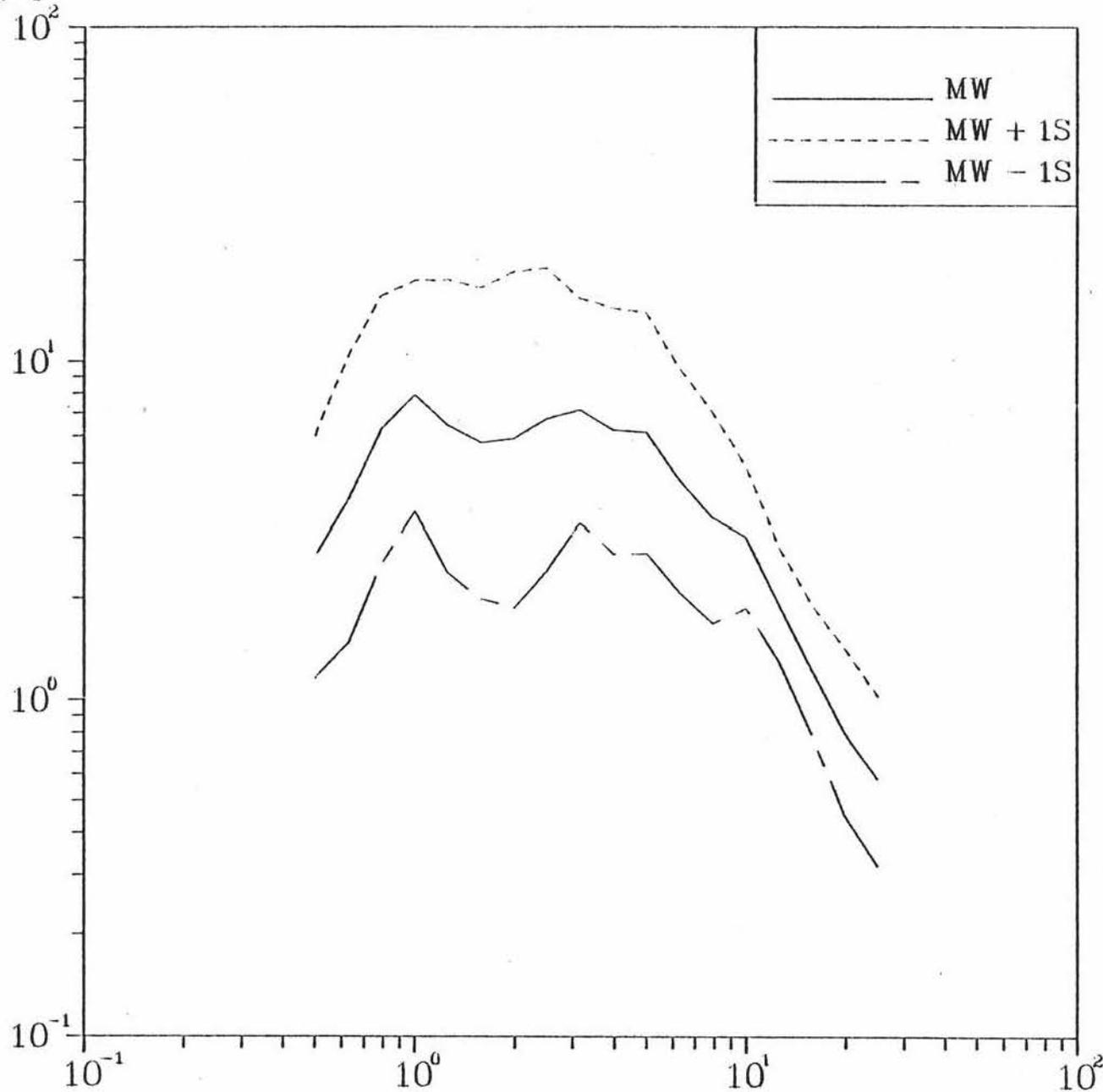
Spv
[cm/s] R78



Frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 7\%$

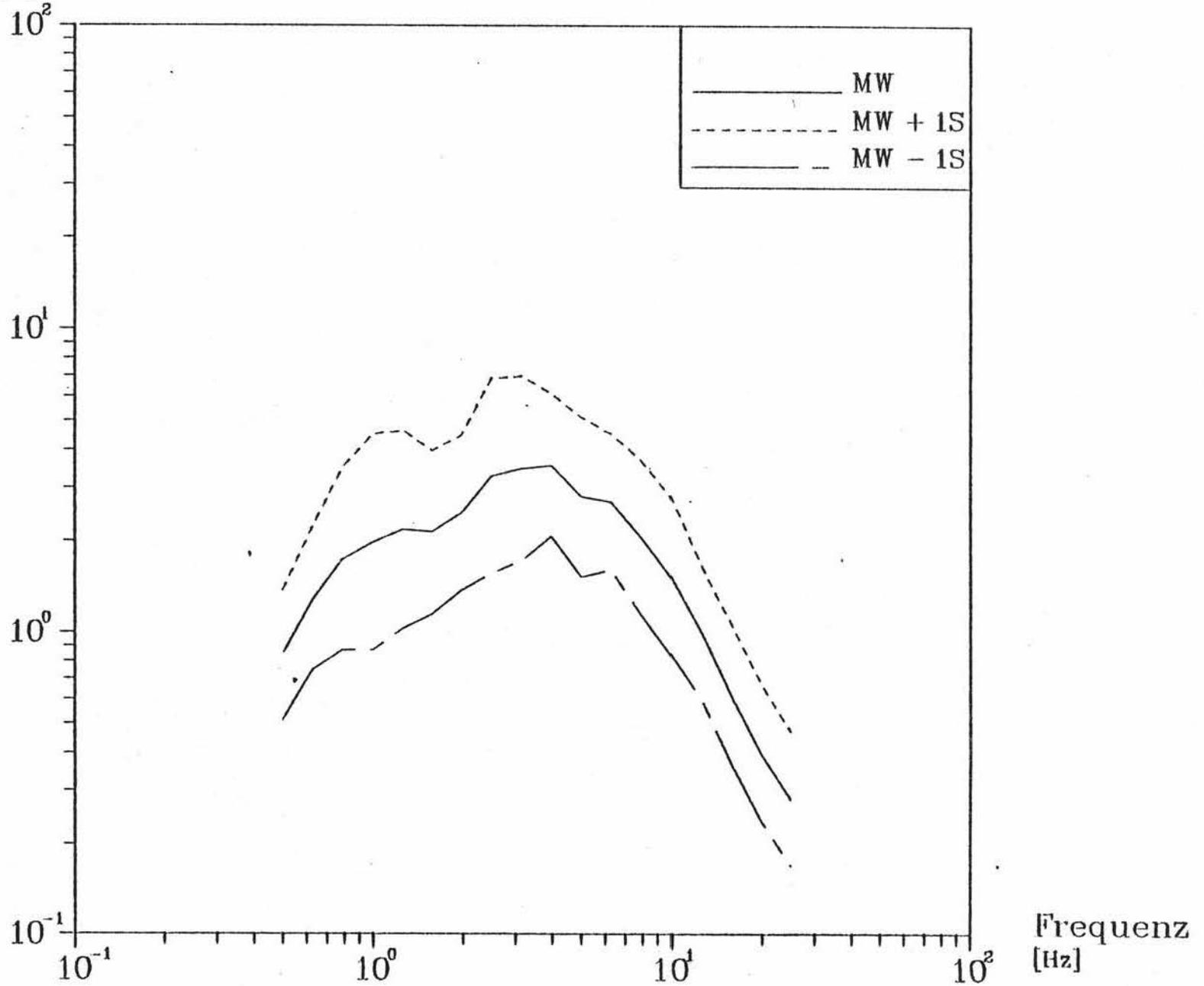
Spv R89
[cm/s]



Frequenz [Hz]

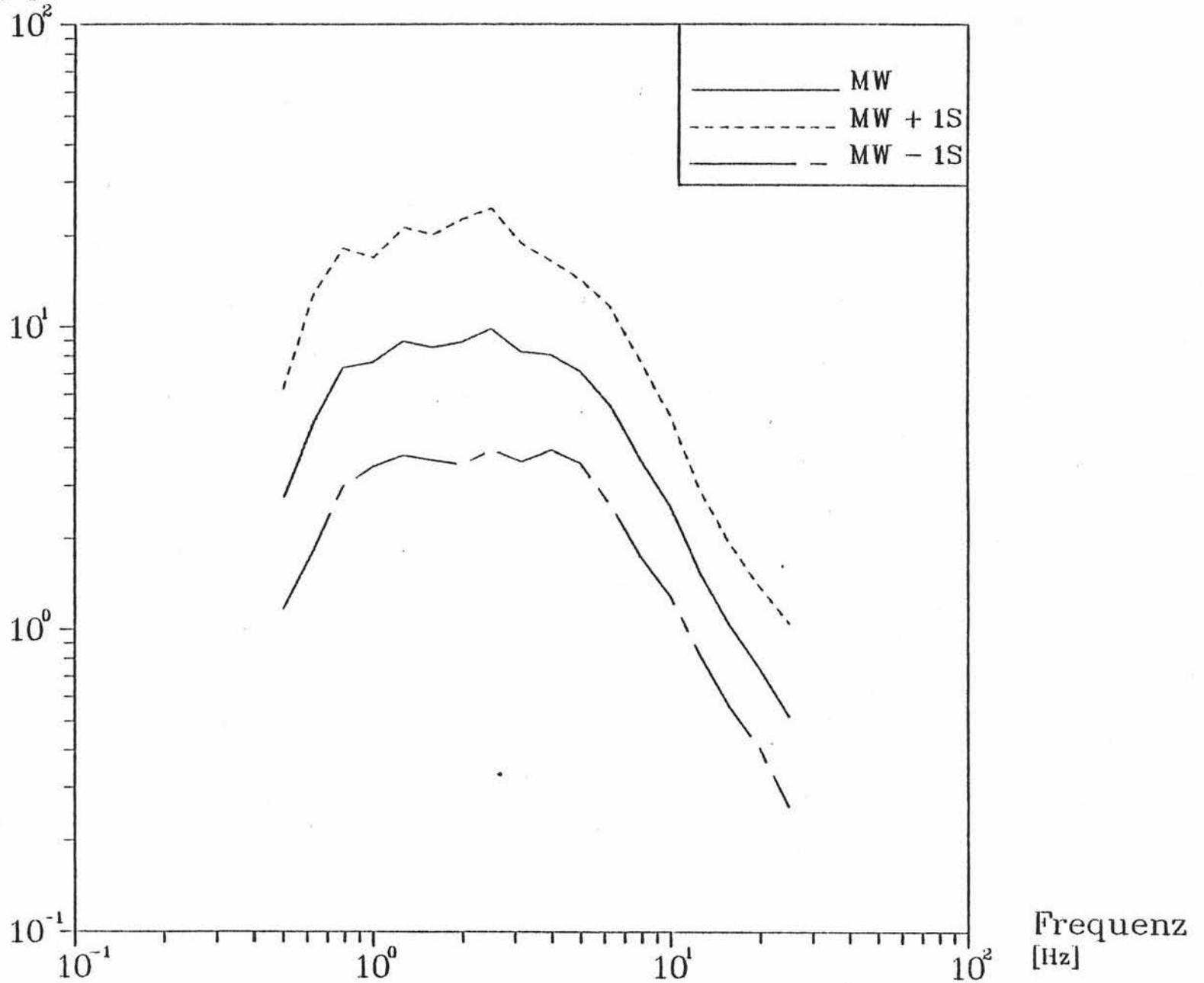
Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 4\%$

Spv T67
[cm/s]



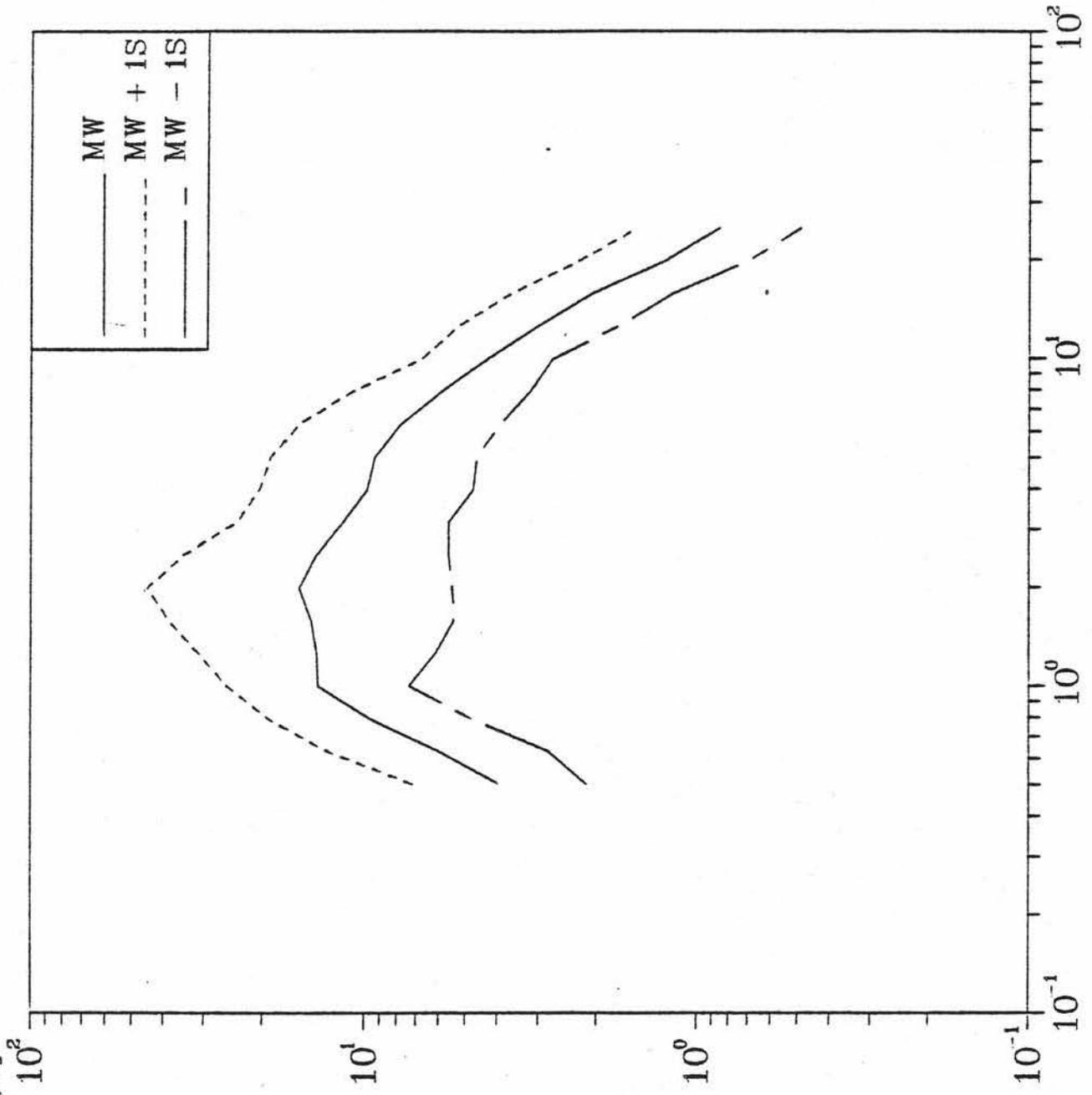
Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 4\%$

Spv T78
[cm/s]



T89

Spv
[cm/s]



Frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 7\%$

Spv T67

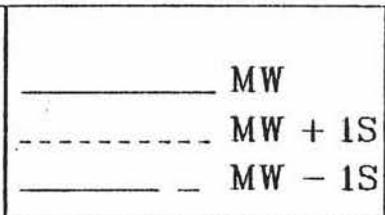
[cm/s]

