

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
B 3.12

Stilleweg 2
3000 Hannover 51

Testmessungen in Vorbohrungen an KTB-Lokationen Schwarzwald und Oberpfalz



Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung.....	405
1. Einleitung.....	405
2. Zeitraum der Meßkampagnen und vermessene Bohrungen.....	405
3. Instrumentelle Ausrüstung.....	406
4. Beschreibung des Meß- und Interpretationsverfahrens.....	407
4.1 Datenerfassung.....	407
4.2 Korrektur der Meßdaten.....	407
4.3 Graphische Darstellung der Ergebnisse.....	407
4.4 Interpretation der Meßdaten.....	408
5. Ergebnisse der Messungen im Schwarzwald.....	408
5.1 Bohrung Schön matt.....	408
5.2 Tiefensondierung im Kinzigtal.....	409
6. Ergebnisse der Messungen in der Oberpfalz....	410
6.1 Bohrungen Falkenberg.....	410
6.2 Bohrung Griesbach.....	411
6.3 Bohrung Wastlmühle.....	411
7. Schlußfolgerungen.....	411
7.1 Deutung der Widerstandswerte.....	411
7.2 Deutung des Amplitudenabfalls mit der Teufe..	412
8. Literaturverzeichnis.....	413
9. Anlagen.....	415



Zusammenfassung

Gegenstand dieses Berichtes sind TEM-Messungen in den Geothermievorbohrungen und den Bohrungen Falkenberg, die von der BGR im Rahmen eines vom BMFT geförderten Forschungsvorhabens durchgeführt wurden.

Die in den nur relativ kurzen Bohrlöchern vorgenommenen Messungen ergaben keine deutlichen, durch lokale Leitfähigkeitserhöhungen hervorgerufenen Anomalien. Zum Vergleich werden aus einem früheren BMFT-Projekt Messungen in der Bohrung "Wastlmühle" gezeigt, die zwei Graphitlagen durchörtert. Sie demonstriert die Möglichkeiten des TEM-Verfahrens, Zonen hoher Leitfähigkeit zu erkennen. Des Weiteren zeigt sich, daß die eingesetzte Sonde für die angetroffenen sehr hohen Gesteinswiderstände nicht geeignet ist.

1. Einleitung

Dieses Forschungsprojekt hatte die Zielsetzung, den Einsatz von transient-elektromagnetischen (= TEM)-Verfahren im Bohrloch zu testen. Dazu standen im Bereich beider KTB-Lokationen Schwarzwald und Oberpfalz die Geothermie-Bohrungen zur Verfügung. Durch ihre beschränkte Tiefe von maximal 300 m erlauben sie leider nur eine sehr schlechte Beurteilung der in größeren Tiefen auftretenden Effekte. Vor allem waren im Bereich der Geothermievorbohrungen keine stärkeren vertikalen oder horizontalen Widerstandsanomalien zu erwarten, die zu deutlich erkennbaren Anomalien hätten führen können. Trotzdem wurden die Messungen durchgeführt, um Vorstellungen von den Meßeffekten in Kristallingebieten zu erhalten. In der Oberpfalz standen zusätzlich die Bohrungen im Frac-Testgebiet Falkenberg zur Verfügung. Von diesen Bohrungen mit bis zu 500 m Teufe wurden zusätzliche Informationen erwartet.

2. Zeitraum der Meßkampagnen und vermessene Bohrungen

Die Geländearbeiten für dieses Projekt wurden im Herbst und Winter 1986 ausgeführt, wobei der letztere durch seinen Schneereichtum die Arbeiten deutlich behinderte.

Folgende Bohrungen konnten vermessen werden:

- im Schwarzwald:
Bohrung Schön matt
- in der Oberpfalz:
Bohrung HB 4 a/Falkenberg
Bohrung P 88/Falkenberg
Bohrung Griesbach

3. Instrumentelle Ausrüstung

Die folgenden Geräte wurden bei den hier beschriebenen Meßkampagnen eingesetzt:

TEM Leistungssender:

- max. Ausgangsspannung: 145 V
- max. Ausgangsstrom: 65 A
- max. Ausgangsleistung: 9 kW

Generator:

- Leistung: 20 kW
- Gewicht: 120 kg

TEM-Empfänger:

- Sirote m II;
(Hersteller: EG & G, Sydney/Australien),
32 Meßkanäle, eingeb. Datendrucker, Datenspeicherung auf
Magnetband. Meßzeiten zwischen 0,4 und 165 ms,
(genaue Zeiten s. Tab. 1).

