

K. KEMMERLE, München

Magnetotellurik am Alpen-Nordrand

Dienstag, den 12. 3. 74

Einleitung

Im vorliegenden Artikel wird über magnetotellurische Messungen am nördlichen Alpenrand im Bereich des Chiemgauer berichtet. Es sollte untersucht werden, ob Molasse-Sedimente größerer Mächtigkeit südlich des morphologischen Alpenrandes unter den anstehenden Kalkalpen liegen oder ob der an der Erdoberfläche deutlich sichtbare morphologische Alpenrand annähernd saiger bis zum kristallinen Grundgebirge reicht. Da die Molasse-Sedimente eine wesentlich bessere Leitfähigkeit haben als die alpinen Gesteine, scheint die Magnetotellurik für diese Untersuchung geeignet.

Die Registrierung

In Abb. 1 ist die Lage der Registrierstationen im Meßgebiet zwischen Chiemsee und Reit im Winkl dargestellt. Eine Zusammenstellung der Stationen zeigt Tabelle 1.

An den Stationen FEL bis SEG des westlichen NS-Profiles sowie an den Stationen RAI, LDH, SLG (kurzes NE-SW Nebenprofil) wurde im Herbst 1971 registriert. Bei der Auswertung dieser Registrierungen zeigte sich, daß Effekte der oberflächennahen geologischen Strukturen (siehe letztes Kapitel) sowie Topographie-Effekte (vgl. hierzu den Artikel von M. BEBLO in diesem Protokoll) zu berücksichtigen sind. Aus diesem Grunde wurden im Frühjahr 1973 weitere Registrierungen an den Stationen BRG bis SEB des östlichen NS-Profiles sowie an den Stationen LAA bis RMB und KNO bis FAH der beiden kurzen Parallel-Profile durch-

geführt. Die Registrierungen dieser Stationen werden zur Zeit ausgewertet. Basis-Station (Registrierung des erdmagnetischen Feldes) des westlichen Profils ist UMO, diejenige des östlichen URS. An den übrigen Stationen wurden die Horizontalkomponenten des natürlichen (manchmal leider auch des künstlichen) erdelektrischen Feldes, weiterhin kurz als E-Feld bezeichnet, registriert. Während das westliche Profil etwa dem Tal der Tiroler Ache folgt, wurde das östliche Profil nach Möglichkeit außerhalb der größeren Talstrukturen angelegt.

Um die topographischen Verhältnisse zu verdeutlichen wurde der ungefähre Verlauf der 700 m Höhenlinie in die Abb. 1 eingezeichnet. Diese spiegelt den morphologischen Alpenrand sowie die wichtigsten Talstrukturen wieder. Insbesondere möchte ich auf die muldenförmige Struktur im Raum Kössen - Reit im Winkl, den Kössener Trog, hinweisen. In der Nähe von Kössen bzw. Schwendt gibt es zwei Tiefbohrungen, die eine Tiefe von fast 800 m erreichen und bis zu dieser Tiefe nur relativ gut leitende Sandsteine und Mergel, zum Teil Kohle führend, durchteuften (E.J. FRITZ 1971).

An den Stationen des westlichen Profils ist die Vorzugsrichtung des E-Feldes eingezeichnet. Qualitativ ergibt sich an den Stationen des östlichen Profils ein ähnliches Bild. Im Bereich der Molasse (Stationen FEL und WES) ist die Vorzugsrichtung annähernd EW, d. h. parallel zum Streichen des Molasse-Troges. Aber auch an den südlicheren Stationen bis zur Station HIW, die bereits in den Kalkalpen liegen (HIW liegt 10 km südlich des morphologischen Alpenrandes), ist die Vorzugsrichtung EW (Ausnahme: Station RAI). Bei den noch südlicheren Stationen dagegen ist die Vorzugsrichtung NS gerichtet (Ausnahme: Station RIW). Diese Ortsabhängigkeit deutet bereits darauf hin, daß Molasse-Sedimente bis ca. 10 km südlich des morphologischen Alpenrandes unter den Kalkalpen liegen. Die beiden Ausnahmen werden noch diskutiert.

Während die Vorzugsrichtung an allen Stationen außer RIW unabhängig von der Periode ist, ist die Vorzugsrichtung von RIW sowie die der ebenfalls im Kössener Trog liegenden Stationen KÖS und SWE, die M. BEBLO bearbeitet hat, deutlich von der Periode abhängig. Dies ist auf den Einfluß des Kössener Troges zurückzuführen.

### Die Auswertung

Aus den Registrierungen (Filmregistrierung beim E-Feld, analoge Bandregistrierung beim Magnetfeld) wurden geeignete Intervalle ausgewählt, digitalisiert und nach Fourier analysiert. Das Koord.-System des E-Feldes wurde in Richtung der minimalen Kohärenz gedreht (Kohärenz zwischen den beiden zueinander orthogonalen E-Feld Komponenten; die Richtung minimaler Kohärenz ist identisch mit der Vorzugsrichtung). Das Koord.-System des Magnetfeldes wurde in Richtung maximaler Kohärenz gedreht (Kohärenz zwischen je einer E-Feld und Magnetfeld Komponente). In diesen Koord.-Systemen wurden dann die  $\mathcal{P}_s$ -Kurven berechnet.

Abb. 2 zeigt als Beispiele die  $\mathcal{P}_s$ -Kurven der Stationen FEL, HIW und MAS. Die  $\mathcal{P}_{s''}$ -Kurven sind die  $\mathcal{P}_s$ -Kurven berechnet aus der E-Feld Komponente parallel zur Vorzugsrichtung, die  $\mathcal{P}_{s\perp}$ -Kurven sind aus der dazu senkrechten E-Feld Komponente berechnet.

Die starke Polarisierung des E-Feldes bei HIW und MAS, die in dem verschiedenen der  $\mathcal{P}_{s''}$ - und  $\mathcal{P}_{s\perp}$ -Kurve zum Ausdruck kommt, deutet auf eine 2-dimensionale Leitfähigkeits-Verteilung in der Nähe dieser Stationen hin. Andererseits zeigt sich an der Station FEL bei Perioden bis 70 sec keine deutliche Polarisierung des E-Feldes. Daraus folgt, daß man bezogen auf die Variationen mit kurzen Perioden an der Station FEL annähernd 1-dimensionale Leitfähigkeits-Verteilung annehmen darf. Bei Perioden größer 70 sec wird dagegen eine deutliche Polarisierung des E-Feldes beobachtet. Rechnet man die Eindringtiefe für  $T = 70$  sec bei

$g = 10 \Omega_m$  aus, so erhält man 14 km. Das ist gleich dem Abstand FEL - HIW. Geht man davon aus, daß die Erstreckung des Induktionsraumes ungefähr gleich der Eindringtiefe ist, so haben wir hiermit ein erneutes Indiz dafür vorliegen, daß Molasse-Sedimente bis 10 km südlich des morphologischen Alpenrandes unter den Kalkalpen liegen.

In Abb. 3 sind die  $g_s$ -Werte in Abhängigkeit vom Ort (x-Richtung) aufgetragen. Ausgangspunkt ist FEL. Die x-Richtung zeigt nach Süden. Bei GEI zweigt das Nebenprofil mit den Stationen RAI, LDH und SLG ab. Die Lage dieser Stationen wurde auf die x-Richtung projiziert. Links ist der Fall der H-Polarisation (horizontale E-Feld Komponente senkrecht zum Streichen des Alpen-Nordrandes), rechts der Fall der E-Polarisation (horizontale E-Feld komponente parallel zum Streichen des Alpen-Nordrandes) dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, daß am Alpen-Nordrand 2-dimensionale Leitfähigkeits-Verteilung vorliegt. Diese Annahme wird durch die Ortsabhängigkeit der Vorzugsrichtung bekräftigt.

Geht man von 2-dimensionaler Leitfähigkeits-Verteilung aus, so folgt aus der Bedingung, daß  $E_{||}$  an Grenzflächen, an denen sich die Leitfähigkeit ändert, stetig sein muß, daß die Kurve der E-Polarisation glatt sein muß. Dies ist mit Ausnahme der Stationen MAS, RAI und SLG erfüllt. Bei MAS ergibt sich ein um den Faktor 8 zu kleiner Wert, bei RAI und SLG ein zu großer. Diese Abweichungen können durch Auswirkungen oberflächennaher Strukturen auf das E-Feld erklärt werden.