10^2

10^1

10^0

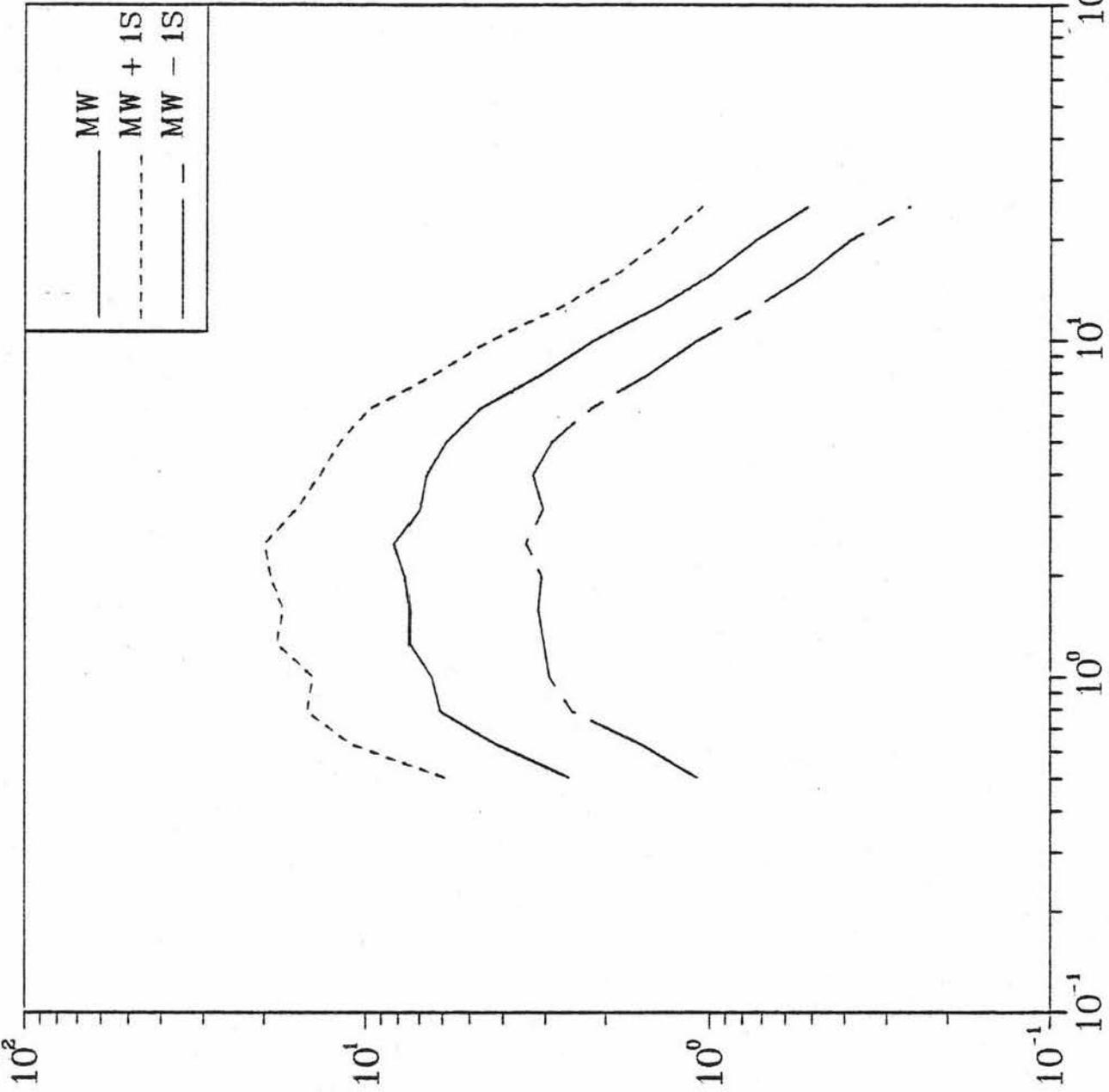
10^{-1}



Frequenz

T78

Spv
[cm/s]



MW

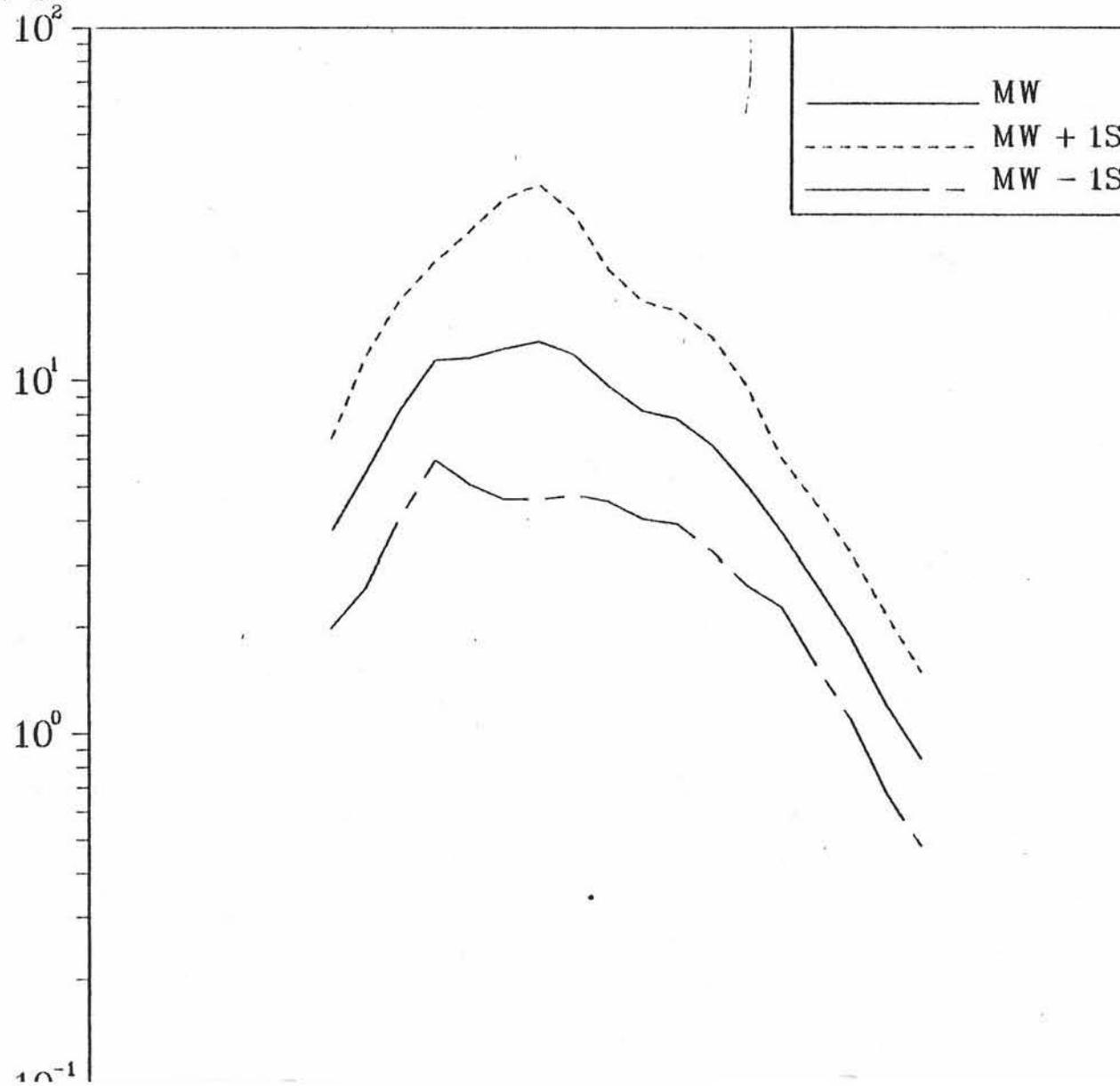
MW + 1S

MW - 1S

F'frequenz
[Hz]

Gemittelte Pseudogeswindigkeits-Spektren $D = 7\%$

Spv T89
[cm/s]



REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 6

zum

ABSCHLUSSBERICHT

BERECHNUNG SYNTHETISCHER BASISSEKTREN

G. Schneider

Th. Kunze

Eingangsgrößen für das Modell Groß-Gerau des Basisspektrum

a)

$$ML = 4.7 \quad \text{Ahorner et al. (1970)}$$

$$M_0 = 1.63 \cdot 10^{16} \text{ Nm} \quad \text{Zwischenbericht}$$

$$G = 3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$\bar{q}_0 = 10^{-1} \text{ m}$$

$$A_0 = 5.43 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

$$l_0 = 3300 \text{ m}$$

$$w_0 = 1650 \text{ m} \quad \text{rechteckiger Herd: } w_0 = 0.5 l_0$$

$$r_0 = 1320 \text{ m}$$

$$b_0 = 2330 \text{ m}$$

$$\bar{v}_{F0} = 0.8 \cdot v_s = 2640 \text{ m/s}$$

$$\delta = 0^\circ$$

$$\varphi = 55^\circ$$

$$R_0 = 0.56$$

b)

$$v_s = 3300 \text{ m/s}$$

$$\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_s = 50 \text{ bzw. } 200$$

$$R_E = 2000 \text{ m}$$

$$z_0 = 3000 \text{ m}$$

$$s = 3600 \text{ m}$$

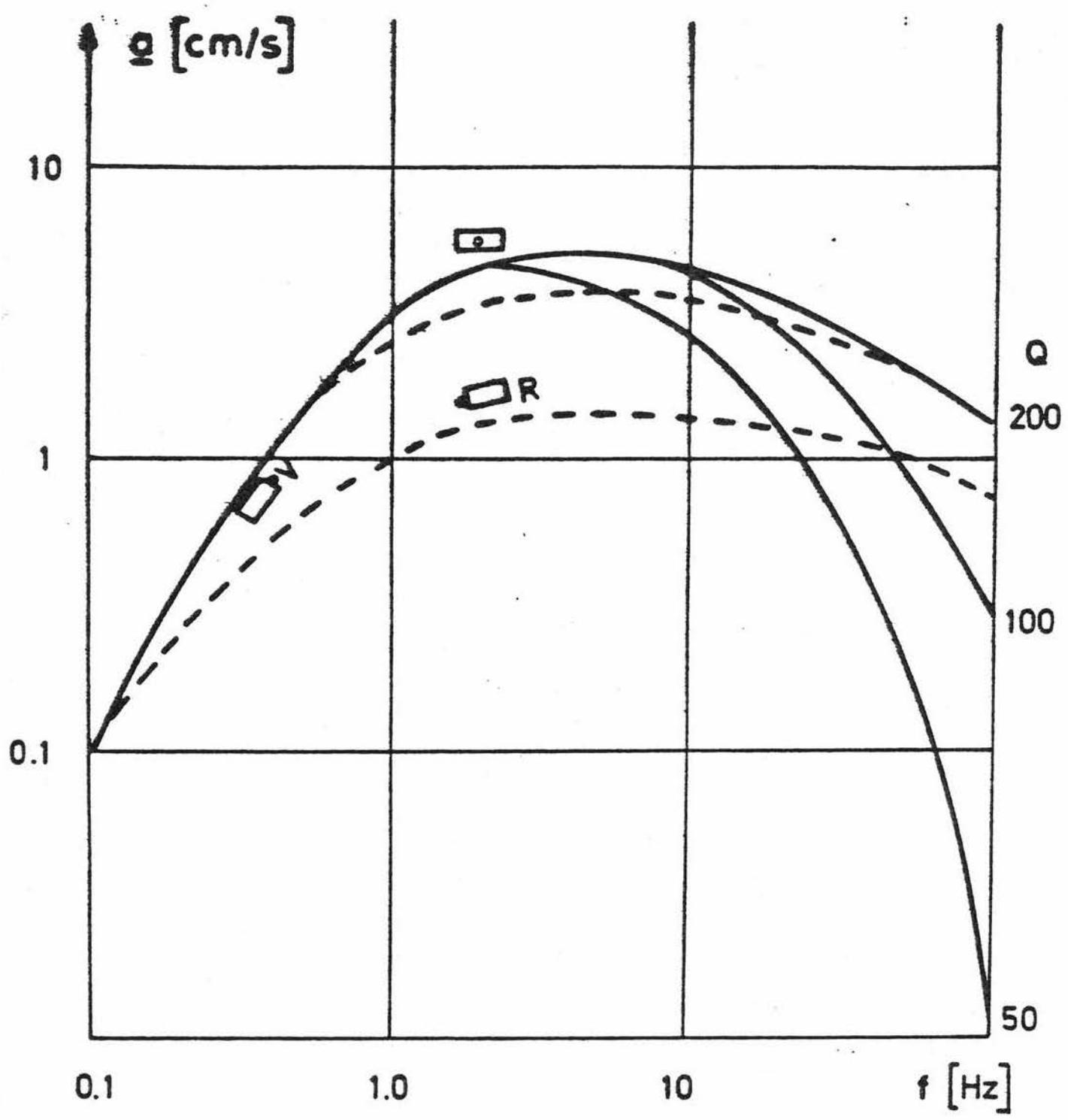


Bild A6.1 GroB-Gerau

Eingangsgrößen für das Modell Albstadt des Basisspektrums

a)

$$ML = 5,0 \quad \text{Turnovsky (1981)}$$

$$E_{SO} = 2,0 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

$$M_O = 4,66 \cdot 10^{16} \text{ Nm} \quad \text{Turnovsky (1981)}$$

$$G = 3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$\bar{q}_O = 10^{-1} \text{ m}$$

$$A_O = 1,73 \cdot 10^7 \text{ m}^2 \quad \text{Turnovsky (1981)}$$

$$l_O = 5880 \text{ m}$$

$$w_O = 2940 \text{ m}$$

$$r_O = 2350 \text{ m}$$

$$b_O = 4160 \text{ m}$$

$$v_{FO} = 0,8 \cdot v_S = 2640 \text{ m/s}$$

$$\delta = 0^\circ$$

$$\varphi = 60^\circ$$

$$R_O = 0,49$$

b)

$$v_S = 3300 \text{ m/s}$$

$$\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_S = 50 \text{ bzw. } 200$$

$$R_E = 3000 \text{ m}$$

$$z_O = 5500 \text{ m}$$

$$s = 6265 \text{ m}$$

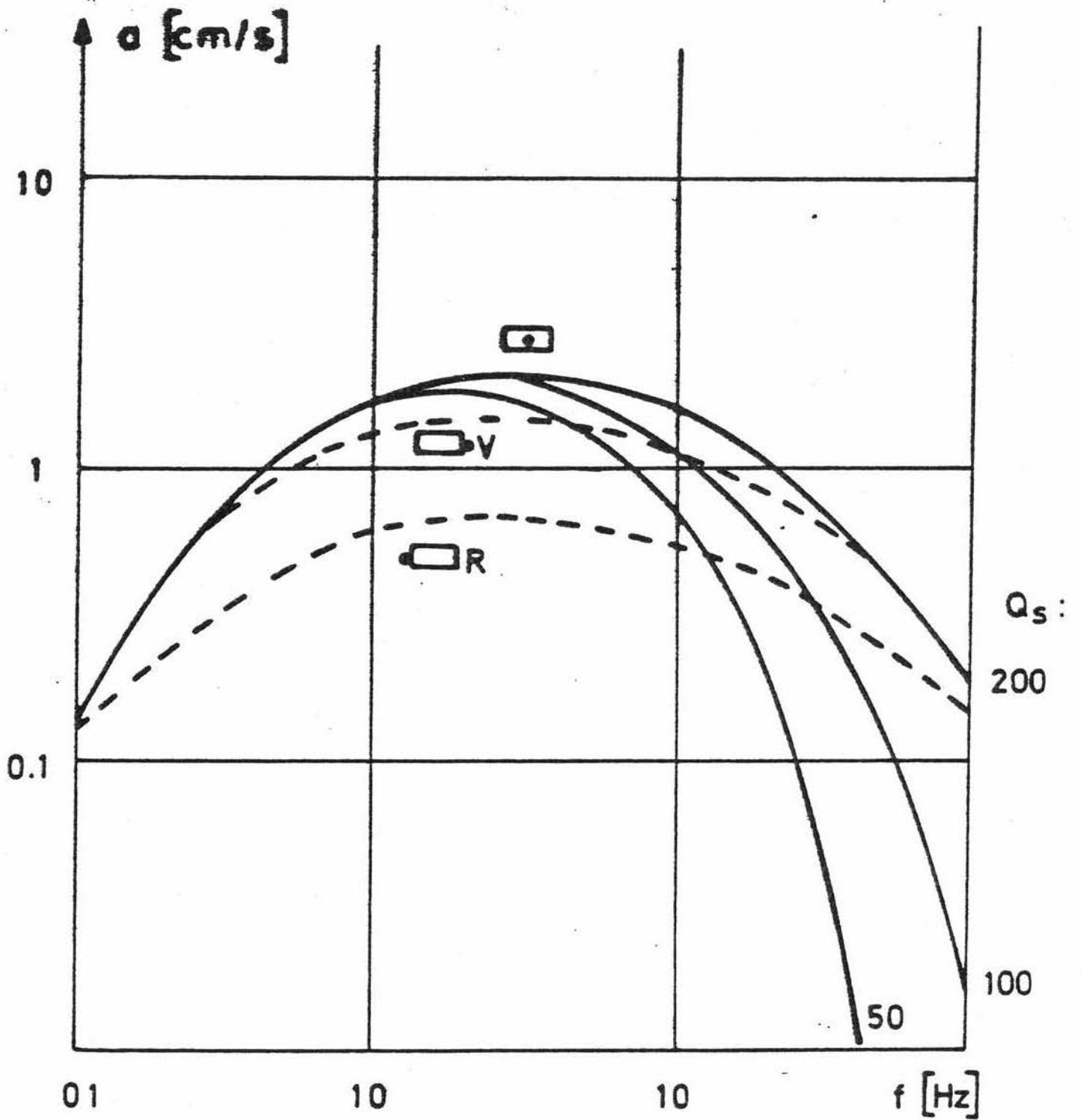


Bild A6.2 Albstadt

Eingangsgrößen für das Modell Basel des Basisspektrums

a)