TEM-Bohrlochsonde:

- Sirote m Bohrlochsonde DHR-IS;
Außendurchmesser: 25 mm.
Die Ausgangsspannung entspricht einer Spulenfläche von
10 000 m². Die Sonde erfaßt nur die parallel zum Bohrloch
verlaufende Magnetfeldkomponente.

Zeitsynchronisation:

- Kabelverbindung zwischen Sender und Empfänger.

4. Beschreibung des Meß- und Interpretationsverfahrens

4.1 Datenerfassung

An der Erdoberfläche liegt eine quadratische Sendespule mit einer Kantenlänge von 100 - 500 m um das Bohrloch als Zentrum. Als Empfangsspule dient eine ca. 1,5 m lange Ferritkernspule, die in der Bohrlochsonde untergebracht ist und im Bohrloch abgeteuft wird. In der gewünschten Tiefe mißt man bei feststehender Sonde die in Richtung des Bohrloches verlaufende Komponente des magnetischen Feldes.

Vor Beginn jeder Messung fließt durch die Sendespule ein konstanter Strom. Zum Zeitpunkt T_0 schaltet man diesen Strom so schnell wie möglich ab. Das Abschalten induziert im leitenden Untergrund ein Stromsystem, das aufgrund von ohmschen Verlusten abklingt. Die Empfangsspule erfaßt die zeitliche Veränderung der Amplitude des Magnetfeldes in maximal 32 Meßkanälen, deren zeitlicher Abstand angenähert logarithmisch anwächst.

Bei den hier beschriebenen Messungen ließen sich meist nur bis zu 20 Kanäle (ca. 25 ms) nutzen. Danach war das Meßsignal durch Rauschen überdeckt, obwohl zur Steigerung der Meßgenauigkeit die Meßvorgänge bis zu 2 048mal wiederholt und die Einzelablesungen gestapelt wurden. Zeitdauer und Verlauf des Abklingens sind durch die Leitfähigkeitsverteilung im Untergrund bestimmt. Aus den Abklingkurven läßt sich also die Widerstandsverteilung im Untergrund ableiten.

4.2 Korrektur der Meßdaten

Die für die Berechnung des scheinbaren spez. Widerstandes sowie die Inversion benutzten Algorithmen verwenden als Abklingfunktion des Sendestromes eine Sprungfunktion. Im realen Falle erfolgt das Abschalten des Sendestroms in Rampenform mit einer Dauer von etwa 150 Mikrosekunden. Der Unterschied zwischen beiden Kurvenformen bewirkt, vor allem in den frühen Kanälen, eine deutliche Verfälschung der Meßdaten, die durch eine Dekonvolution (Greinwald, 1987) der Meßdaten ausgeglichen werden muß.

4.3 Graphische Darstellung der Ergebnisse

Die Meßwerte weisen einen sehr großen Dynamikumfang auf (bis 90 dB); zusätzlich treten negative und positive Zahlenwerte

auf. Diesen Tatsachen muß das Darstellungsverfahren Rechnung tragen.

In den Profildarstellungen, d. h. den Darstellungen der Meßwerte als Funktion der Tiefe (Bohrlochmessungen) erfolgt die Amplitudenwiedergabe mittels der Funktion $\arcsinh(x)$. Diese Funktion zeigt für große absolute Werte einen logarithmischen Verlauf, der um Null in eine lineare Abhängigkeit übergeht. Sie erlaubt daher in idealer Weise, einen großen Dynamikumfang mit dem Auftreten von negativen und positiven Werten zu verbinden.