Die Station MAS liegt in einem kleinen, fast runden Talkessel mit ca. 200 m Durchmesser, welcher von Hauptdolomit umgeben ist. In diesem Talkessel befinden sich wahrscheinlich Sedimente eines früheren, verlandeten Sees (jetzige Oberfläche: moorige Wiese). Diese lokalen, gut leitenden Sedimente geringer lateraler Ausdehnung in schlecht leitender Umgebung bewirken eine Verkleinerung des E-Feldes. Umgekehrt ist die Situation bei RAI und SLG. Beide Stationen

liegen auf kleinen schlecht leitenden Gesteinseinheiten, die von den gut leitenden Talsedimenten der Tiroler Ache umgeben sind. Dies führt zu einer Vergrößerung des E-Feldes.

Da  $E_1$  an Grenzflächen, an denen sich die Leitfähigkeit ändert, unstetig ist, ist auch die Kurve der H-Polarisation in Gebieten mit lateraler Änderung der Leitfähigkeit unstetig, wie an der dargestellten Kurve beobachtet werden kann. An den nördlichen Stationen FEL bis HIW sind die  $S_s$ -Werte klein und zeigen deutliche Perioden-Abhängigkeit. Bei den Stationen südlich von HIW dagegen verschwindet diese Perioden-Abhängigkeit und die  $S_s$ -Werte steigen stark an. Die Abnahme von  $S_s$  an der Station RIW wird durch den Kössener Trog bewirkt. Da der Kössener Trog eine EW streichende Struktur ist, macht sich sein Einfluß auf die  $S_s$ -Werte nur im Fall der H-Polarisation deutlich bemerkbar. Die beschriebene Ortsabhängigkeit der  $S_s$ -Werte im Fall der H-Polarisation ist ein wichtiger Hinweis dafür, daß gut leitfähige Molasse-Sedimente ähnlicher Mächtigkeit wie im Alpenvorland bis ungefähr zur Station HIW unter den Kalkalpen liegen.

Zu den in Abb. 3 dargestellten Kurven wurden 2-dimensionale Modellrechnungen durchgeführt. Näheres über die Methode findet sich in dem Artikel von V. HAAK in diesem Protokoll. Dazu wurde ausgehend von den beschriebenen Teilergebnissen unter Hinzunahme weiterer Information ein erstes (initial guess) Modell zusammengestellt. Dieses wurde dann solange variiert, bis eine ungefähre Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten  $S_s$ -Werten erzielt wurde. Das resultierende Modell soll als ein mögliches Modell vorgestellt werden.

Dieses Modell ist in der unteren Bildhälfte der Abb. 4 dargestellt. Darüber befindet sich ein schematischer geographischer Querschnitt entlang des Profiles. In der oberen Bildhälfte sind die für die Periode 50 sec für die H-Polarisation berechnete Modellkurve sowie die gemessenen  $S_s$ -

Werte dargestellt. Die durch  $\times$  gekennzeichneten Werte wurden an den Stationen FEL bis SEG des Hauptprofils, die durch  $\bullet$  gekennzeichneten an den Stationen RAI, LDH und SLG des Nebenprofils gemessen. Vergrößert man den Wert von MAS um den Faktor 8, was eine Elimination des Oberflächen-Effektes bedeutet, so erhält man den durch  $\times$  gekennzeichneten Wert.

Im nördlichen Teil des Modells befindet sich die Molasse mit einem spezifischen Widerstand von 10 bzw. 5  $\Omega$  m. Sie hat eine maximale Mächtigkeit von 7 km und wird nach Norden zu flacher (BERKTOLD 1969). Nach Süden schließt sich die kalkalpine Zone an die Molasse an. Diese hat einen pauschalen spez. Widerstand von 500  $\Omega$  m, in der Natur gibt es aber innerhalb dieser Zone Gesteinseinheiten mit sehr unterschiedlicher Leitfähigkeit. Wesentlich ist, daß bis 10 km südlich des morphologischen Alpenrandes Molasse-Sedimente ähnlicher Mächtigkeit wie im Alpenvorland vorkommen, welche von relativ gering mächtigem Kalkalpin überlagert sind.

Um die Unstetigkeit der gemessenen Kurve der H-Polarisation im Modell wiedergeben zu können, wurden Talsedimente größerer Mächtigkeit der geologischen Karte entsprechend in das Modell übernommen. Diese Talsedimente sind durch b gekennzeichnet. Aus rechentechnischen Gründen haben sie eine konstante Mächtigkeit von 500 m. Ihr spez. Widerstand wurde mit 10  $\Omega$  m angenommen. Mit a ist ein im Bereich der Molasse liegender Härtling aus gefalteter Molasse bezeichnet. Für ihn wurde ein spez. Widerstand von 100  $\Omega$  m angenommen. Dieser größere Widerstand wurde aus der leichten Drehung der Vorzugsrichtung an der Station WES, die in unmittelbarer Nähe dieses Härtlings liegt, abgeleitet.

Unterhalb der Molasse bzw. der kalkalpinen Zone liegt ein schlechter Leiter mit 3000  $\Omega$  m, der das kristalline Grundgebirge repräsentieren könnte.

Aus der Refraktionsseismik ist bekannt, daß es im vor-

liegenden Meßgebiet in ca. 10 km Tiefe eine Zone mit verringerter Geschwindigkeit der Longitudinal-Welle gibt (ANGENHEISTER et al. 1972). Diese Zone verringerter Geschwindigkeit der Longitudinal-Welle wurde als guter Leiter in das Modell übernommen. Sein spez. Widerstand beträgt  $10 \Omega \text{ m}$ . Er taucht nach Süden unter die Alpen ab und wird dabei mächtiger. Wenn man das Modell ohne diesen guten Leiter berechnet, dann ergeben sich wesentlich zu große  $\mathcal{G}_s$ -Werte. Daß hier eine Zone verringerter Geschwindigkeit der Longitudinal-Welle mit einer Zone erhöhter elektrischer Leitfähigkeit gleich gesetzt wird, ist ein Versuch, aber wahrscheinlich nicht die einzige Möglichkeit die  $\mathcal{G}_s$ -Werte des Modells den gemessenen anzupassen. F. THYSSEN hat in einem Diskussionsbeitrag die Möglichkeit der Existenz eines derartig guten Leiters in einer solchen Tiefe stark angezweifelt.

Unterhalb dieser gut leitenden Zone setzt sich bis zu einer Tiefe von 100 km der schlechte Leiter mit  $3000 \Omega \text{ m}$  fort. Darunter folgt wieder ein guter Leiter mit  $15 \Omega \text{ m}$ . Die Existenz dieses guten Leiters folgt aus der Periodenabhängigkeit der  $\mathcal{G}_s$ -Kurven.

Das beschriebene Modell zeigt deutlich, daß selbst kleinräumige, oberflächennahe Strukturen mit lateraler Änderung der Leitfähigkeit starken Einfluß auf das E-Feld und damit auch auf die  $\mathcal{G}_s$ -Werte haben. Wesentlich geringer dagegen ist der Einfluß solcher Strukturen auf die Phasenlage zwischen E-Feld und Magnetfeld. Um die durch die Oberflächen-Effekte bedingte enorme Vieldeutigkeit der Modellrechnung zu verringern, ist eine Berücksichtigung der Phasenkurven unerlässlich. Aus registrier-technischen Gründen konnten bei dem besprochenen Profil keine brauchbaren Phasenkurven gewonnen werden. Daher wird die Modellrechnung zunächst auf diesem Stand belassen. Sie wird weitergeführt, wenn die Stationen des östlichen Profiles ausgewertet sind. Auch können dann auf Grund der flächenhaften Stations-Anordnung die reinen Oberflächen-Effekte leichter eliminiert werden.

Mit  $\rho_s$  und Phasen als Funktion der Periode kann man durch ein Inversions-Verfahren, das von SCHMUCKER begründete  $\rho^*(z^*)$ -Verfahren, direkt eine Annäherung an die wahre Widerstands-Tiefen-Verteilung berechnen. Das Verfahren wurde angewandt, obwohl es nur im Fall der ebenen Schichtung gültig ist. Die gemessenen Phasenkurven wurden zuvor geglättet. Das Ergebnis zeigt Abb. 5. Eingezeichnet sind die Linien mit konstantem  $\rho^*$  in Abhängigkeit von  $x$  (Profilentfernung) und  $z^*$  (Schwerpunktstiefe des induzierten Stromsystems). Links oben im Bild zeichnet sich durch die Linien kleiner  $\rho^*$ -Werte der Molasse-Trog ab. Bei HIW ergibt sich eine Unstetigkeitsstelle und rechts davon tauchen die Linien größerer  $\rho^*$ -Werte auf. Dieses Bild zeigt nochmals anschaulich, daß nicht beim morphologischen Alpenrand (zwischen WES und VIE) sondern 10 km südlich bei HIW starke laterale Änderungen der Leitfähigkeit angenommen werden müssen.