$$ML = 5,9$$

$$E_{SO} = 2,24 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

$$M_O = 6,2 \cdot 10^{17} \text{ Nm}$$

Geller (1976)

$$G = 3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$\bar{q}_O = 4,6 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$A_O = 4,5 \cdot 10^7 \text{ m}^2$$

$$l_O = 9500 \text{ m}$$

$$w_O = 4740 \text{ m}$$

$$r_O = 3785 \text{ m}$$

$$b_O = 6700 \text{ m}$$

$$v_{FO} = 0,8 \cdot v_S = 2640 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\varphi = 48^\circ$$

$$R_O = 0,67$$

b)

$$v_S = 3300 \text{ m/s}$$

$$\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_S = 50 \text{ bzw. } 200$$

$$R_E = 10.000 \text{ m}$$

$$z_O = 11.000 \text{ m}$$

Mayer-Rosa & Cadiot (1979)

$$s = 14.870 \text{ m}$$

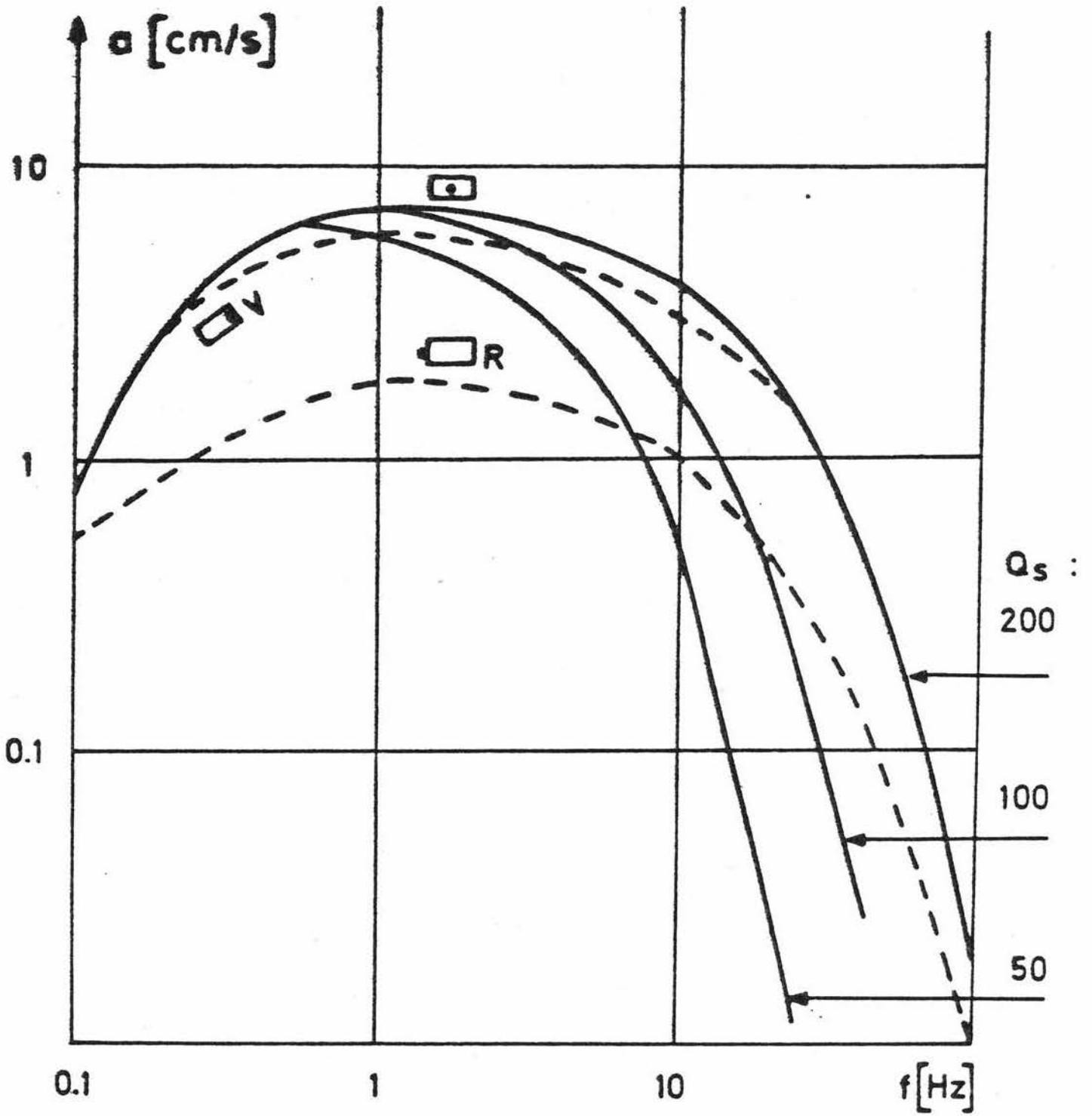


Bild A6.3 Basel



REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 7

zum

ABSCHLUSSBERICHT

BERECHNUNG VON ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN

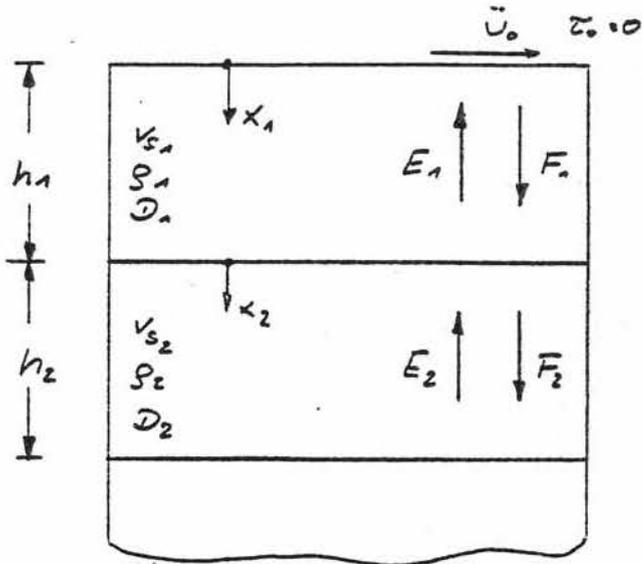
H. Werkle

G. Waas

W. Weber

BERECHNUNG VON ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN

A7.1 Vertikal propagierende SH-Wellen



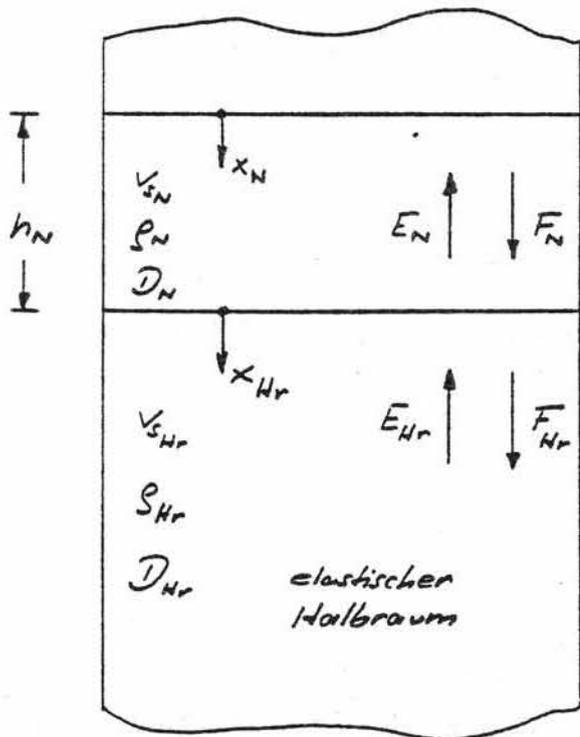
Lösung der Erzwingungs-differentialgleichung (Schicht n)

(1) $U(x_n, t) = E_n e^{i(\omega t + kx)} + F_n e^{i(\omega t - kx)}$

(2) $y(x_n, t) = ik(E_n e^{i(\omega t + kx)} - F_n e^{i(\omega t - kx)})$

(3) $\tau(x_n, t) = G \cdot y$
 $= ikG(E_n e^{i(\omega t + kx)} - F_n e^{i(\omega t - kx)})$

mit $k = \frac{\omega}{v_s}$



(4) $U(0, t) = (E_n + F_n) e^{i\omega t}$
 $U(h_n, t) = (E_n e^{ikh} + F_n e^{-ikh}) e^{i\omega t}$

(5) $\tau(0, t) = ikG(E_n - F_n) e^{i\omega t}$
 $\tau(h, t) = ikG(E_n e^{ikh} - F_n e^{-ikh}) e^{i\omega t}$

für Frequenz $\omega = \omega_j = \text{const}$

(6) $\begin{Bmatrix} U \\ \tau \end{Bmatrix}_n = \begin{bmatrix} \cos kh & \frac{1}{kG} \sin kh \\ -kG \sin kh & \cos kh \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U \\ \tau \end{Bmatrix}_0$

mit $U = -\frac{\ddot{U}}{\omega^2}$ und $T = \omega^2 \tau$

(7) $\begin{Bmatrix} \ddot{U} \\ -T \end{Bmatrix}_n = \begin{bmatrix} \cos kh & \frac{1}{kG} \sin kh \\ -kG \sin kh & \cos kh \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{U} \\ -T \end{Bmatrix}_0$

mit den Randbedingungen

$$(8) \quad \begin{aligned} \ddot{u}(x_1=0, t) &= 1 \\ \tilde{\tau}(x_1=0, t) &= 0 \end{aligned}$$

und den Übergangsbedingungen

$$(9) \quad \begin{aligned} \ddot{u}(x_n=l, t) &= \ddot{u}(x_{n+1}=0, t) \\ \tilde{\tau}(x_n=l, t) &= \tilde{\tau}(x_{n+1}=0, t) \end{aligned}$$

erhält man Beschleunigung und Schubspannung an der Halbraumobergrenze

$$(10) \quad \begin{aligned} \ddot{u}_{nr} &= E_{nr} + F_{nr} \\ -T_{nr} &= ikG (E_{nr} - F_{nr}) \end{aligned}$$

oder für $\ddot{u}(x_1=0, t) = \ddot{u}_0$

$$(11) \quad \begin{aligned} \ddot{u}_{nr} \cdot \ddot{u}_0 &= E_{nr} + F_{nr} \\ -T_{nr} \cdot \ddot{u}_0 &= ikG (E_{nr} - F_{nr}) \end{aligned}$$

Sei die Amplitude E_{nr} der aus dem Halbraum einfallenden Welle bekannt, kann \ddot{u}_0 berechnet werden:

$$(12) \quad \ddot{u}_0 = \frac{2 ik_{nr} G_{nr} \cdot E_{nr}}{-T_{nr} + ik_{nr} G_{nr} \ddot{u}_{nr}}$$

Die Dämpfung wird durch einen komplexen Modul dargestellt:

$$(13) \quad G = G^* (1 + i2D) \quad D \hat{=} \text{Dämpfungsmaß}, G^* = \text{reell}$$

$$(14) \quad k = \frac{\omega}{v_s} = \frac{\omega}{\sqrt{\frac{G}{\rho}}} = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*(1+i2D)}} \quad (\text{komplexe Wellenzahl})$$

$$u = e^{i\omega t} \left\{ E \exp(ikx) + F \exp(-ikx) \right\}$$

mit $k = \text{Re}(k) + i \text{Im}(k)$

$$(15) \quad u = e^{i\omega t} \left\{ \underbrace{E \exp(i \text{Re}(k) \cdot x) \exp(-\text{Im}(k) \cdot x)}_{\text{Dämpfungsterm}} \underbrace{+ F \exp(-i \text{Re}(k) \cdot x) \exp(\text{Im}(k) \cdot x)}_{\text{Dämpfungsterm}} \right\}$$

aufsteigende Welle
reflektierte Welle

$$\text{mit } k = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*(1+i2D)}} = \frac{\omega}{v_s^*} \left\{ \sqrt{\frac{\sqrt{1+4D^2} + 1}{2(1+4D^2)}} - i \sqrt{\frac{\sqrt{1+4D^2} - 1}{2(1+4D^2)}} \right\}$$

$$\rightarrow \text{Im}(k) = -\frac{\omega}{v_s^*} \frac{\sqrt{\sqrt{1+4D^2} - 1}}{\sqrt{2(1+4D^2)}}$$

Der Dämpfungsterm beträgt:

$$(16) \quad \exp(\text{Im}(k) \cdot x) = \exp\left(-\frac{\omega}{v_s^*} \frac{\sqrt{\sqrt{1+4D^2} - 1}}{\sqrt{2(1+4D^2)}} \cdot x\right)$$

für kleine D :

$$(17) \quad \exp(\text{Im}(k) \cdot x) \approx \exp\left(-k^* x \frac{D}{1+2D^2}\right) \approx \exp(-k^* x \cdot D)$$

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*} = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad \text{reell}$$

A7.2 Schräg einfallende SV-, P- und SH-Wellen

Auf der Grundlage von Abschnitt 7.4 des Haupttextes wurden die Übertragungsmatrizen für die drei Wellenarten ermittelt. Sie sind in den nachfolgenden Tafeln jeweils getrennt für die viskoelastische Deckschicht und für den elastischen Halbraum zusammengestellt, und zwar in

Tafel 1 für SV- und P-Wellen
Tafel 2 für SH-Wellen.