4.4 Interpretation der Meßdaten

Zur Interpretation der Bohrlochmessungen existiert zur Zeit nur die Vorwärtsrechnung für das Modell des geschichteten Untergrunds. Für die beschriebenen Bohrlochmessungen geringer Tiefe hat sich gezeigt, daß das Inversionsprogramm (Weidelt, 1984) für Oberflächenmessungen über geschichteten Untergrund nur relativ geringe Verfälschungen der Widerstands- und Tiefenwerte ergibt. In einigen Fällen wurde deshalb das Inversionsprogramm eingesetzt, um zumindest ein angenähertes Untergrundmodell zu erhalten, dessen Parameter dann mittels Vorwärtsrechnung noch besser adaptiert werden können.

5. Ergebnisse der Messungen im Schwarzwald

5.1 Bohrung Schön matt

Aufgrund der ungünstigen topographischen Verhältnisse und der Nähe der meisten Bohrlöcher zu Straßen oder industriell genutzten Flächen (Steinbrüche o. ä.), konnte im Schwarzwald nur eine Bohrung vermessen werden. Die Bohrung Schön matt liegt auf Blatt 7714 der TK 25 und hat R 3435580, H 5345880 als Koordinaten. Die Tiefe der Bohrung war 272 m.

In dieser Bohrung wurden zwei Messungen durchgeführt, eine mit einer quadratischen Sendespule von 150 m Kantenlänge, eine mit einer Kantenlänge von 300 m. Als Sender diente in beiden Fällen der Leistungssender, die Stromstärke betrug mit der kleinen Spule ca. 52 A, mit der großen Spule ca. 34 A.

Abb. 1 und Abb. 2 beinhalten die Ergebnisse. Beide Messungen zeigen einen ähnlichen Verlauf. Die Amplituden vor allem der späten Kanäle liegen bei den oberflächennahen Meßpunkten bei

relativ großen Werten und nehmen mit der Tiefe ab. Der Effekt ist bei der kleineren Sendespule deutlich stärker ausgeprägt als bei der großen. Zusätzliche lokal begrenzte Leitfähigkeitsanomalien sind nicht zu erkennen.

Um die Amplituden in Widerstandswerte umsetzen zu können, wurden unter Vernachlässigung der Tiefenlage der Empfänger-sonde die Werte des scheinbaren Widerstands für die ersten 10 Kanäle berechnet. Die Werte liegen zwischen 500 und 200 Ohm-meter, wobei die Widerstandswerte von den frühen zu den späten Kanälen stetig abnehmen.

5.2 Tiefensondierung im Kinzigtal

Eine Vorstellung von den Widerstandswerten im Kinzigtal gibt eine im Mühlengrund bei Haslach (R 3433200, H 534960017) durchgeführte Tiefensondierung. Die Form der Sendespule war weitgehend der durch den Flußlauf und die Bahntrasse vorgegebenen Fläche angepaßt. Der Verlauf des scheinbaren Widerstandes als Funktion der Zeit zeigt erstaunlich niedrige Werte, die bei den späten Kanälen bis auf Werte um 6 Ohmmeter absinken (s. Abb. 3).

Die Daten wurden mit Hilfe des Inversionsprogrammes für den geschichteten Halbraum interpretiert. Gibt man ein Zweischichtmodell vor, so erhält man das in Tabelle 2 gezeigte Ergebnis.

Die Erklärungen für die hohe Leitfähigkeit in der Tiefe könnten in einer Ablagerung hochleitfähiger Tonschichten oder in einer Versalzung der tieferen Schichten liegen. Eine andere mögliche Ursache wäre eine Mylonitisierung des Taluntergrundes, verursacht durch tektonische Bewegungen im Kinzigtal.

Tabelle 2:

"Zweischichtmodell der Tiefensondierung Mühlengrund"

Deckschicht: 70 Ohmmeter/140 m mächtig
Substratum: 5 Ohmmeter

6. Ergebnisse der Messungen in der Oberpfalz

6.1 Bohrungen Falkenberg

Es erschien sinnvoll, neben den Geothermiebohrungen die bei Falkenberg bestehenden und noch offenen Frac-Bohrungen für die hier geplanten Messungen zu nutzen. Diese Bohrungen mit einer Länge bis zu 500 m erlauben eine bessere Beurteilung des Abklingens von Oberflächeneffekten. Zudem bestand die Chance, daß durch die Frac-Arbeiten lokale, meßbare Leitfähigkeitsanomalien induziert worden waren.