Wir erhalten auch hier wieder das Resultat, daß sich die Molasse-Sedimente mit ähnlicher Mächtigkeit wie im Alpenvorland bis 10 km nach Süden unter die Kalkalpen hinein erstrecken. Genauere Angaben über die Art des Auskeilens nach Süden können wegen der stark störenden Oberflächen-Effekte derzeit noch nicht gemacht werden. Dieses Ergebnis steht übrigens in Einklang mit Ergebnissen der Refraktions-Seismik (WILL, M.: Persönliche Mitteilung).

#### Der Einfluß von oberflächennahen Strukturen

Der Einfluß der oberflächennahen Strukturen mit lateraler Änderung der Leitfähigkeit wird an Hand der beiden folgenden Abbildungen verdeutlicht. Abb. 6 zeigt die E-Feld Amplituden in Abhängigkeit vom Ort an zwei kurzen Profilen (vgl. Abb. 1) in Einheiten von mV/50m für 3 Einzeleffekte. Darunter sind (absichtlich ohne Tiefenmaßstab) die der Oberfläche nahen geologischen Strukturen dargestellt. Beide Profile sind im etwas tieferen Untergrund ähnlich: besser leitende mergelige Kalke gehen in sehr

schlecht leitenden Wettersteinkalk über (vgl. Abb. 8). Direkt an der Erdoberfläche dagegen unterscheiden sich die beiden Profile. Bei Profil 7A (oben) folgt auf Moor mit darunter liegenden Seesedimenten (das ergibt sich aus neueren Schlumberger-Messungen) nach Süden Hangschutt aus Wettersteinkalk. An der Übergangsstelle vom Moor und den Seesedimenten zum Hangschutt steigt die NS-Komponente des E-Feldes stark an. Der Abstand RMD - RMB beträgt nur 350 m. Bei Profil 7B (unten) ist die Oberfläche dagegen einheitlich. Dort befinden sich Hangschutt (hauptsächlich aus Dolomit bestehend) und glaziale Schotter, die eine ähnliche Leitfähigkeit besitzen. Hier ergeben sich entlang des Profiles nur geringe Änderungen der E-Feld Amplitude. Das E-Feld spricht also wesentlich stärker auf den Leitfähigkeitskontrast Moor + Sedimente - Wettersteinkalkgeröll an der Oberfläche an als auf den tieferliegenden Kontrast mergelige Kalke - Wettersteinkalk, obwohl das Verhältnis der Leitfähigkeiten in beiden Fällen ungefähr gleich ist.

Um die oberflächennahen Leitfähigkeitskontraste besser zu kennen, wurden an den Stationen der beiden Profile Schlumberger Messungen durchgeführt. In Abb. 7 sind für verschiedene Elektrodenabstände  $L/2$  die gemessenen scheinbaren spez. Widerstände eingezeichnet (linke Skala). Ebenfalls eingezeichnet sind die an den Stationen gemessenen E-Feld Amplituden eines Effektes der Abb. 6 (rechte Skala; jetzt logarithmischer Maßstab). Man sieht, daß die größte Übereinstimmung zwischen E-Feld Amplitude und Schlumberger Werten für  $L/2 = 200$  m besteht. Das entspricht einem Tiefenbereich in der Größenordnung von 100 m. Für die kleineren Schlumberger-Auslagen dagegen ergibt sich keine Übereinstimmung mit den E-Feld Amplituden. Das zeigt, daß nicht gerade die Grasnarbe, wohl aber die der Oberfläche nahen geologischen Strukturen, wie z. B. Talsedimente, verlandete kleine Seen oder auch Moränen, einen starken Einfluß auf das E-Feld haben. Bedingung ist aber, daß ihre laterale Ausdehnung gering ist, da sonst wegen der Stetigkeitsbedingungen die Feld-Differenzen abgebaut werden.

Um einen Überblick über die im Meßgebiet vorkommenden Leitfähigkeiten der Gesteine zu erhalten, wurden in einigen für das Meßgebiet typischen Gesteinseinheiten, wo diese unmittelbar anstehen, Schlumberger Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in einer Tabelle, die in Abb. 8 dargestellt ist, zusammengefasst. Im linken Abschnitt der Tabelle (Molasse und Kalkalpen) sind die Werte des vorliegenden Meßgebietes enthalten, in den beiden anderen die Werte des südlich davon liegenden Meßgebietes, das M. BEBLO auswertet. Im vorliegenden Meßgebiet existieren laut Abb. 8 sehr große Leitfähigkeitskontraste. Die Werte reichen von 20 bis 10 000  $\Omega\text{m}$ . Derartig starke Leitfähigkeitskontraste nahe der Erdoberfläche haben, wie besprochen, starken Einfluß auf die  $\rho_s$ -Kurven, können aber wegen ihrer Kleinräumigkeit in der Modellrechnung nicht genügend berücksichtigt werden. Daher wird auf eine Elimination dieser Oberflächen-Effekte hingearbeitet.

Literatur

- ANGENHEISTER, G., H. BÖGEL, H. GEBRANDE, P. GIESE, P. SCHMIDT-THOMÉ, W. ZEIL: Recent investigations of surficial and deeper crustal structures of the Eastern and Southern Alps. Geol. Rundschau 61, S. 349-395, 1972
- BEBLO, M.: Ein neuer Elektrograph zur Registrierung der natürlichen Variationen des induzierten erdelektrischen Feldes. Diplomarbeit am Institut für angewandte Geophysik der Universität München, 1971
- BERKTOLD, A.: Tiefensondierung mit Hilfe erdmagnetischer und erdelektrischer Variationen längs eines Profiles vom Oberpfälzer Wald durch das nördliche Alpenvorland bis zu den Kitzbüheler Alpen. Dissertation Naturw. Fak. Univ. München, 1969
- FRITZ, E.J.: Die Kohlevorkommen Tirols. Sonderdruck aus den Veröffentlichungen des Museum Ferdinandeum 51, 1971
- GREINWALD, S.: Ein Gerät zur Registrierung von Variationen des magnetischen und elektrischen Feldes und die Bearbeitung der damit gewonnenen Messwerte, demonstriert an zwei Stationen aus der Afarsenke. Dissertation Fak. f. Geowissenschaften Univ. München, 1972
- HAAK, V.: Magnetotellurik: Bestimmung der Übertragungsfunktionen in Gebieten mit lateraler Änderung der elektrischen Leitfähigkeit. Zeitschrift für Geophysik 38, S. 85-102, 1972
- HIBBS, R.D., F.W. JONES: Apparent resistivity calculations for laterally inhomogeneous structures. Phys. Earth Planet. Interiors 5, S. 184-189, 1972
- KEMMERLE, K.: Magnetotellurik am Nordrand der Bayerischen Alpen entlang eines Profiles vom Chiemsee bis Reit im

Winkl. Diplomarbeit am Institut für angewandte Geophysik der Universität München, 1973

SCHMUCKER, U.: Zwei neue Verfahren zur Bestimmung des erd-elektrischen Widerstandes als Funktion der Tiefe aus erdmagnetischen und erdelektrischen Beobachtungen.