Tafel 1 Übertragungsmatrizen für SV- und P-Wellen

Viskoelastische Schicht :

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ W_1 \\ \tau_1 \\ \sigma_1 \end{pmatrix} = \frac{1}{1+s^2} \cdot \begin{pmatrix} 2 \cdot \cos(krd) & -i \cdot \frac{1-s^2}{s} \cdot \sin(krd) & -\frac{1}{krG^*} \cdot \sin(krd) & \frac{i}{kG^*} \cdot \cos(krd) \\ -(1-s^2) \cdot \cos(ksd) & -i \cdot 2s \cdot \sin(ksd) & -\frac{s}{kG^*} \cdot \sin(ksd) & -\frac{i}{kG^*} \cdot \cos(ksd) \\ l \cdot 2r \cdot \sin(krd) & (s^2-1) \cdot \cos(krd) & \frac{l}{kG^*} \cdot \cos(krd) & -\frac{r}{kG^*} \cdot \sin(krd) \\ +i \cdot \frac{1-s^2}{s} \cdot \sin(ksd) & +2 \cdot \cos(ksd) & -\frac{i}{kG^*} \cdot \cos(ksd) & \frac{1}{ksG^*} \cdot \sin(ksd) \\ 4k \cdot G^* \cdot r \cdot \sin(krd) & i \cdot 2k \cdot G^* \cdot (1-s^2) \cdot \cos(krd) & 2 \cdot \cos(krd) & i \cdot 2r \cdot \sin(krd) \\ +k \cdot G^* \cdot \frac{(1-s^2)^2}{s} \cdot \sin(ksd) & -i \cdot 2k \cdot G^* \cdot (1-s^2) \cdot \cos(ksd) & + (s^2-1) \cdot \cos(ksd) & + i \cdot \frac{1-s^2}{s} \cdot \sin(ksd) \\ l \cdot 2k \cdot G^* \cdot (1-s^2) \cdot \cos(krd) & k \cdot G^* \cdot \frac{(1-s^2)^2}{r} \cdot \sin(krd) & -i \cdot \frac{1-s^2}{r} \cdot \sin(krd) & (s^2-1) \cdot \cos(krd) \\ -i \cdot 2k \cdot G^* \cdot (1-s^2) \cdot \cos(ksd) & +4kG^* \cdot s \cdot \sin(ksd) & -2 \cdot s \cdot \sin(ksd) & +2 \cdot \cos(ksd) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_2 \\ W_2 \\ \tau_2 \\ \sigma_2 \end{pmatrix}$$

Halbraum :

$$\begin{pmatrix} U_1 \\ W_1 \\ \sigma_1 \\ \tau_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_x & l_x & -m_x \cdot s & m_x \cdot s \\ -l_x \cdot r & l_x \cdot r & -m_x & -m_x \\ ik \cdot l_x \cdot (1-s^2) \cdot G^* & ik \cdot l_x \cdot (1-s^2) \cdot G^* & -2ik \cdot m_x \cdot s \cdot G^* & 2ik \cdot m_x \cdot s \cdot G^* \\ 2ik \cdot l_x \cdot r \cdot G^* & -2ik \cdot l_x \cdot r \cdot G^* & l \cdot k \cdot m_x \cdot (1-s^2) \cdot G^* & ik \cdot m_x \cdot (1-s^2) \cdot G^* \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} A_p \\ B_p \\ A_{SV} \\ B_{SV} \end{pmatrix}$$

Bezeichnungen :

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{1}{l_x^2} - 1} & l_x &= \frac{v_p^* \cdot k}{\omega} & v_p^* &= \frac{(\lambda + 2G)^*}{\rho} & (\lambda + 2G)^* &= (\lambda + 2G) \cdot (1 + 2\xi \cdot i) \\
 s &= \sqrt{\frac{1}{m_x^2} - 1} & m_x &= \frac{v_s^* \cdot k}{\omega} & v_s^* &= \frac{G^*}{\rho} & G^* &= G \cdot (1 + 2\xi \cdot i) \\
 G &= \text{Schermodul} & \lambda &= \text{Lamé-Konstante} & A_p, A_{SV} &= \text{Amplituden d. einf. Wellen} \\
 \rho &= \text{Dichte} & \xi &= \text{Dämpfungsmaß} & B_p, B_{SV} &= \text{" d. refl. " }
 \end{aligned}$$

Tafel 2 Übertragungsmatrizen für SH-Wellen

Viskoelastische Schicht:

$$\begin{Bmatrix} v_2 \\ \tau_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(ksd) & \frac{\sin(ksd)}{k \cdot s \cdot G^*} \\ k \cdot s \cdot G^* \cdot \sin(ksd) & \cos(ksd) \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} v_1 \\ \tau_1 \end{Bmatrix}$$

Halbraum:

$$\begin{Bmatrix} v_2 \\ \tau_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ i k \cdot s \cdot G^* & -i k \cdot s \cdot G^* \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} A_{SH} \\ B_{SH} \end{Bmatrix}$$

Bezeichnungen:

$$s = \sqrt{\frac{1}{m_x^2} - 1}$$

$$m_x = \frac{v_s^* \cdot k}{\omega}$$

$$v_s^* = \frac{G^*}{\rho}$$

$$G^* = G \cdot (1 + 2 \xi i)$$

G = Schermodul

ρ = Dichte

ξ = hysteretisches Dämpfungsmaß

A_{SH} = Amplitude der einfallenden SH-Welle

B_{SH} = " " reflektierten "

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 8

zum

ABSCHLUSSBERICHT

ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN FÜR DEUTSCHE STANDORTE

G. Schneider

Th. Kunze

ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN FÜR DEUTSCHE STANDORTE

Dieser Anhang enthält Übertragungsfunktionen für einige ausgewählte Standort der Bundesrepublik Deutschland, bei denen hinreichende geologische Informationen über die Untergrundverhältnisse vorliegen (Tabelle A8.1).

Tabelle A8.1 Liste der Standorte mit grober Untergrundangabe

Standort	Region	Untergrund
Biblis	Oberrheingraben	Quartär
Brockdorf	Norddeutschland	Tertiär
Dingelsdorf	Molassebecken	Quartär
Gaisbeuren	Molassebecken	Quartär
Jungingen	Schwäbische Alb	Anstehender Braunjura
Leopoldshafen	Oberrheingraben	Quartär
Lingen	Norddeutschland	Quartär
Lüchow-Dannenberg	Norddeutschland	Quartär
Obrigheim	Odenwald	Anstehender Buntsandstein
Opfenbach	Molassebecken	Quartär
Scherstetten	Molassebecken	Tertiär

Verwendete Literatur zur Berechnung der Übertragungsfunktionen an den Standorten - Brockdorf

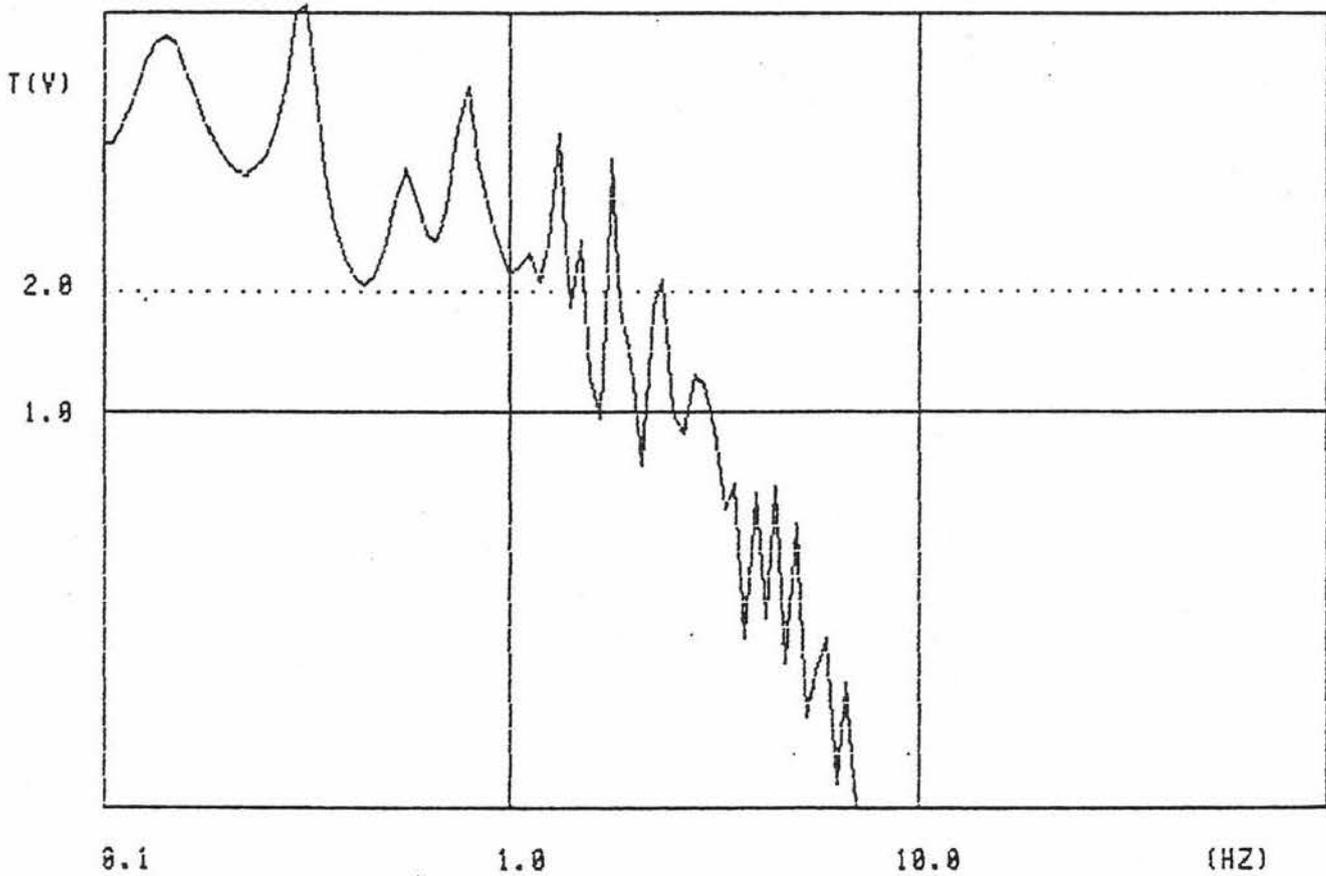
- Lüchow-Dannenberg
- Lingen

- AHORNER, L. (1981): Seismologisches Gutachten für den Standort des geplanten Kernkraftwerkes Emsland KKE bei Lingen. - Abteilung für Erdbebengeologie des Geologischen Instituts der Universität Köln.
- BETTENSTAEDT, F. (1949): Paläogeographie des nordwestdeutschen Tertiär mit besonderer Berücksichtigung der Mikropaläontologie. - Erdöl u. Tektonik in Nordwestdeutschland, Hannover/Celle, p. 143 - 171.
- DRONG, H.J. (1979): Diagenetische Veränderungen in den Rotliegendesandsteinen im NW-Deutschen Becken. - Geol. Rdsch. 68, p. 1172 - 1183.
- GRIMMEL, E. (1980): Warum der Salzstock Gorleben-Rambow als Atommüll-Deponie ungeeignet ist. - Z. dt.geol. Ges., 131, p. 487 - 519.
- HOFFMANN, K. (1949): Zur Paläogeographie des nordwestdeutschen Lias und Doggers. - Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland, Hannover/Celle, p. 113 - 129.
- HOFRICHTER, E. (1980): Probleme der Endlagerung radioaktiver Abfälle in Salzformationen. - Z.dt.geol. Ges., 131, p. 409 - 430.
- JARITZ, W. (1980): Bemerkungen zur Geologie des präquartären Untergrundes in der Umgebung von Gorleben. - Z.dt.geol. Ges., 131, p. 522 - 529.
- JOHN, H. (1983): Die seismischen Geschwindigkeitsfelder des nordwestdeutschen Beckens. - Erdöl-Erdgas-Zeitschrift, 99, p. 75 - 81.
- MEYER, K.-D. (1980): Quartäre Tektonik im Untereibe-Gebiet? - Z.dt.geol.Ges., 131, p. 530 - 546.
- SCHERBAUM, F. (1982): Seismic velocities in sedimentary rocks - indicators of subsidence and uplift. - Geol.Rdsch. 71, p. 519 - 536.
- SCHOTT, W. (1949): Zur Paläogeographie des nordwestdeutschen Malms. - Erdöl u. Tektonik in Nordwestdeutschland, Hannover/Celle, p.129 - 135.

- SCHRÖDER, B. (1979): Entwicklung des Sedimentbeckens und Stratigraphie der klassischen Germanischen Trias. - Geol.Rdsch., 71, p. 783 - 794.
- SEITZ, O. (1949): Zur Paläogeographie des Wealden und der Pompeckj'schen Schwelle. - Erdöl u. Tektonik in Nordwestdeutschland, Hannover/Celle, p. 135 - 143.
- TRUSHEIM, F. (1957): Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands. - Z.dt.geol. Ges., 109, p. 111 - 151.
- ZIEGLER, P.A. (1982): Geological Atlas of Western and Central Europe. - Elsevier Scient. Publ. Company, Amsterdam.

STANDORT BIBLIS

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

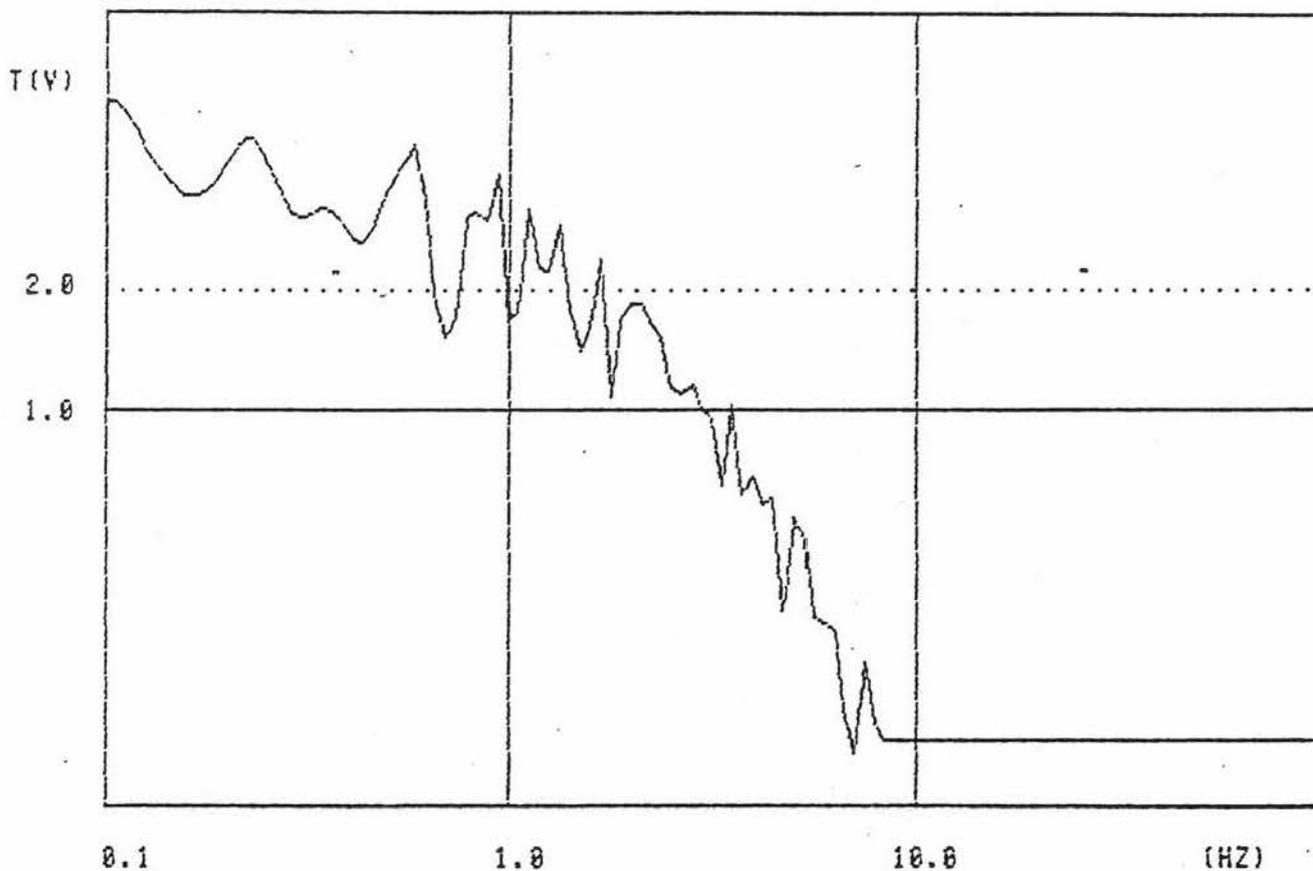


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	600	600	10
2	1610	1270	20
3	230	2100	20
4	400	2200	50
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTe IN KG/M³ = 2453.05554
 MITTL. VS IN M/S = 2494.10769
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.60614248
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