Zwei Bohrlochmessungen wurden in diesem Bereich durchgeführt: Die Bohrung HB 4 A wurde mit einer Sendespule von 150 m Kantenlänge vermessen, bei der Bohrung PB 8 kam eine Sendespule mit 400 m Kantenlänge zum Einsatz. Abb. 4 und Abb. 5 zeigen die Resultate.

Wie schon im Schwarzwald treten bei der Bohrung HB 4 A mit der kleinen Sendespule im oberflächennahen Bereich sehr viel größere Amplituden auf als in der Tiefe. Es zeigt sich andererseits auch, daß dieser Effekt in einer Tiefe von 300 - 350 m abgeklungen ist und die Meßkurven der einzelnen Kanäle einen mehr oder weniger horizontalen Verlauf aufweisen.

Die Abhängigkeit der Meßamplituden von der Tiefenlage der Empfangssonde ist zwar auch bei der zweiten Bohrung PB 8 mit der größeren Sendespule sichtbar, doch ist die Erscheinung dort weniger deutlich ausgeprägt. Oberflächeneffekte führten jedoch dazu, daß die beiden ersten Meßkanäle stark gestört waren und in der Abb. 5 weggelassen wurden.

Berechnet man in gleicher Weise wie an der Bohrung Schön matt die Scheinwiderstandswerte in dieser Bohrung, so erhält man für die Kanäle 3 - 10 Werte zwischen 900 und 600 Ohmmeter, die deutlich höher liegen als in der Bohrung Schön matt.

Die Meßdaten dieser Bohrung sind in Abb. 5 geglättet dargestellt. Dadurch wird eine schwache Aufwölbung der Meßkurve in einer Tiefe von etwa 340 m besser sichtbar. Diese Aufwölbung könnte durch eine Leitfähigkeitsanomalie mit geringem Leitwert verursacht sein, die sich im Nahbereich der Bohrung befindet. Die Daten der vom NLfB gemessenen Widerstandslogs geben dafür einen zusätzlichen Hinweis. Sie zeigen in einer Tiefe von 335 m eine Zone niedrigeren Widerstandes von einigen Metern Breite (Repsold, 1980).

6.2 Bohrung Griesbach

Schließlich wurde in der Bohrung Griesbach gemessen. Diese war die einzige, die im März 1987 bei sehr hoher Schneelage überhaupt zugänglich war. Der Verlauf der Meßwerte (Abb. 6) gleicht in der Form weitgehend denen der Bohrung PB 8. Eine Anomalie läßt sich nicht erkennen. Die Werte der scheinbaren Widerstände für die ersten 10 Kanäle liegen zwischen 1 200 und 400 Ohmmeter und sind die höchsten vom Verfasser bisher in Bohrungen gefundenen Widerstandswerte (Bram et al., 1984).

6.3 Bohrung Wastlmühle

In einem früheren Forschungsprojekt wurden Messungen in der Bohrung Wastlmühle in der Nähe von Kropfmühl durchgeführt (Abb. 7). Die hier sichtbaren Anomalien sind beim Durchfahren zweier, aus der geologischen Kernaufnahme bekannter Graphithorizonte gemessen worden und zeigen die Möglichkeiten dieses Meßverfahrens, wenn definierte Leitfähigkeitsanomalien im Untergrund auftreten.

Die Darstellung entspricht im Maßstab der Abb. 6 (Griesbach). Trotz der kleinen Sendespule von nur 100 m, die beim Bohrloch Wastlmühle verwendet wurde, treten deutlich größere Amplituden auf als bei den bisher beschriebenen Messungen. Sie sind durch die niedrigen scheinbaren Widerstände bedingt, die in dieser Bohrung angetroffen wurden. Sie liegen in einer Tiefe von 130 m für die ersten zehn Kanäle zwischen 60 und 15 Ohmmeter.