Protokoll Koll. Erdmagn. Tiefensondierung Reinhausen, 1969

8240	URT	45 34 190	52 34 280	52 34 280
8241	HIV	45 34 200	52 34 290	52 34 290
8242	MAS	45 34 205	52 34 295	52 34 295
8243	RIV	45 34 208	52 34 300	52 34 300
8244	URS	45 34 210	52 34 305	52 34 305
8245	URT	45 34 215	52 34 310	52 34 310
8246	HIV	45 34 220	52 34 315	52 34 315
8247	MAS	45 34 225	52 34 320	52 34 320
8248	RIV	45 34 230	52 34 325	52 34 325
8249	URS	45 34 235	52 34 330	52 34 330
8250	URT	45 34 240	52 34 335	52 34 335
8251	HIV	45 34 245	52 34 340	52 34 340
8252	MAS	45 34 250	52 34 345	52 34 345
8253	RIV	45 34 255	52 34 350	52 34 350
8254	URS	45 34 260	52 34 355	52 34 355
8255	URT	45 34 265	52 34 360	52 34 360
8256	HIV	45 34 270	52 34 365	52 34 365
8257	MAS	45 34 275	52 34 370	52 34 370
8258	RIV	45 34 280	52 34 375	52 34 375
8259	URS	45 34 285	52 34 380	52 34 380
8260	URT	45 34 290	52 34 385	52 34 385
8261	HIV	45 34 295	52 34 390	52 34 390
8262	MAS	45 34 300	52 34 395	52 34 395
8263	RIV	45 34 305	52 34 400	52 34 400
8264	URS	45 34 310	52 34 405	52 34 405
8265	URT	45 34 315	52 34 410	52 34 410
8266	HIV	45 34 320	52 34 415	52 34 415
8267	MAS	45 34 325	52 34 420	52 34 420
8268	RIV	45 34 330	52 34 425	52 34 425
8269	URS	45 34 335	52 34 430	52 34 430
8270	URT	45 34 340	52 34 435	52 34 435
8271	HIV	45 34 345	52 34 440	52 34 440
8272	MAS	45 34 350	52 34 445	52 34 445
8273	RIV	45 34 355	52 34 450	52 34 450
8274	URS	45 34 360	52 34 455	52 34 455
8275	URT	45 34 365	52 34 460	52 34 460
8276	HIV	45 34 370	52 34 465	52 34 465
8277	MAS	45 34 375	52 34 470	52 34 470
8278	RIV	45 34 380	52 34 475	52 34 475
8279	URS	45 34 385	52 34 480	52 34 480
8280	URT	45 34 390	52 34 485	52 34 485
8281	HIV	45 34 395	52 34 490	52 34 490
8282	MAS	45 34 400	52 34 495	52 34 495
8283	RIV	45 34 405	52 34 500	52 34 500
8284	URS	45 34 410	52 34 505	52 34 505
8285	URT	45 34 415	52 34 510	52 34 510
8286	HIV	45 34 420	52 34 515	52 34 515
8287	MAS	45 34 425	52 34 520	52 34 520
8288	RIV	45 34 430	52 34 525	52 34 525
8289	URS	45 34 435	52 34 530	52 34 530
8290	URT	45 34 440	52 34 535	52 34 535
8291	HIV	45 34 445	52 34 540	52 34 540
8292	MAS	45 34 450	52 34 545	52 34 545
8293	RIV	45 34 455	52 34 550	52 34 550
8294	URS	45 34 460	52 34 555	52 34 555
8295	URT	45 34 465	52 34 560	52 34 560
8296	HIV	45 34 470	52 34 565	52 34 565
8297	MAS	45 34 475	52 34 570	52 34 570
8298	RIV	45 34 480	52 34 575	52 34 575
8299	URS	45 34 485	52 34 580	52 34 580
8300	URT	45 34 490	52 34 585	52 34 585

Stationsname	Ab- kürzung	Koordinaten		Höhe üb.		Meßtisch- blatt-Nr.
		Rechtswert	Hochwert	NN in m		
Feldwies	FEL	45 32 990	52 99 280	520		8140
Wessen	WES	45 33 380	52 96 935	533		8140
Untermoosbach (Basisstation)	UMO	45 34 325	52 94 780	530		8240
Viehhausen	VIE	45 34 463	52 94 780	538		8240
Geisenhausen	GEI	45 34 190	52 89 785	545		8240
Hinterwössen	HIW	45 34 400	52 85 580	680		8240
Masereralm	MAS	45 36 605	52 83 420	779		8340
Reit im Winkl	RIW	45 33 895	52 81 940	755		8340
Seegatterl	SEG	45 38 285	52 80 440	735		8341
Raiten	RAI	45 32 820	52 88 615	557		8240
Landerhausen	LDH	45 30 750	52 87 050	568		8240
Schleching	SIG	45 28 800	52 84 875	610		8240
Bergen	BRG	45 42 450	52 96 120	540		8141
Steinbergalm	SBA	45 44 120	52 92 590	1030		8241
Urschlau (Basisstation)	URS H	45 43 655	52 88 005	767		8241
Urschlau	URS E	45 43 990	52 88 035	750		8241
Weitsee	WEI	45 42 965	52 82 820	865		8341
Winkelmoosalm	WMA	45 44 230	52 80 115	1150		8341
Scheibelberg	SEB	45 43 060	52 78 360	1120		8341
Längauer Alm	LAA	45 41 445	52 87 780	910		8241
Röthelmoos A	RMA	45 41 540	52 86 050	875		8241
Röthelmoos C	RMC	45 41 620	52 85 560	875		8241
Röthelmoos D	RMD	45 41 720	52 85 165	880		8241
Röthelmoos B	RMB	45 41 020	52 84 850	880		8241
Knogl	KNO	45 49 855	52 89 460	680		8241
Laubau	LAU	45 49 560	52 87 330	697		8241
Fuchswiese	FUW	45 49 255	52 86 315	718		8241
Fahsteigenbach	FAH	45 49 410	52 85 200	730		8241