RAUM BROCKDORF

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

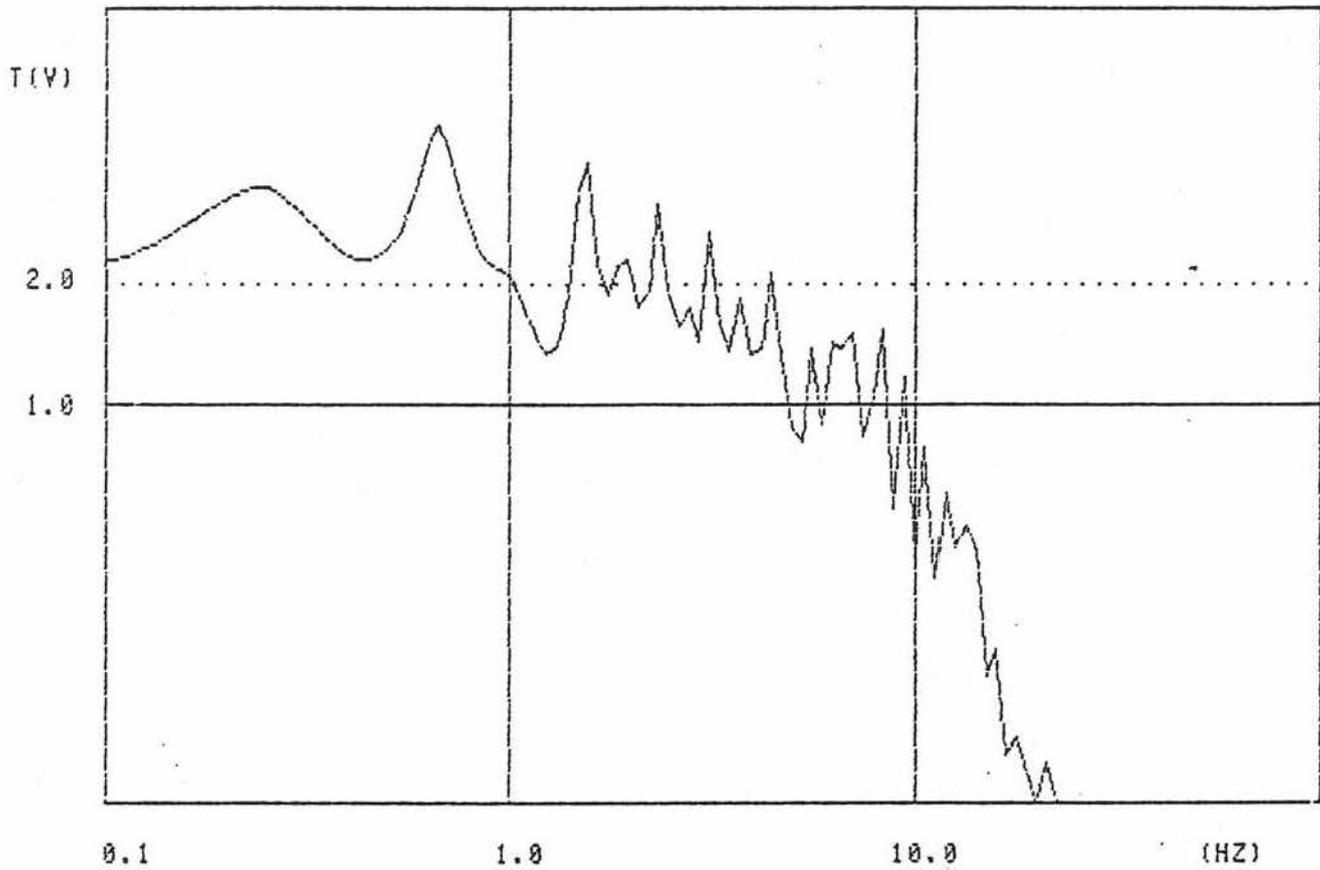


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	1500	1040	20 Tertiär
2	750	1540	50 Ob. Krede
3	200	1210	30 Unt. Krede
4	600	1640	20 Lias
5	1000	1850	30 Kupfer
6	300	2280	80 Muballe
7	1300	2530	50 Buntsand.
8	2500	3300	150 Sedst - Mitteldev.
HALBRAUM		3400	

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTe IN KG/M³ = 2268.11846
 MITTL. VS IN M/S = 1933.69231
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 3.36144483
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

DINGELSDORF

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

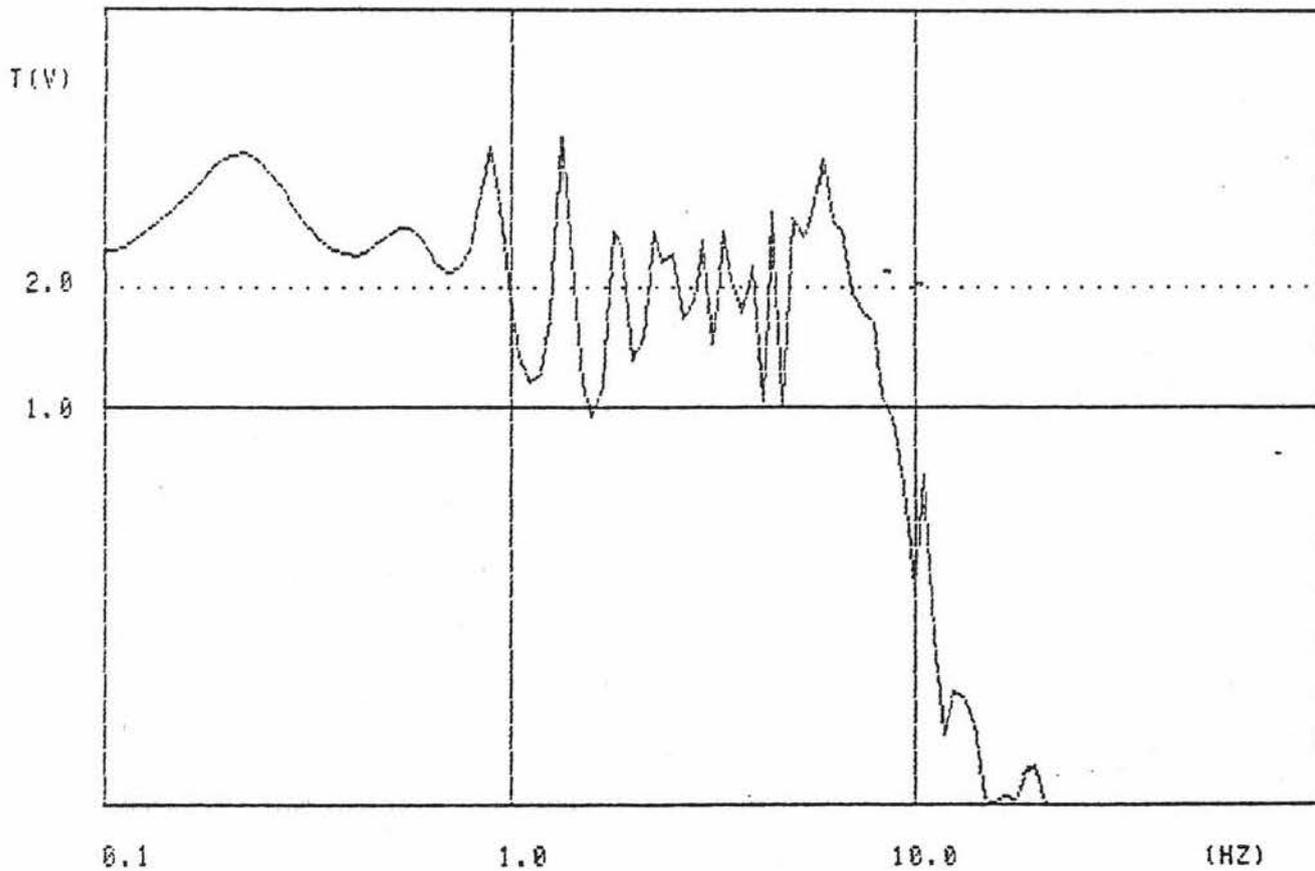


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	710	1700	20
2	246	2200	50
3	430	2900	80
4	477	2000	20
5	744	2400	50
HALBRaum		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTe IN KG/M³ = 2593.14308
 MITTL. VS IN M/S = 2918.61538
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.22709345
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

GAISBEUREN

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

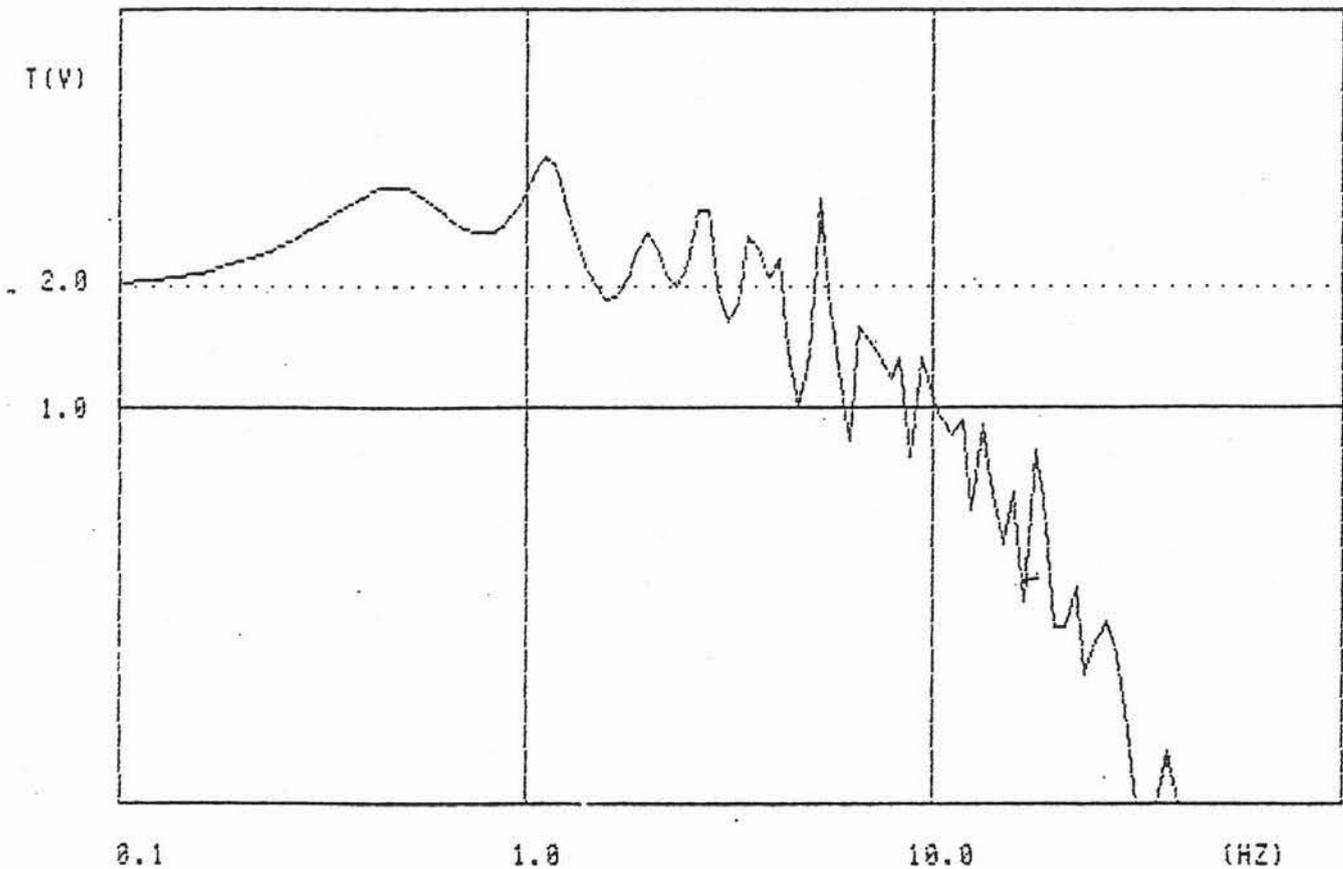


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Ø
1	25	600	10 Quartär
2	1665	1700	20 Tertiar (Molasse)
3	500	2900	80 W. Jura
4	366	2000	30 Dogger, Lias, Keuper, Mulkalk
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H -NN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTe IN KG/M³ = 2566.03738
 MITTL. VS IN M/S = 2836.47692
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.29157514
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

JUNGINGEN

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

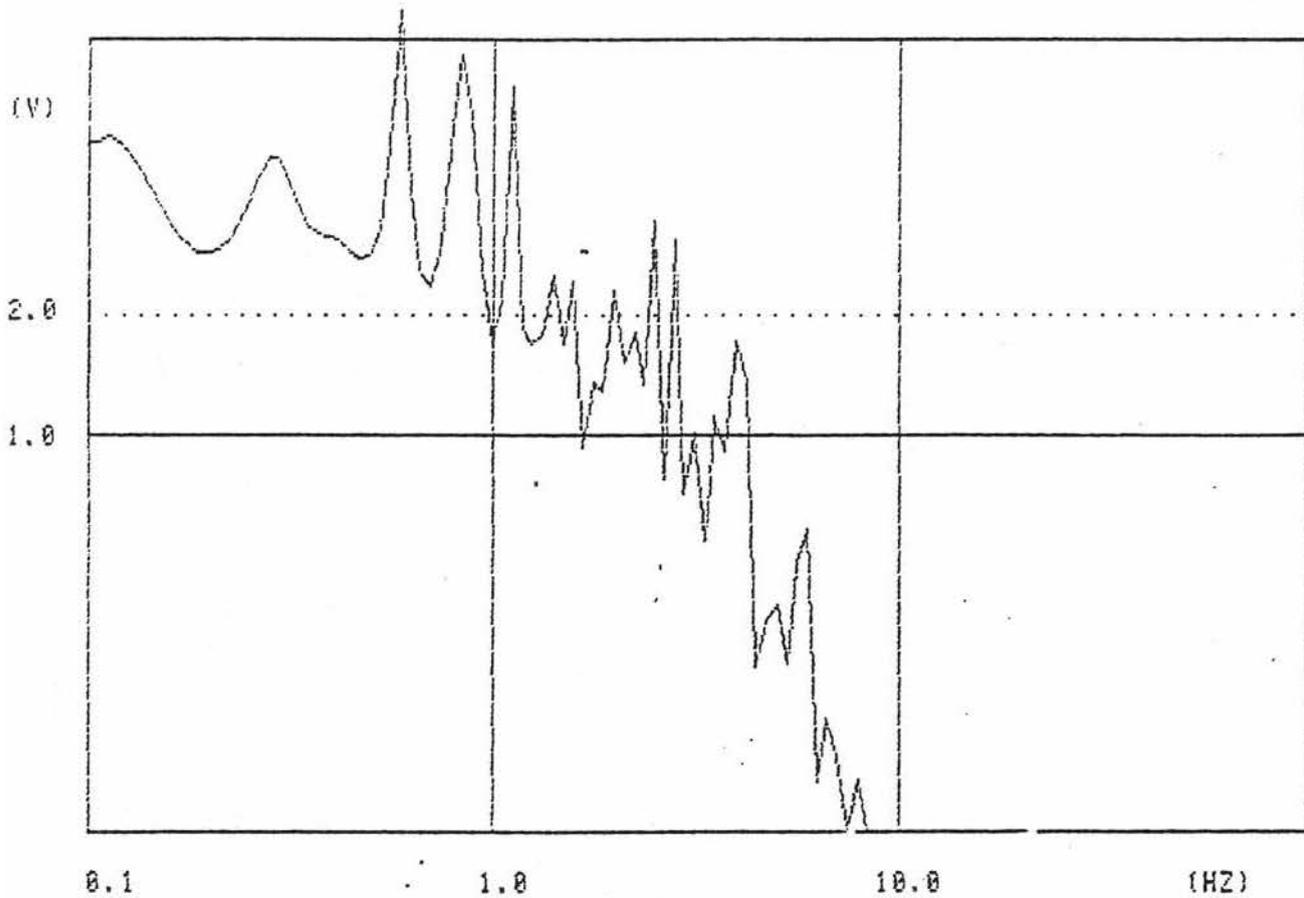


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	420	1700	20 Dogger, Lias
2	210	2100	20 Keuper
3	130	2900	80 Ob. + Mit. Muschelk.
4	55	2100	20 Unt. Muschelk.
5	600	2400	50 Buntsandst. + Rotlieg.
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NH = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTE IN KG/M³ = 2664.49923
 MITTL. VS IN M/S = 3134.84615
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.07346699
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