7. Schlußfolgerungen

7.1 Deutung der Widerstandswerte

Alle im Rahmen dieses Projektes vermessenen Bohrungen liegen im Kristallin, das die Bohrung umgebende Gestein weist relativ hohe spez. Widerstände auf. Wie die Widerstandslogs des NLfB zeigen, ist das Gestein relativ inhomogen. In meist geringem vertikalen Abstand sind darin besser leitende, schmale Bereiche eingelagert. Die Abstände der besser leitenden Zonen liegen häufig unter 20 m und sind damit deutlich kleiner als das vertikale Auflösungsvermögen des hier eingesetzten Verfahrens.

Die TEM-Messungen zeigen also einen Mittelwert des Widerstandes an, wie er bei der Integration über ein Gesteinspaket

erhalten wird, dessen Mächtigkeit etwa dem Auflösungsvermögen des Verfahrens für weit ausgedehnte Schichten entspricht. Aufgrund der begrenzten Auflösung und der geringen Teufe der Geothermiebohrungen kann somit eine deutliche Variation der Meßwerte in diesen Bohrungen nicht erwartet werden. Da in den schlechtleitenden Bereichen die induzierten Stromsysteme schnell abklingen, zeigen die späten Kanäle deutlich niedrigere Widerstandswerte an. Die Signale hierzu rühren nur noch aus den besser leitenden Zonen her.

Räumlich klar abgegrenzte Bereiche deutlich höherer Leitfähigkeit wurden nur in der Bohrung Wastlmühle angetroffen und erklären die großen Anomalien und die starken Amplitudenvariationen dieser Messung. Um solche Anomalien des Meßsignals zu erhalten, müssen die besser leitenden Bereiche nicht vom Bohrloch durchörtert werden. Es genügt, wenn sie im Umfeld der Bohrung auftreten. Der seitliche Abstand einer solchen Leitfähigkeitsanomalie darf entsprechend ihrer Geometrie und der Tiefe der Bohrung bis zu mehreren Hundert Metern betragen. Hier liegen die besonderen Möglichkeiten der TEM-Messungen (Greinwald, 1986).

7.2 Deutung des Amplitudenabfalls mit der Teufe

Bei allen Bohrlochmessungen dieses Forschungsvorhabens beginnen die Meßdaten in Oberflächennähe mit relativ hohen Werten, die dann zur Teufe hin abfallen und sich einem konstanten Wert annähern. Der Effekt ist von der Größe der Sendespule abhängig, außerdem steigt er mit wachsendem Zeitabstand zwischen dem Meßzeitpunkt und dem Abschaltmoment des Sendestroms, d. h. er steigt mit wachsender Kanalnummer. Der stärkste Abfall tritt bei kleinen Sendespulen in späten Kanälen auf. Wie kann dieser Sachverhalt erklärt werden?

- Gutleitende Deckschichten:

Eine naheliegende Erklärung der gefundenen Effekte wäre das Auftreten gutleitender Deckschichten. Um abschätzen zu können, inwieweit Deckschichten die Ergebnisse beeinflussen, wurden Modellrechnungen (Bram et al., 1984) für den Fall einer Deckschicht (Leitwert 10 S) über einem Halbraum mit 10 000 Ohmmeter spez. Widerstand gerechnet.

Abb. 8 zeigt das Ergebnis für eine Sendespule mit 400 m, Abb. 9 für eine mit 150 m Kantenlänge. Die Rechnung ergibt Amplituden, die etwa um den Faktor 100 zu groß sind. Noch deutlicher gegen diese Erklärung spricht, daß der Effekt in den frühen Kanälen besonders stark auftritt und in den späten praktisch verschwindet.

- Elektronik - Probleme in der Bohrlochsonde:

Die Bohrlochsonde und die in ihr installierte Empfangsspule befinden sich im oberflächennahen Bereich im Nahfeld der Sendespule, in dem das anregende Primärfeld sehr stark ist. Beim Absenken der Bohrlochsonde schwächt sich mit zunehmender Teufe der Einfluß des Primärfeldes auf die Empfangsspule ab. Diese Abnahme erfolgt für eine kleine Spule schneller als für eine große.