Tabelle 1: Liste der Registrier-Stationen

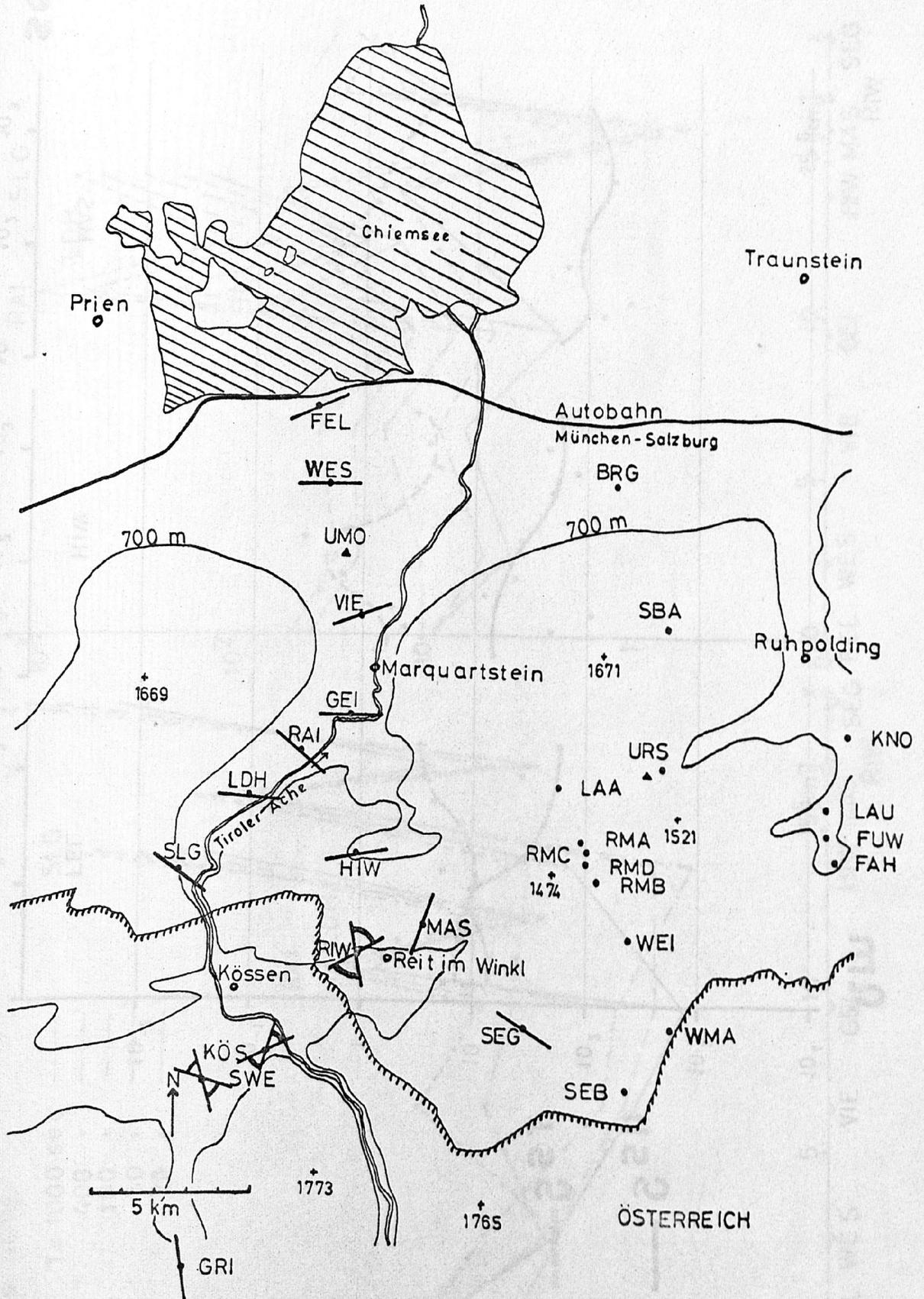


Fig. 1: Die Registrierstationen

Fig. 2: Beispiele von  $S_g$ -Kurven