STANDORT LEOPOLDSHAFEN

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

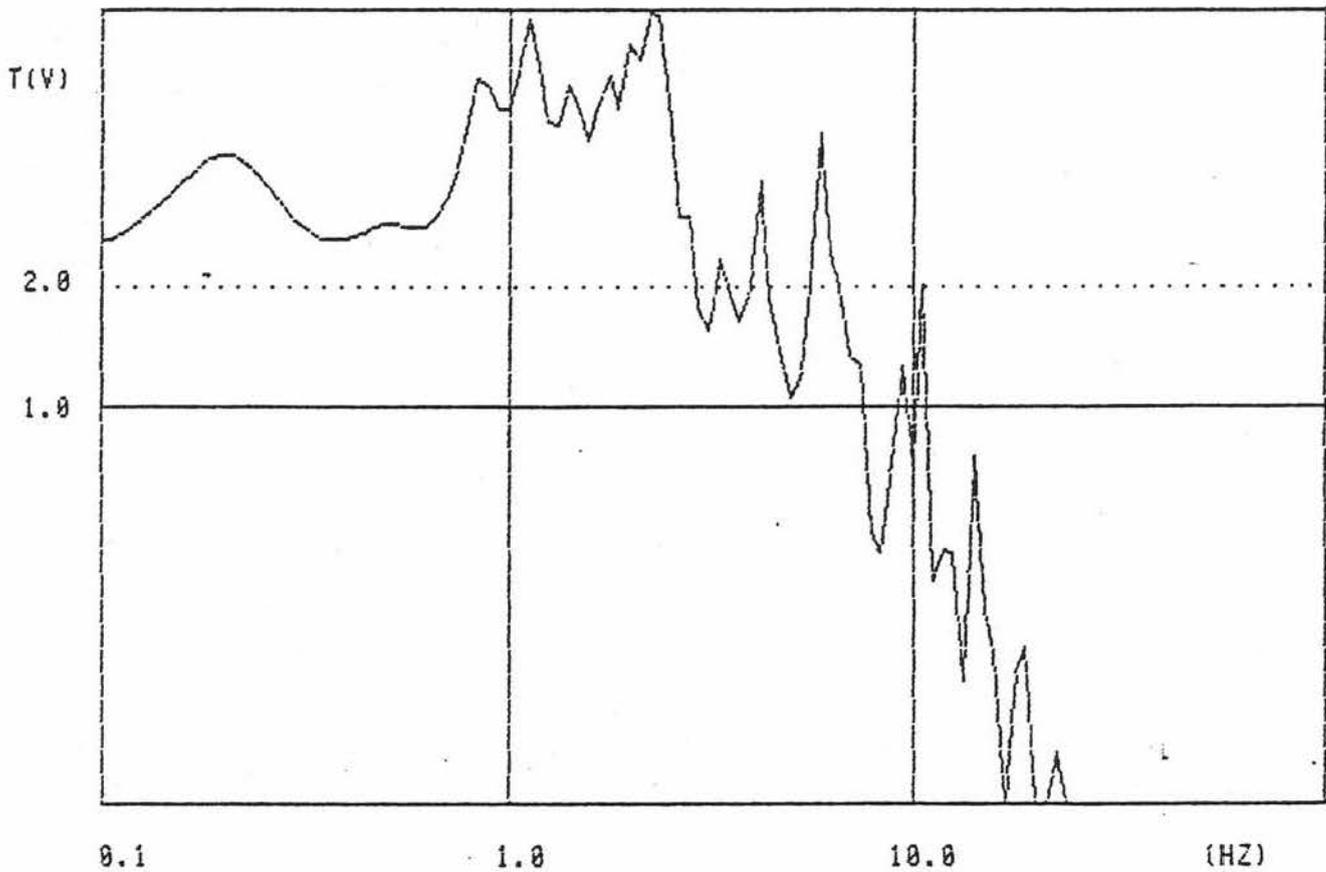


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	195	600	10 Quartär + Jungt. II
2	1562	1270	20 Tertiär
3	620	2100	20 Pedelbr. Schichten
4	410	1270	20 Eozän
5	600	1830	20 Dogger, Lias, Keuper
6	180	2480	80 Mulvälle.
7	1260	2400	50 Buntsandst.
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTE IN KG/M³ = 2349.90972
 MITTL. VS IN M/S = 2181.54462
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.97954026
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

RAUM LINGEN

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

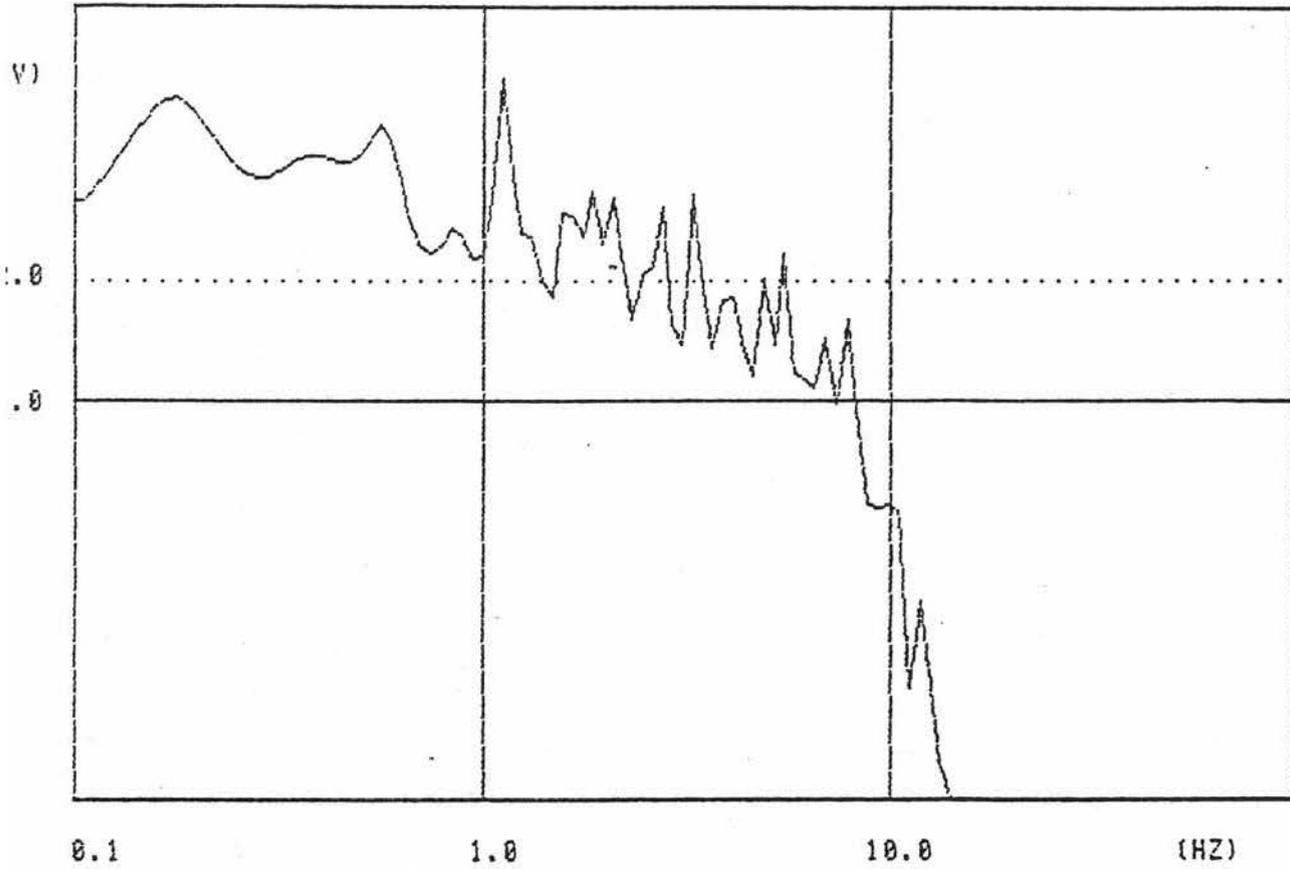


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	45	350	10 Quartär
2	200	1040	20 Tertiär
3	600	1990	30 Ob. Jura
4	650	1640	30 Lias + Dogger
5	300	1850	30 Keuper
6	300	2280	80 Muschelk.
7	1000	2530	50 Buntsandst.
8	1000	3300	150 Kechst - Mittel dev.
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NH = 0
 RW -HERD_ = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTe IN KG/M³ = 2530.12577
 MITTL. VS IN M/S = 2727.65385
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.38300033
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

RAUM LUECHOW-DANNENBERG

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

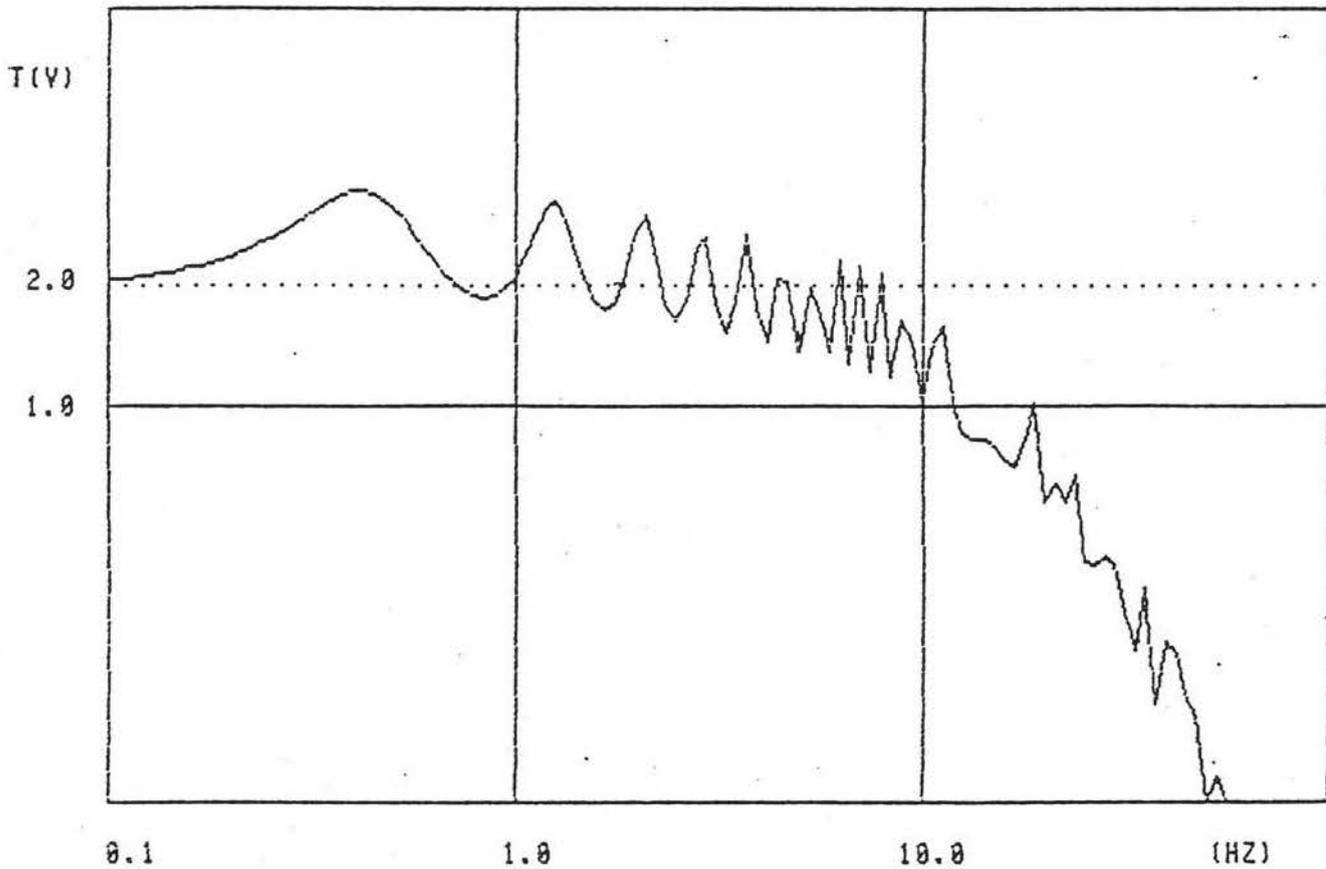


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	ρ
1	20	600	10 Quarz
2	700	1040	20 Tert.
3	400	1540	50 Ob. Kr.
4	250	1210	30 Unt. K.
5	300	1640	20 Lias
6	400	1850	30 Keuper
7	450	2280	80 Muschelk.
8	1000	2530	50 Buntsandst.
9	1000	3300	150 Zechst - Mitteldev
HALERAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NH = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTE IN KG/M³ = 2466.60077
 MITTL. VS IN M/S = 2535.15385
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.56394697
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

STANDORT OBRICHEIM

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

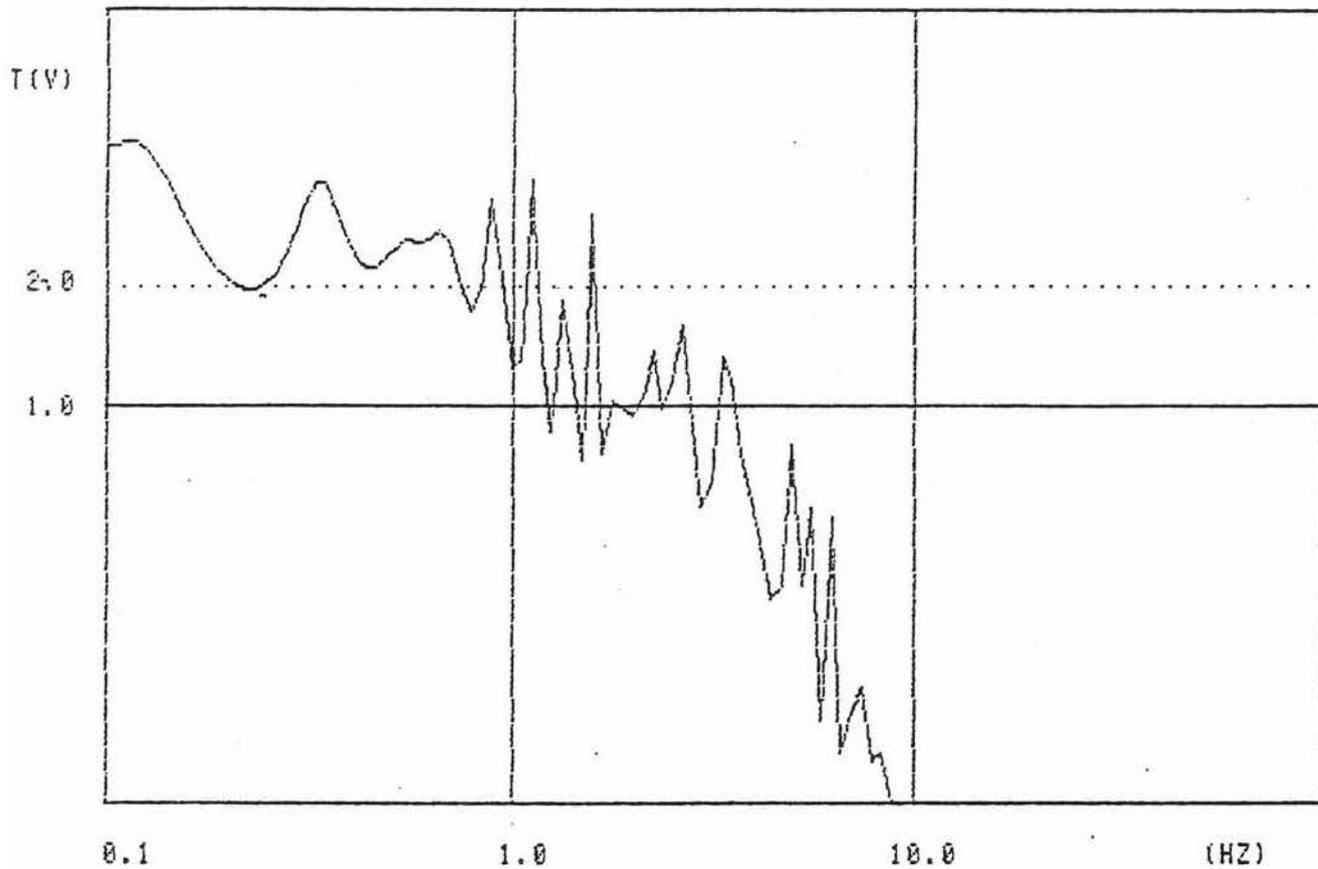


SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	150	2300	50
2	1250	2200	50
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NH = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTE IN KG/M³ = 2667.46923
 MITTL. VS IN M/S = 3143.84615
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.0675312
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