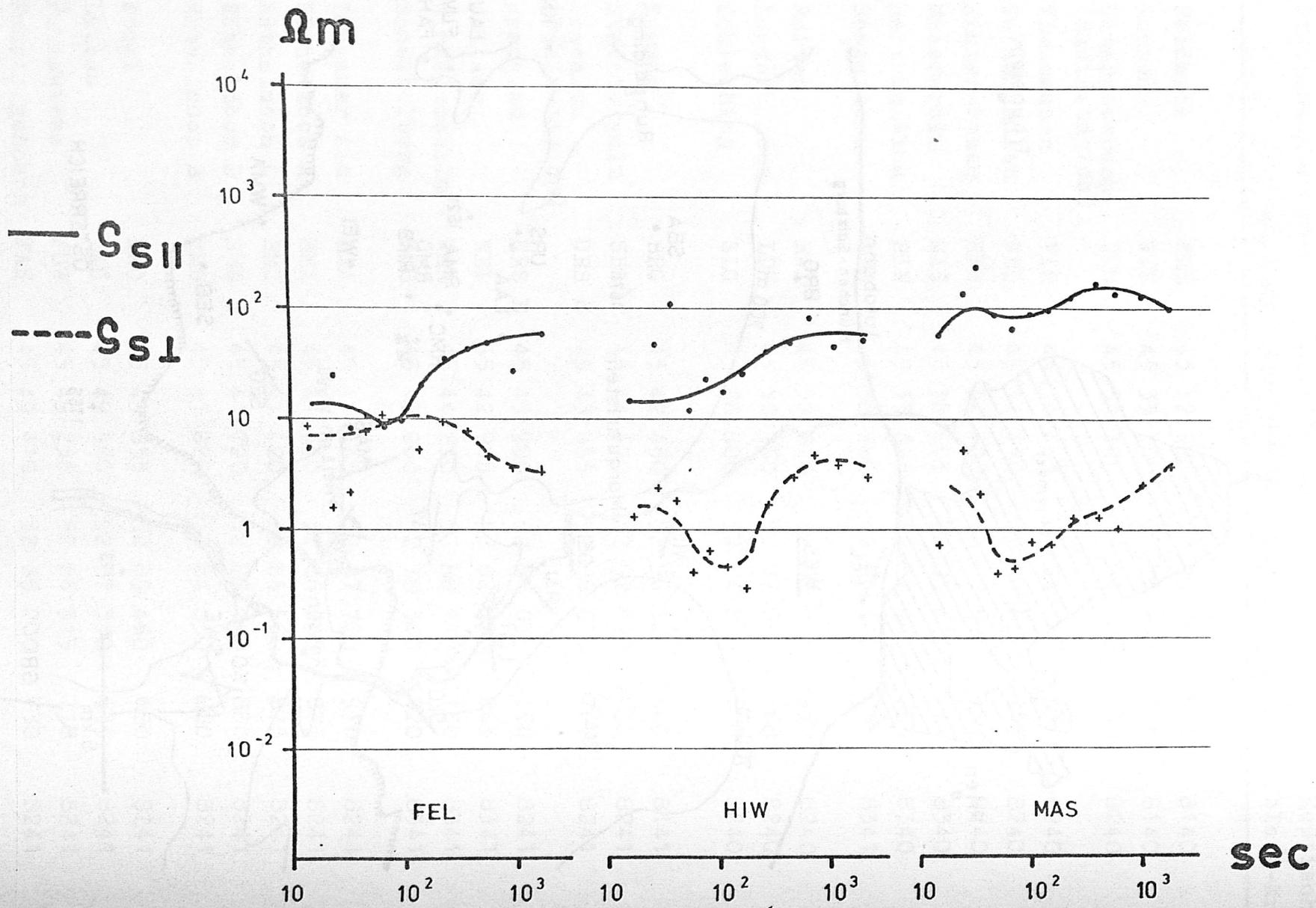
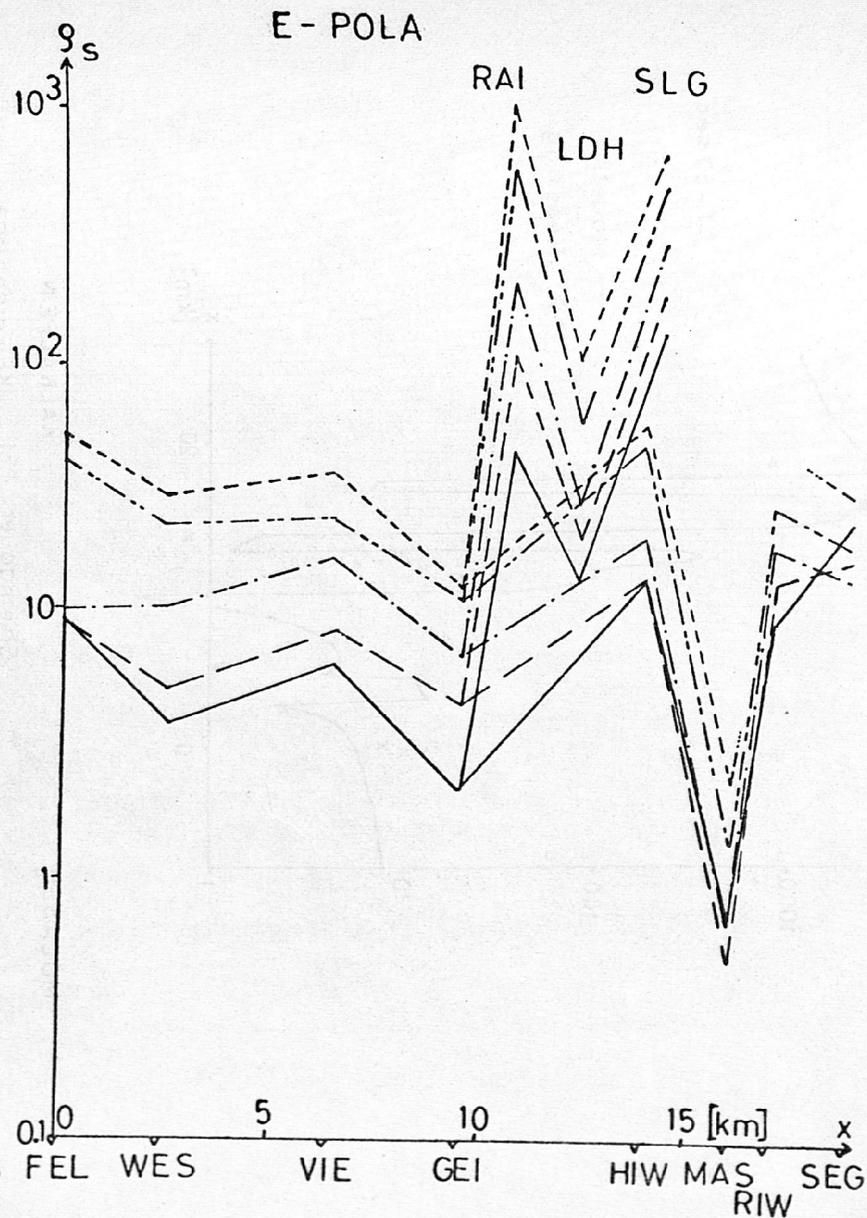
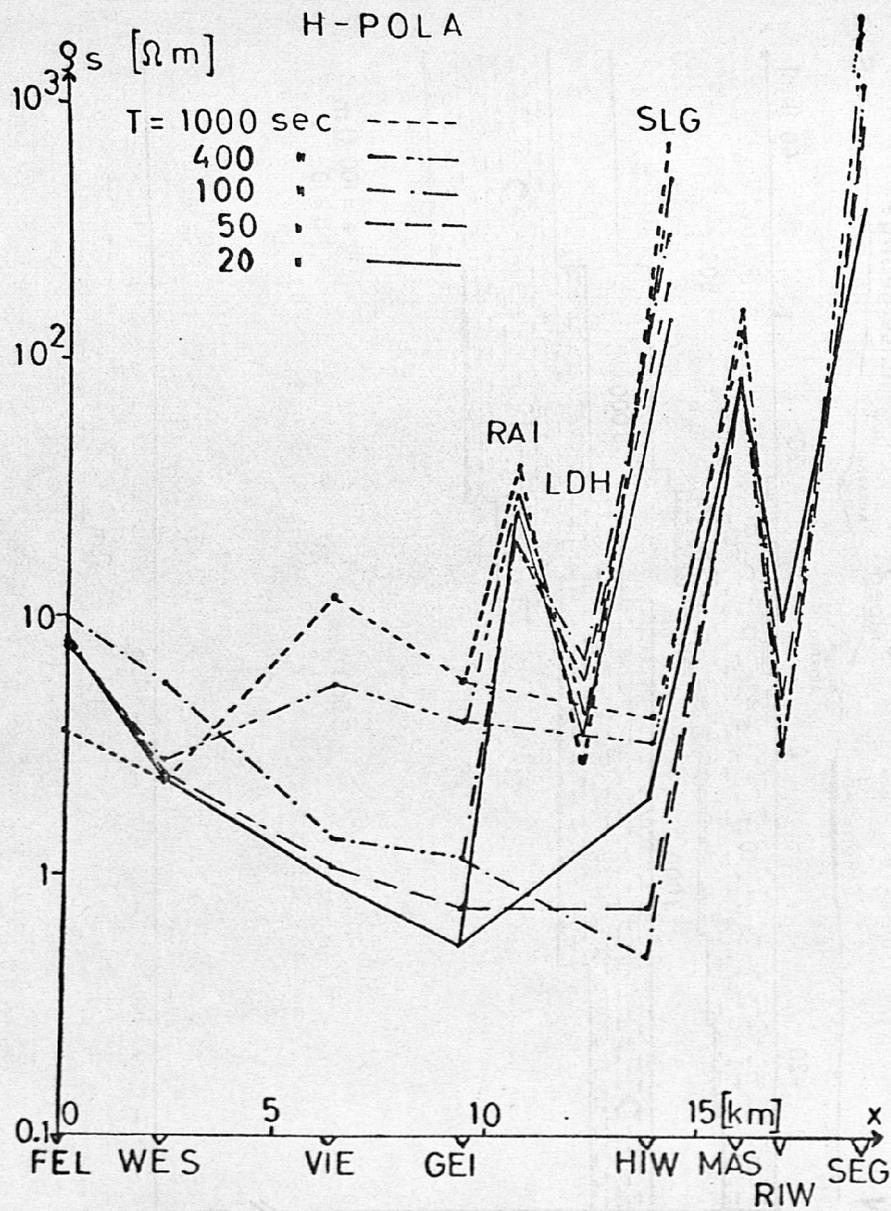