OFFENBACH

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:

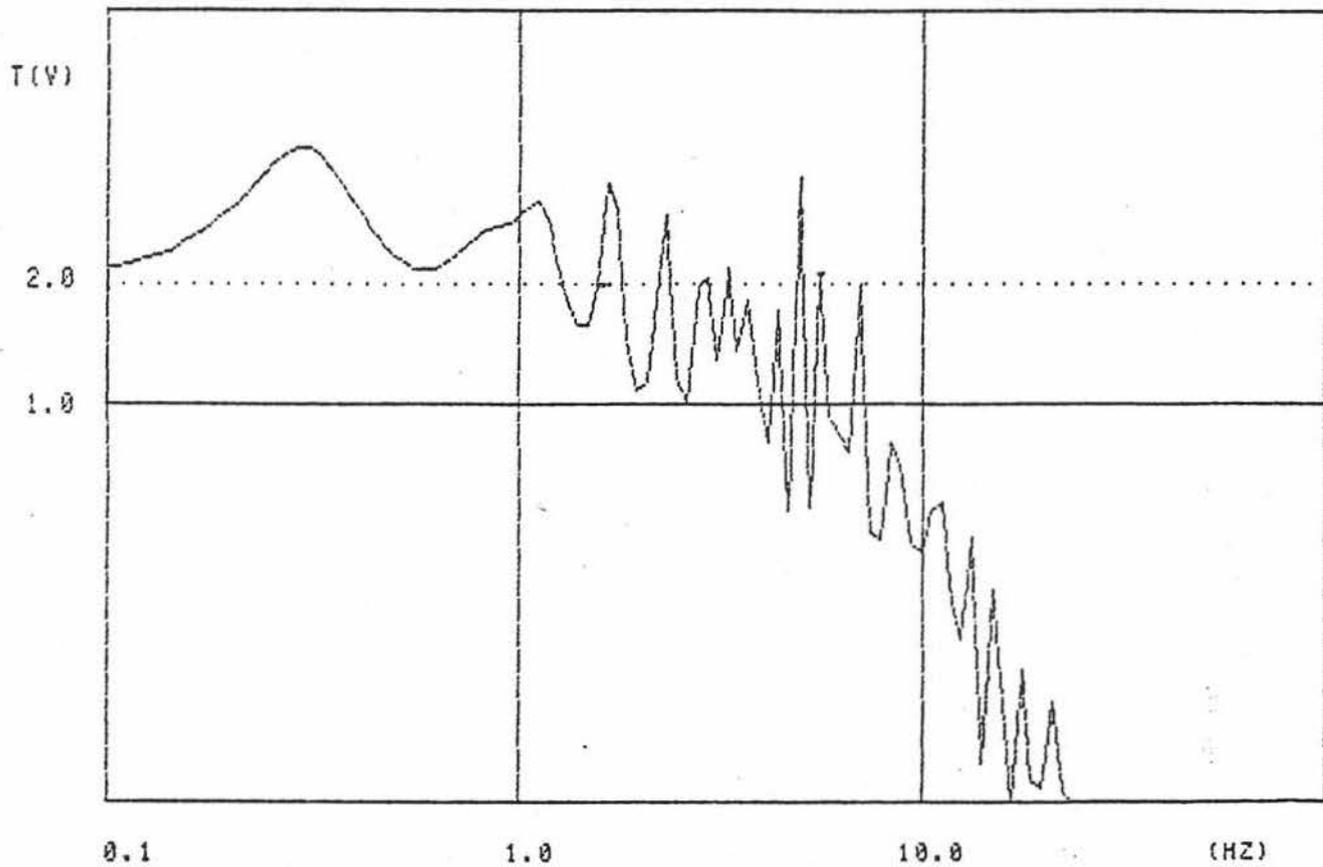


SCHICHT HR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	3650	1700	20
2	500	2900	50
3	270	2000	30
HALBRAUM		3400	200

RW -STAT. = 0 HW -STAT. = 0 H-NN = 0
 RW -HERD = 0 HW -HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHTe IN KG/M³ = 2403.06308
 MITTL. VS IN M/S = 2342.61539
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.77467656
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

SCHERSTETTEN

UEBERTRAGUNGSFUNKTION:



SCHICHT NR.	SCHICHTDICKE (M)	VS (M/S)	Q
1	1342	1700	20 Tertiär (Molasse)
2	482	2900	80 W-Jura
3	101	1900	20 O.-Jura
HALBRAUM		3400	200

RW-STAT. = 0 HW-STAT. = 0 H-NH = 0
 RW-HERD = 0 HW-HERD = 0 HERDTIEFE IN M = 6500
 EPIZENTRALENTFERNUNG IN M = 0
 TOTALE HERDTIEFE IN M = 6500
 LAUFWEG IN M = 6500.00001
 MITTL. DICHT E IN KG/M³ = 2616.24815
 MITTL. VS IN M/S = 2988.63077
 LAUFZEIT DER DIR. WELLE IN S = 2.17490902
 ABSTRAHLCHAR. DER DIR. WELLE = 1

REALISTISCHE SEISMISCHE LASTANNAHMEN
FÜR BAULICHE ANLAGEN MIT ERHÖHTEM SEKUNDÄRRISIKO

ANHANG 9

ZUM

ABSCHLUSSBERICHT

MODELLRECHNUNGEN ZUM FESTGESTEINSEINFLUSS

H. Berckhemer

J. Kopera

MODELLRECHNUNGEN ZUM FESTGESTEINSEINFLUSS

Um den Einfluß sedimentären Festgesteins, das einem kristallinen Grundgebirge überlagert, auf Amplituden- und Spektralgehalt eines an der Kristallinoberkante definierten Fourierpektrums der seismischen Wellenbewegung zu untersuchen, wurden am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt Modellrechnungen ausgeführt.

Das verwendete FORTRAN - Programm zur Berechnung der Ausbreitung seismischer Wellen in isotropen geschichteten Medien, basiert auf der Reflektivitätsmethode (G.Müller, 1971,1973) - eine Erweiterung des Thomson-Haskell-Matrizenalgorithmus - und wurde in einer modifizierten Version nach P. Temme und G.Müller, 1982 angewandt. Gerechnet wurde für vertikale Wellenausbreitung ebener S-Wellen.

Das verwandte Modell:

Ein Schichtpaket variabler Impedanz $\rho_i \beta_i$ (Dichte x Wellenausbreitungsgeschwindigkeit) und Mächtigkeit H_i , überlagert einen Halbraum mit konstanter Impedanz $\rho_k \beta_k$. Dem Schichtpaket liegt ein weiterer Halbraum, bzw. eine Schicht großer Dicke und Dämpfung Q^{-1} auf, um Oberflächenreflexionen zu unterdrücken oder zumindest stark zu dämpfen. Die Impedanz dieser Überdeckung $\rho_s \beta_s$ soll kleiner als $\rho_i \beta_i$ sein.

Die, das sedimentäre Festgestein repräsentierende, Schicht mit $\rho_i \beta_i$ wurde in zwei Halbräume mit konstanten Randbedingungen eingebettet um Einflüsse von Oberflächeneffekten auf die Resultate zu vermeiden und um gleichzeitig dem realistischen Fall der Lockersedimentbedeckung $\rho_s \beta_s$ auf sedimentären Festgestein zu entsprechen.

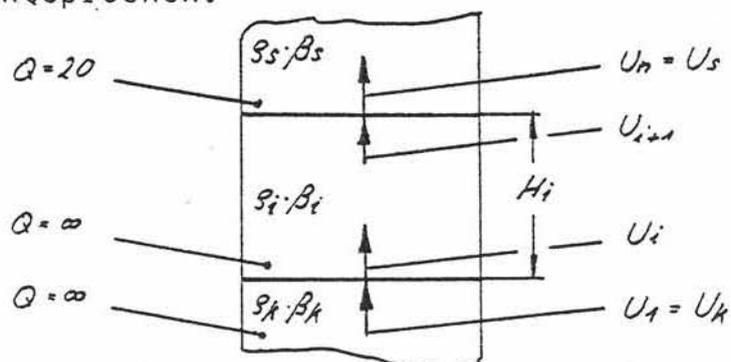


Abb. 1 Schichtenmodell, $u_1 \dots u_n :=$ Verschiebungsamplituden

Mit dem Ansatz eines konstanten Energieflusses E durch die Schichtgrenzflächen, ergibt sich folgender Verstärkungsfaktor bzw. Transmissionskoeffizient:

$$D'' = \sqrt{V_{\text{Energie}}} = \frac{U_{i+1}}{U_i} = \sqrt{\frac{\rho_i \cdot \beta_i}{\rho_{i+1} \cdot \beta_{i+1}}} \quad (1)$$

Mit Berücksichtigung des Energieverlusts durch Reflexionen, doch ohne des Einflusses multibler Reflexionen, erhält man für vertikal propagierende S-Wellen den Brechungs- bzw. Transmissionskoeffizienten:

$$D' = \sqrt{V_{\text{Brech}}} = \frac{U_{i+1}}{U_i} = \frac{2 \cdot \rho_i \cdot \beta_i}{\rho_i \cdot \beta_i + \rho_{i+1} \cdot \beta_{i+1}} \quad (2)$$

Das Verhältnis der Verschiebungen im sedimentären Halbraum (u_s) zu denen im kristallinen Halbraum (u_k), ergibt sich durch Multiplikation der Transmissionskoeffizienten der einzelnen Grenzflächen.

Für konstanten Energiefluß:

$$\frac{u_s}{u_k} = \frac{u_s}{u_i} \cdot \frac{u_i}{u_{i+1}} \dots \frac{u_{n-1}}{u_k}$$

$$D'' = \frac{u_s}{u_k} = \sqrt{\frac{\rho_k \cdot \beta_k}{\rho_s \cdot \beta_s}} \quad (3)$$

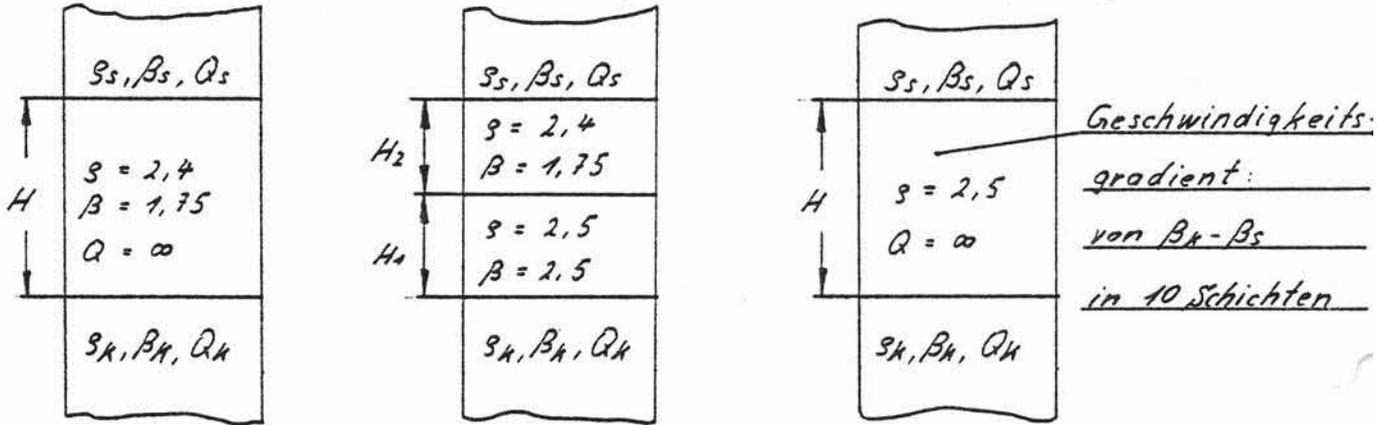
Mit Energieverlust durch Reflexionen und für eine Zwischenschicht konstanter Impedanz $\rho_2 \cdot \beta_2$:

$$\frac{u_s}{u_k} = \frac{u_s}{u_2} \cdot \frac{u_2}{u_k}$$

$$D' = \frac{u_s}{u_k} = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot \beta_2}{\rho_2 \cdot \beta_2 + \rho_s \cdot \beta_s} \cdot \frac{2 \cdot \rho_k \cdot \beta_k}{\rho_k \cdot \beta_k + \rho_2 \cdot \beta_2} \quad (4)$$

Für die Modelle 1 - 4 wurden folgende Parameter gewählt:

Oberer Halbraum: = 2,2 g/cm³ , = 1,2 km/s , Q_s = 20
 Unterer " : = 2,8 " , = 3,2 " , Q_k = ∞



Modell 1: H=1km Modell 3: H₁=1,5km Modell 4: H=5km
 Modell 2: H=5km H₂=1,5km

Abb. 2: Modellparameter

Die Anwendung der analytischen Beziehungen (3) & (4) auf die einzelnen Modelle liefert die Transmissionskoeffizienten D' & D'', wie sie in der Tabelle 1 dargestellt sind, zusammen mit den numerischen Resultaten aus der Reflektivitätsmethode, d.h. unter Einschluß multibler Reflexionen (\bar{V} & V₀).

Modell	1	2	3	4
D'	1,67	1,67	1,74	1,83
D''	1,84	1,84	1,84	1,84
\bar{V}	1,67	1,67	1,74	1,83
V ₀	1,84	1,84	1,85	1,85

Tab.: 1 Transmissionskoeffizienten der Modelle 1 - 4, vergl. Abb. 3 - 6.

Hierbei bezeichnet \bar{V} den über die undulierende Übertragungsfunktion (Abb. 3-6) gemittelten Wert und V₀ die obere Grenze der Übertragungsfunktion

Interpretation der Resultate

Die in den Abb. 3-6 dargestellten numerischen Resultate der Modellrechnung für die Modelle 1-4 nach der Reflektivitätsmethode zeigen, abgesehen von dem undulierenden Einfluß multipler Reflexionen, keine Abhängigkeit der Übertragungsfunktion von der Wellenfrequenz (ω).

Vergleicht man die über die undulierenden Übertragungsfunktionen gemittelten Werte \bar{V} der dargestellten (geploteten) Kurven, so stimmen diese gut mit den berechneten Transmissionskoeffizienten der vereinfachten analytischen Rechnung (ohne Multipleneffekt) überein.

Die analytischen Ergebnisse unter der Annahme eines konstanten Energieflusses E (d.h. ohne Berücksichtigung des Energieverlusts der propagierenden Welle durch Reflexionen) bilden ziemlich genau die oberen Werte der undulierenden Übertragungsfunktionen ab (vgl. Abb. 3-6).

Der Einfluß sedimentären Festgesteins auf das an der Unterkante einer Sedimentbedeckung definierte Basisspektrum kann somit in guter Näherung durch das Verhältnis aus den Impedanzen der Deckschicht ($S_S \beta_S$) und des unteren Halbraums (Kristallin) $S_K \beta_K$ bestimmt werden. Die Schichtdicke H_i hat keinen Einfluß auf den Verstärkungsfaktor, solange keine Absorption ($Q=\infty$) angenommen wird.

Zusätzlich läßt sich aus der Modellrechnung ein Einfluß der Beschaffenheit der Zwischenschicht (Festgesteinspaket) entnehmen. Mit zunehmender Unterteilung (Schichtung) der Zwischenschicht nimmt der Brechungs- oder Transmissionskoeffizient D' zu und erreicht den Wert des Transmissionskoeffizienten D'' für konstanten Energiefluß im Fall der Gradientenschicht (Modell 4), also des stetigen Übergangs der Impedanz von Unter- zu Oberkante der Zwischenschicht. Für die Modelle 1 & 2, konstanter Impedanz, erhält man folglich eine zu geringe Überhöhung der Amplituden, wie dies in der Natur zu erwarten wäre.