Fig. 3: H-Polarisation und E-Polarisation



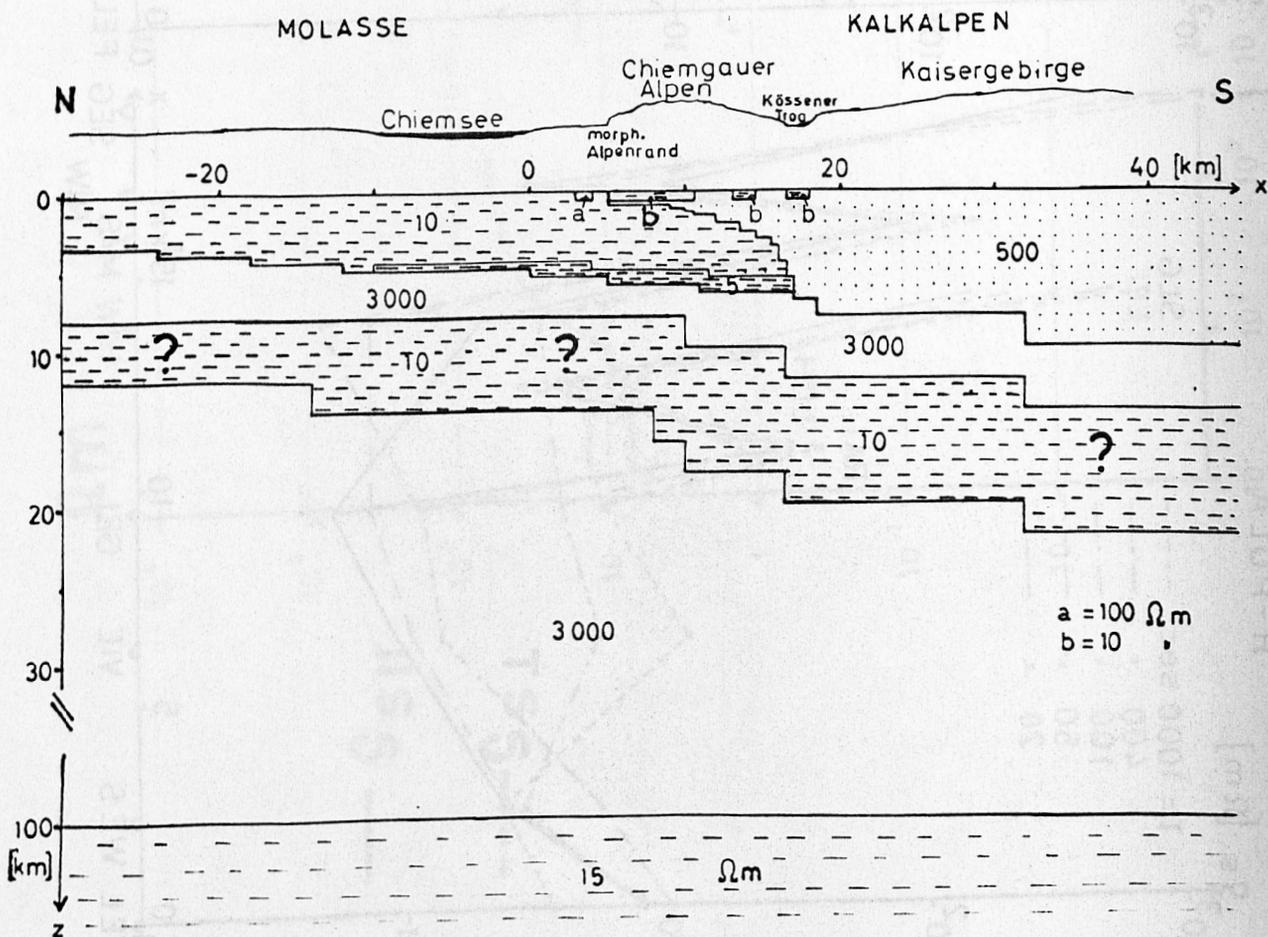
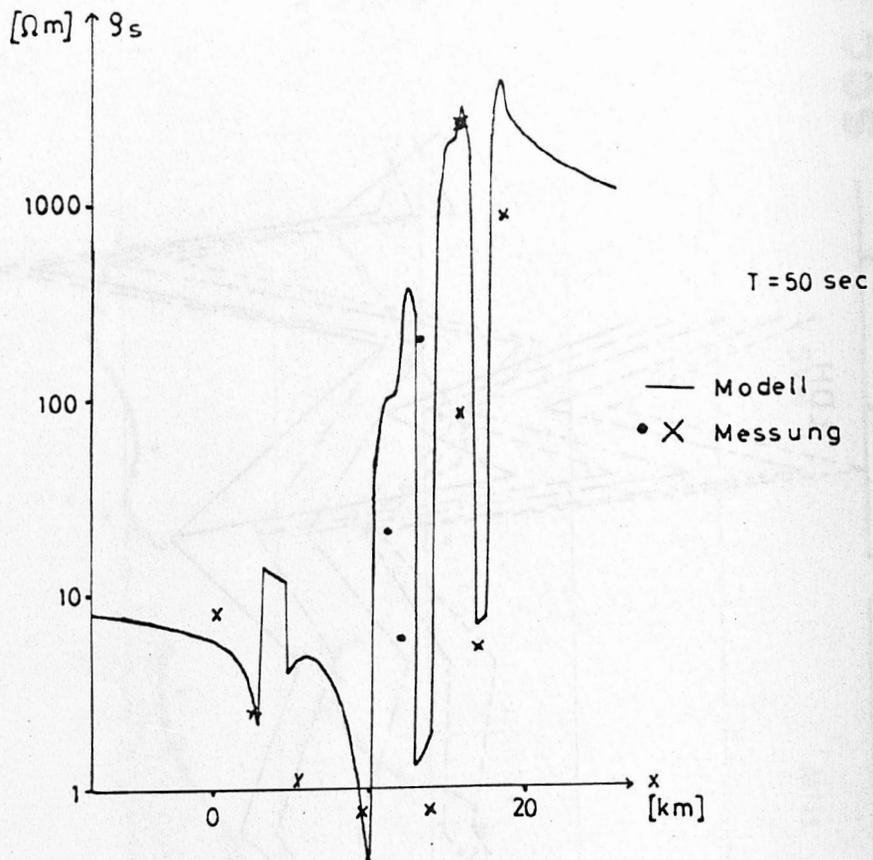
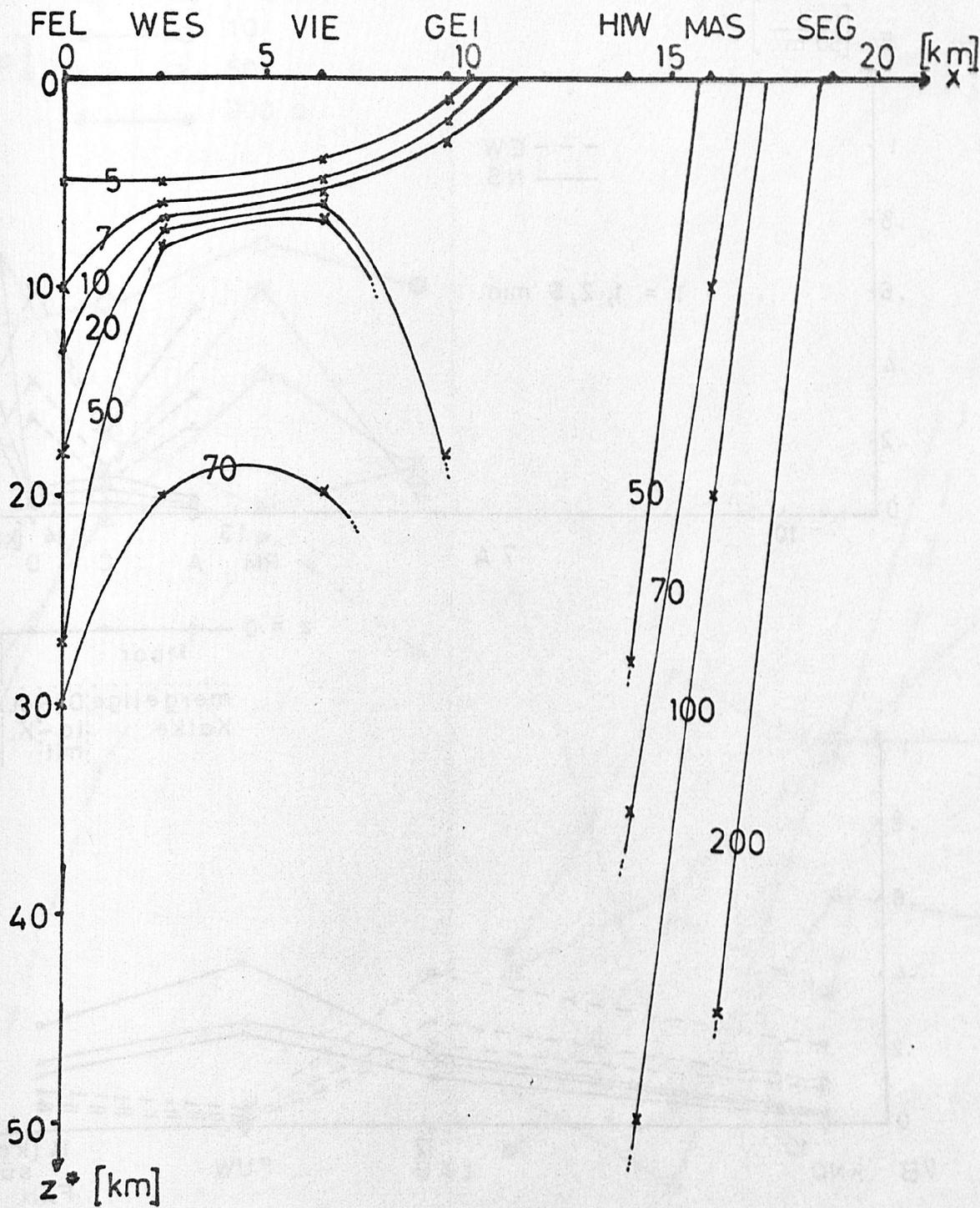


Fig. 4: Modell



Parameter:  $g^*$  [ $\Omega m$ ]

Fig. 5: Linien mit konstantem  $g^*$

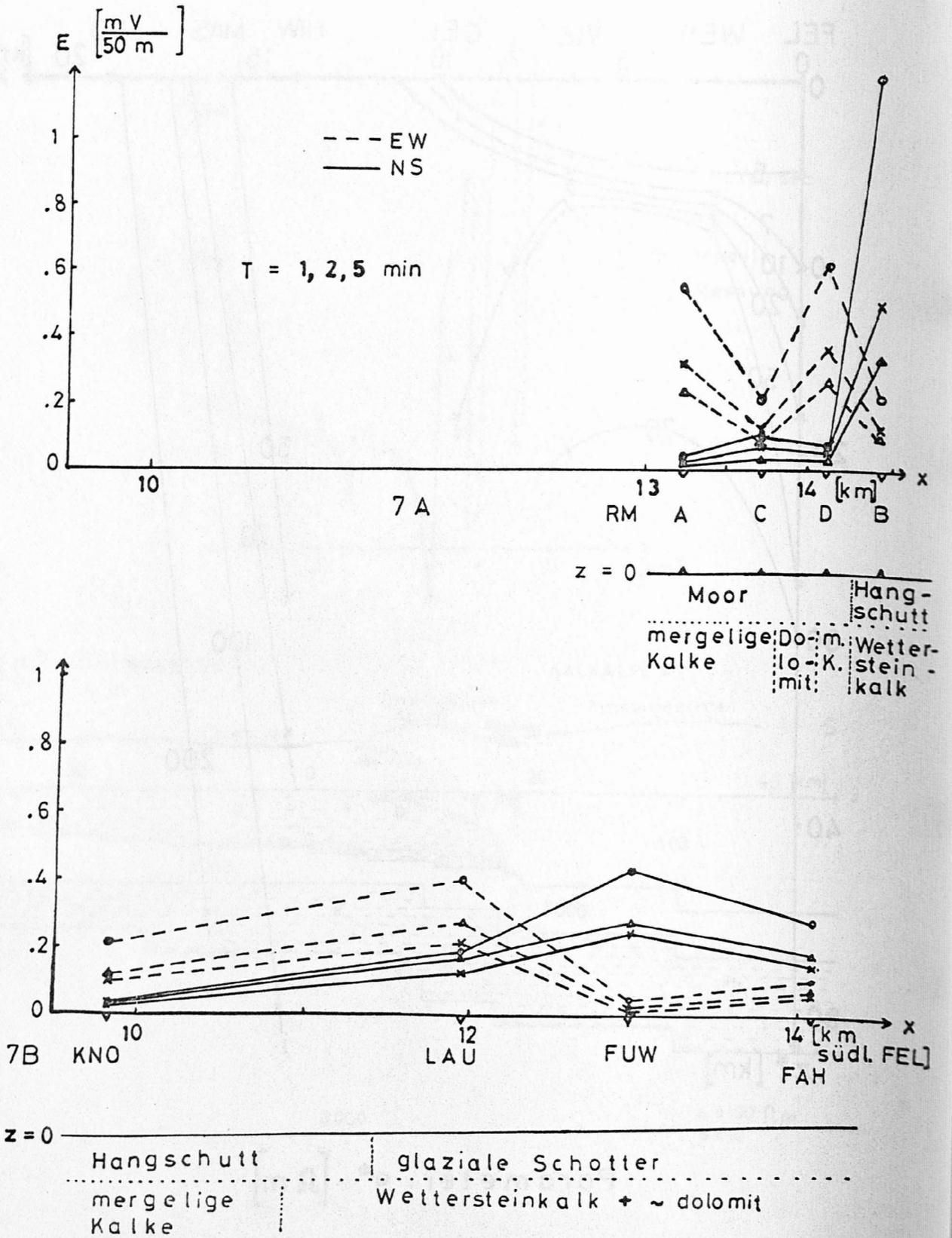


Fig. 6: E-Feld Amplituden und oberflächennahe geologische Strukturen

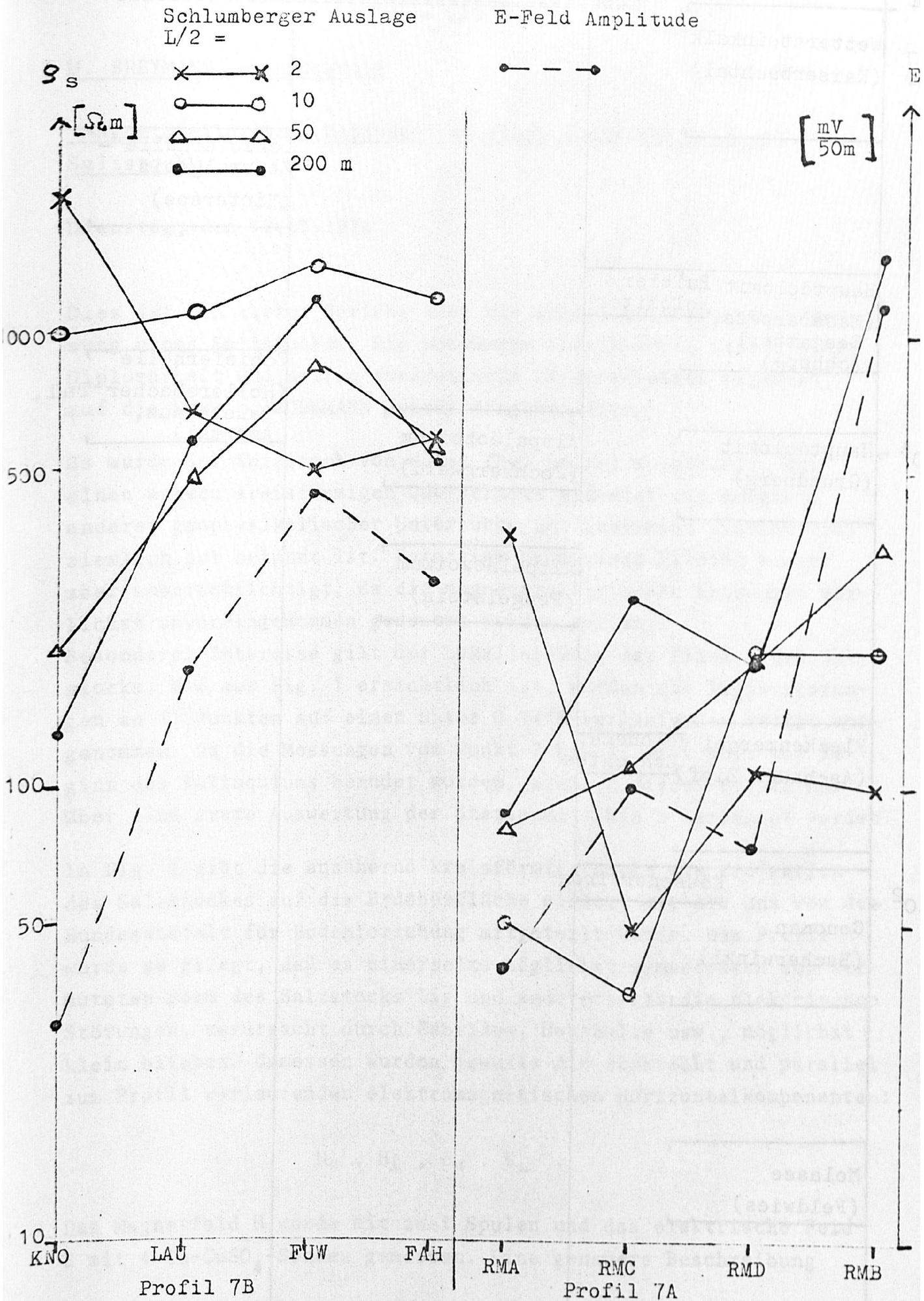


Fig. 7:  $\rho_s$ -Werte nach Schlumberger und E-Feld Amplitude

Spezifischer Widerstand nach Schlumberger

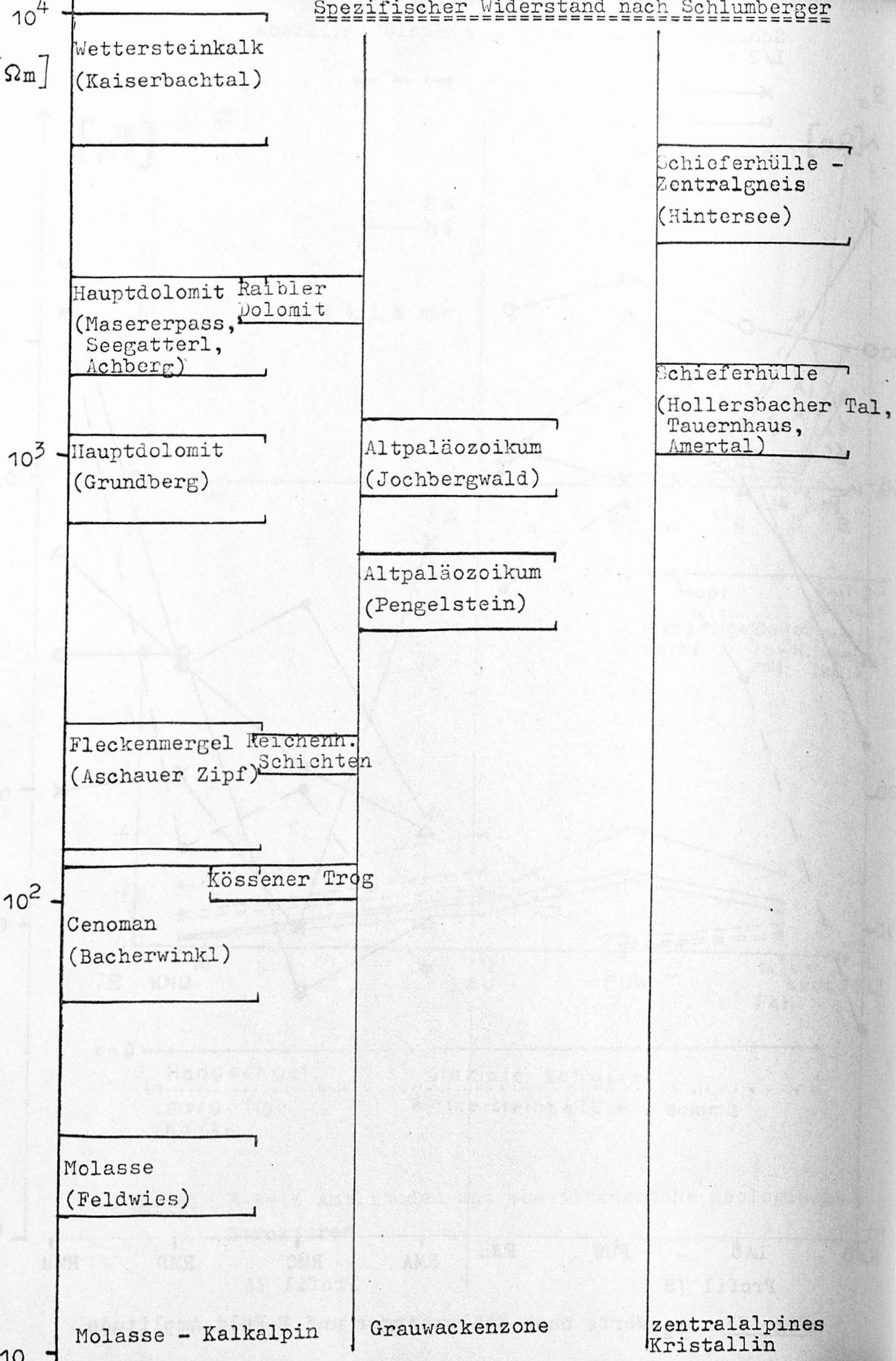


Fig. 8. Tabelle der vorkommenden spezifischen Widerstände