In ähnlicher Weise lassen sich die Untersuchungsergebnisse von J. Lysmer et al., 1971 über den Einfluß des Grundgebirges auf die Bodenantwort interpretieren.

Resultat:

Der Einfluß eines Zwischenschichtpakets sedimentären Festgesteins auf vertikal propagierende, ebene seismische S-Wellen, kann durch die Anhebung des Amplitudenniveaus im Zeit- bzw. Spektralbereich über eine Multiplikation mit dem Transmissionskoeffizienten für konstanten Energiefluß (Gl. 3)

$$D'' = \sqrt{\frac{\rho_K \cdot \beta_K}{\rho_S \cdot \beta_S}}$$

konservativ berücksichtigt werden.

Uebertragungsfunktion Modell 1

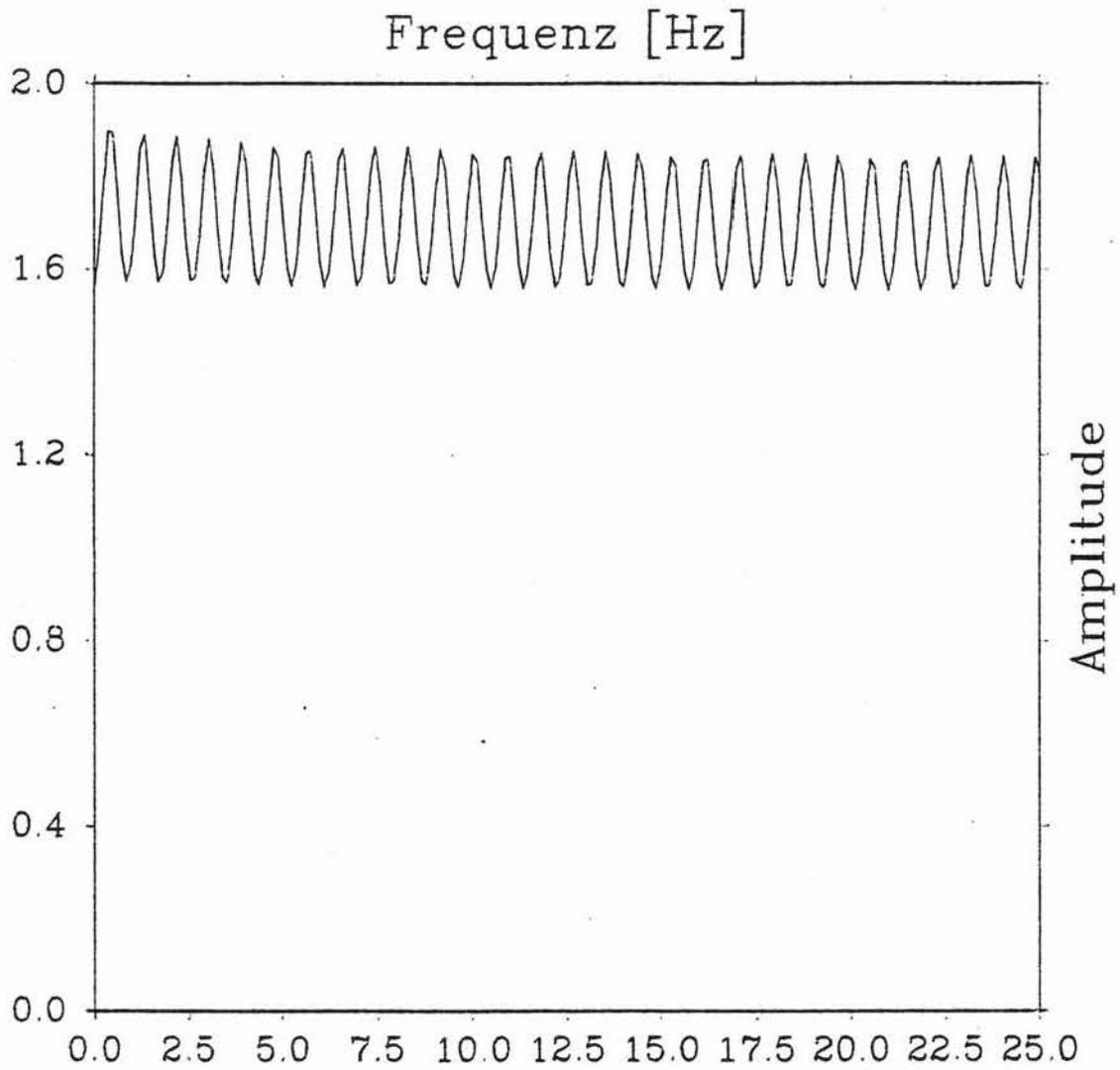


Abb. 3

Uebertragungsfunktion Modell 2

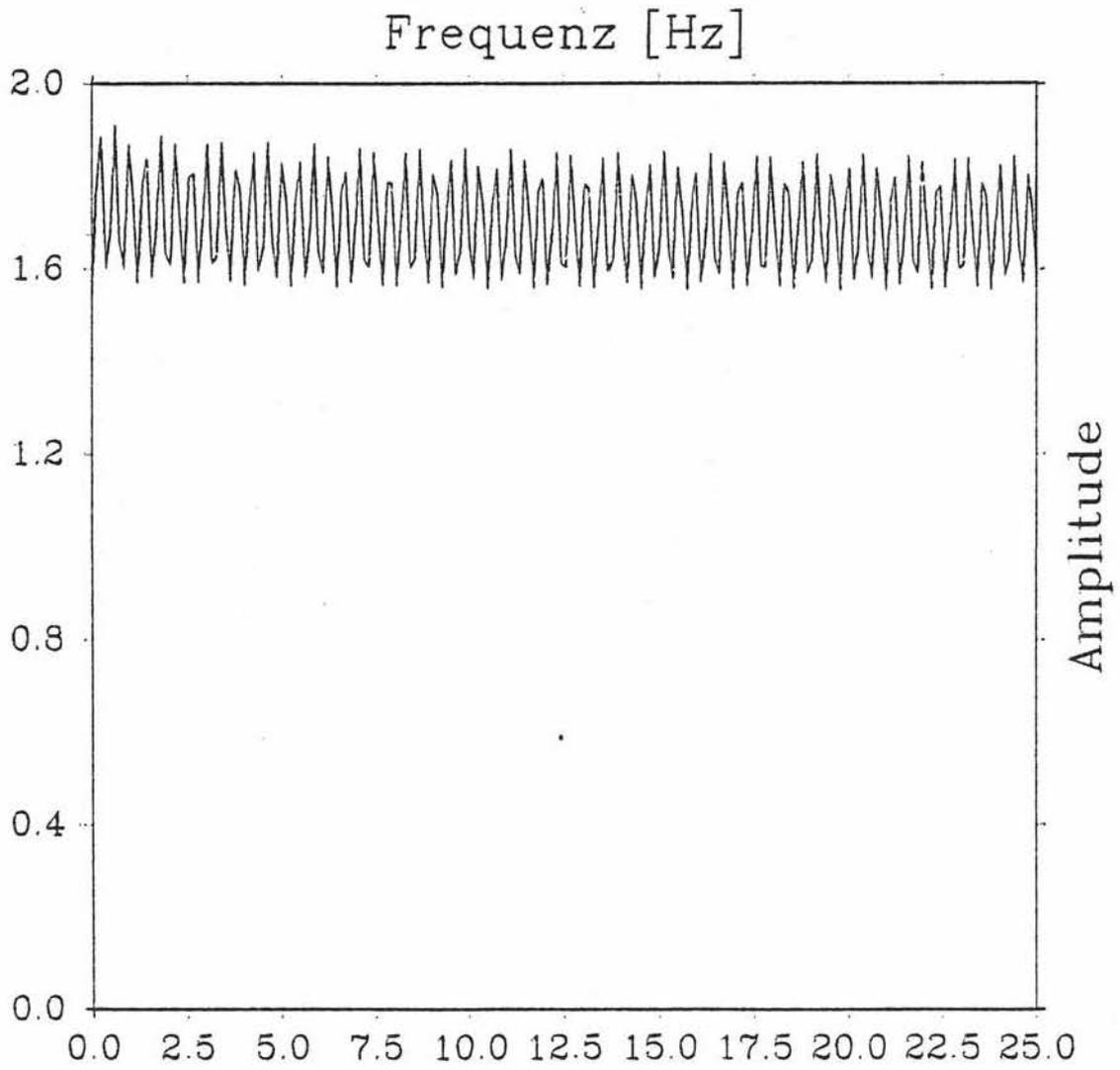


Abb. 4

Uebertragungsfunktion Modell 3

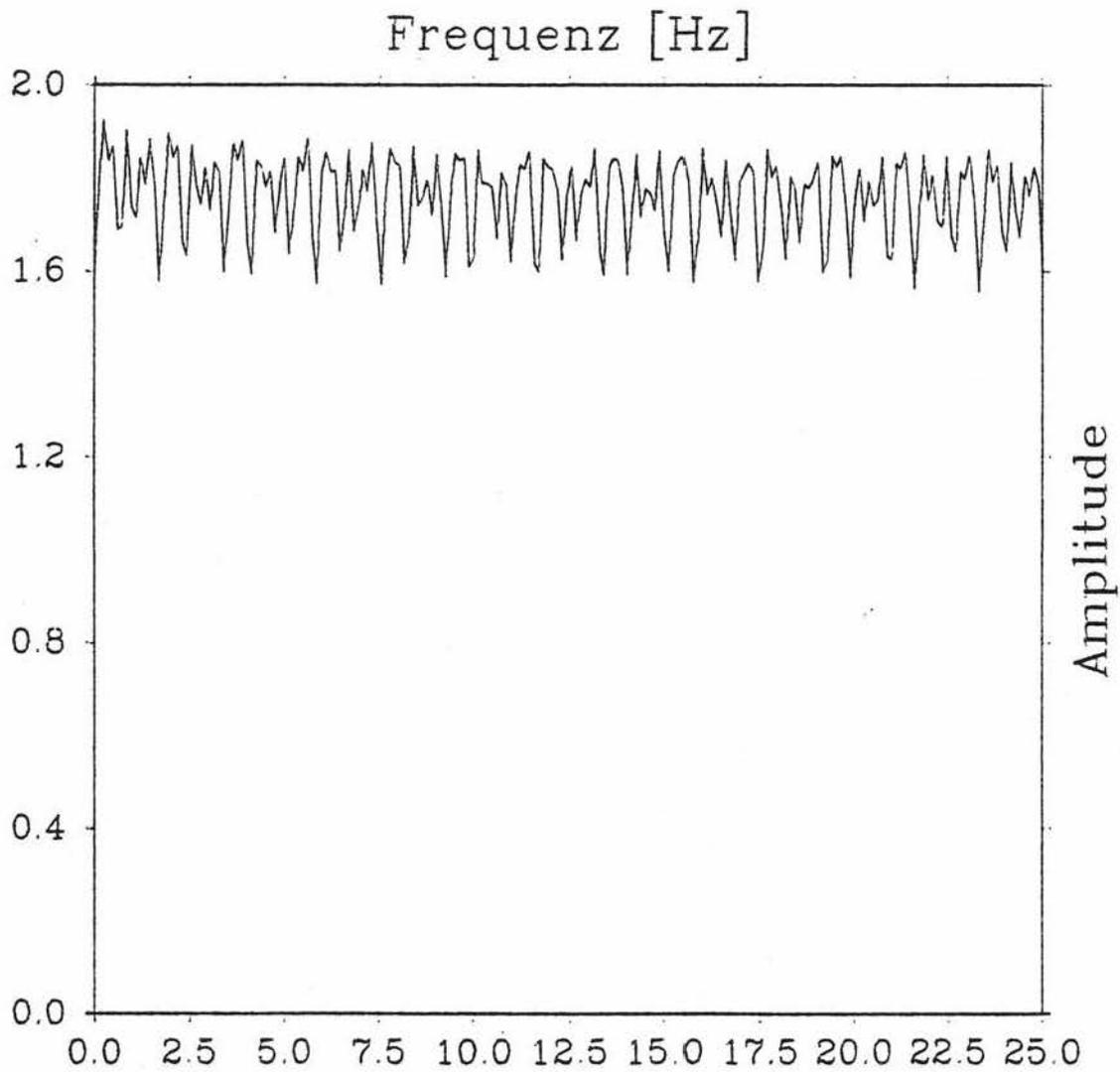


Abb. 5

Uebertragungsfunktion Modell 4

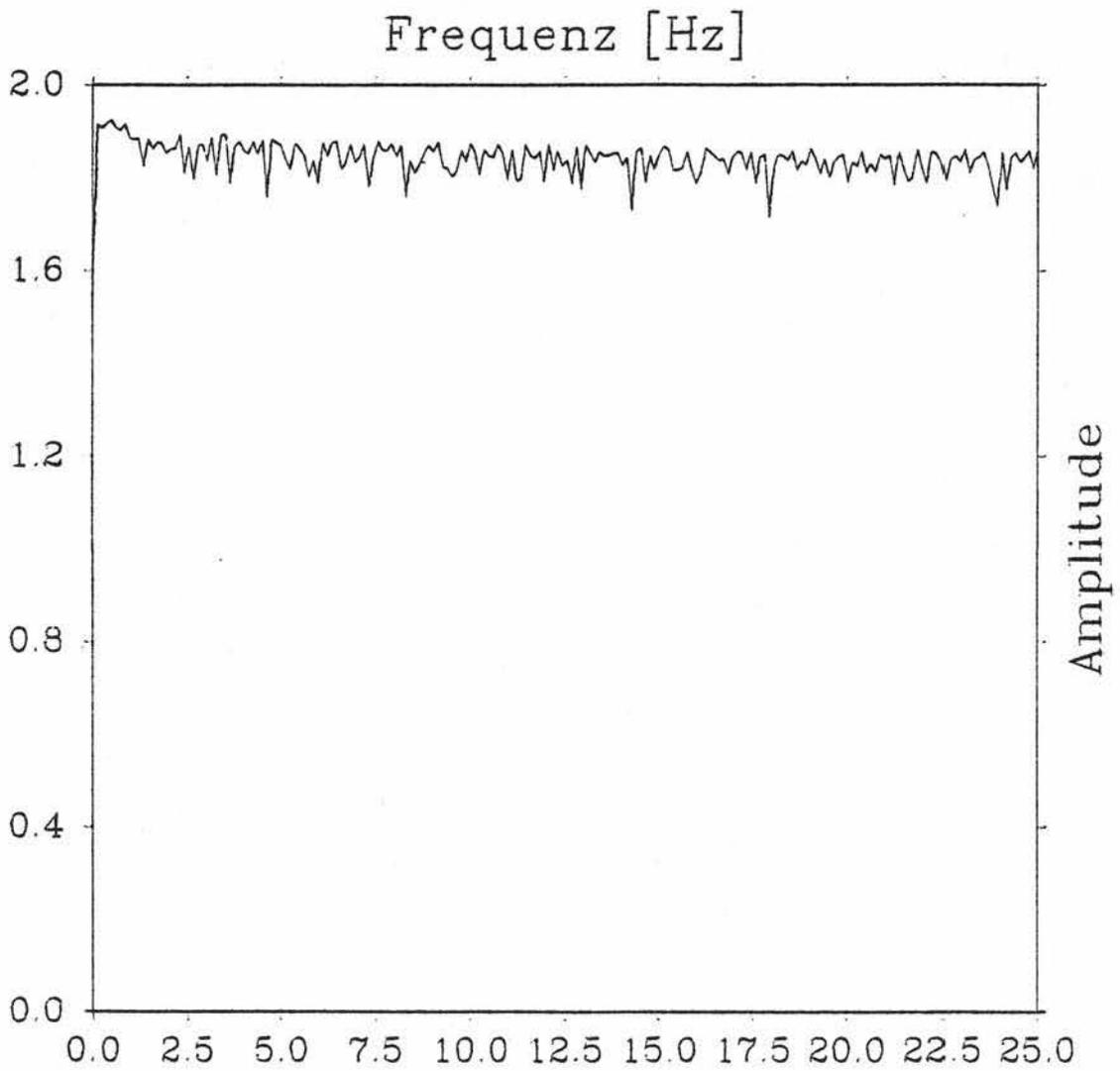


Abb.6