Liegt in der Meßsonde ein Defekt vor, der bei Übersteuerung der Sonde durch das Primärfeld zu einem dem Primärfeld etwa proportionalen Nullpunktversatz des Meßverstärkers führt, so ist das beobachtete Verhalten der Meßwerte zu erwarten. Da mit steigender Kanalnummer die Amplitude des vom Untergrund erzeugten Sekundärfeldes sehr schnell abnimmt, wird der Meßfehler in den späten Kanälen größer. Dies erklärt den starken Einfluß auf die späten Kanäle.

Nur wenn die Sekundärfeldamplituden deutlich über dem Meßfehler liegen, wie dies in der Bohrung Schön matt in den ersten Kanälen oder in der Bohrung Wastlmühle der Fall war, ist dieser Effekt nicht sichtbar. Offensichtlich ist diese, für den Einsatz in der Erzexploration entwickelte Sonde nicht in der Lage, die in den Bohrungen in der Oberpfalz angetroffenen hohen Widerstandswerte des umgebenden Gesteins von über 1 000 Ohmmeter zu erfassen.

8. Literaturverzeichnis

BRAM, K., GREINWALD, S., NICKEL, H., WEIDELT, P. (1984): Optimierung elektromagnetischer Transientenmessungen und deren Interpretation zur Erzexploration für größere Erkundungstiefen; BGR-Bericht, Archiv-Nr. 96728. - Hannover.

GREINWALD, S. (1986): Transienten-Elektromagnetik (TEM) - Erkundung der Leitfähigkeit mit wandernden Stromsystemen. Geophysikalische Schlüsselexperimente in der KTB; FKPE Bochum.

GREINWALD, S. (1987): Transient-Elektromagnetische Messungen über der Lagerstätte Neves Cervo; BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100.541. - Hannover.

REPSOLD, H. (1980): Geophysikalische Bohrlochmessungen in den Bohrungen Falkenberg; NLFB-Bericht, Archiv-Nr. 85744 - Hannover.

WEIDELT, P. (1984): Inversion transient-elektromagnetischer Messungen über geschichtetem Untergrund; BGR-Bericht, Archiv-Nr. 96720. - Hannover.

9. Anlagen

CHANNEL DELAY TIMES AND INTEGRATION WIDTHS

Channel No.	Nominal Mean Delay (msecs)	Nominal Width (msecs)	Actual Integration Window (msecs)
1	0.4	0.4	0.25 - 0.6
2	0.8	0.4	0.65 - 1.0
3	1.2	0.4	1.05 - 1.4
4	1.6	0.4	1.45 - 1.8
5	2.0	0.4	1.85 - 2.2
6	2.6	0.8	2.25 - 3.0
7	3.4	0.8	3.05 - 3.8
8	4.2	0.8	3.85 - 4.6
9	5.0	0.8	4.65 - 5.4
10	5.8	0.8	5.45 - 6.2
11	7.0	1.6	6.25 - 7.8
12	8.6	1.6	7.85 - 9.4
13	10.2	1.6	9.45 - 11.0
14	11.8	1.6	11.05 - 12.6
15	13.4	1.6	12.65 - 14.2
16	15.8	3.2	14.25 - 17.4
17	19.0	3.2	17.45 - 20.6
18	22.2	3.2	20.65 - 23.8
19	25.4	3.2	23.85 - 27.0
20	28.6	3.2	27.05 - 30.2
21	33.4	6.4	30.25 - 36.6
22	39.8	6.4	36.65 - 43.0
23	46.2	6.4	43.05 - 49.4
24	52.6	6.4	49.45 - 55.8
25	59.0	6.4	55.85 - 62.2
26	68.6	12.8	62.25 - 75.0
27	81.4	12.8	75.05 - 87.8
28	94.2	12.8	87.85 - 100.6
29	107.0	12.8	100.65 - 113.4
30	119.8	12.8	113.45 - 126.2
31	139.0	25.6	126.25 - 151.8
32	164.6	25.6	151.85 - 177.4

Tabelle 1

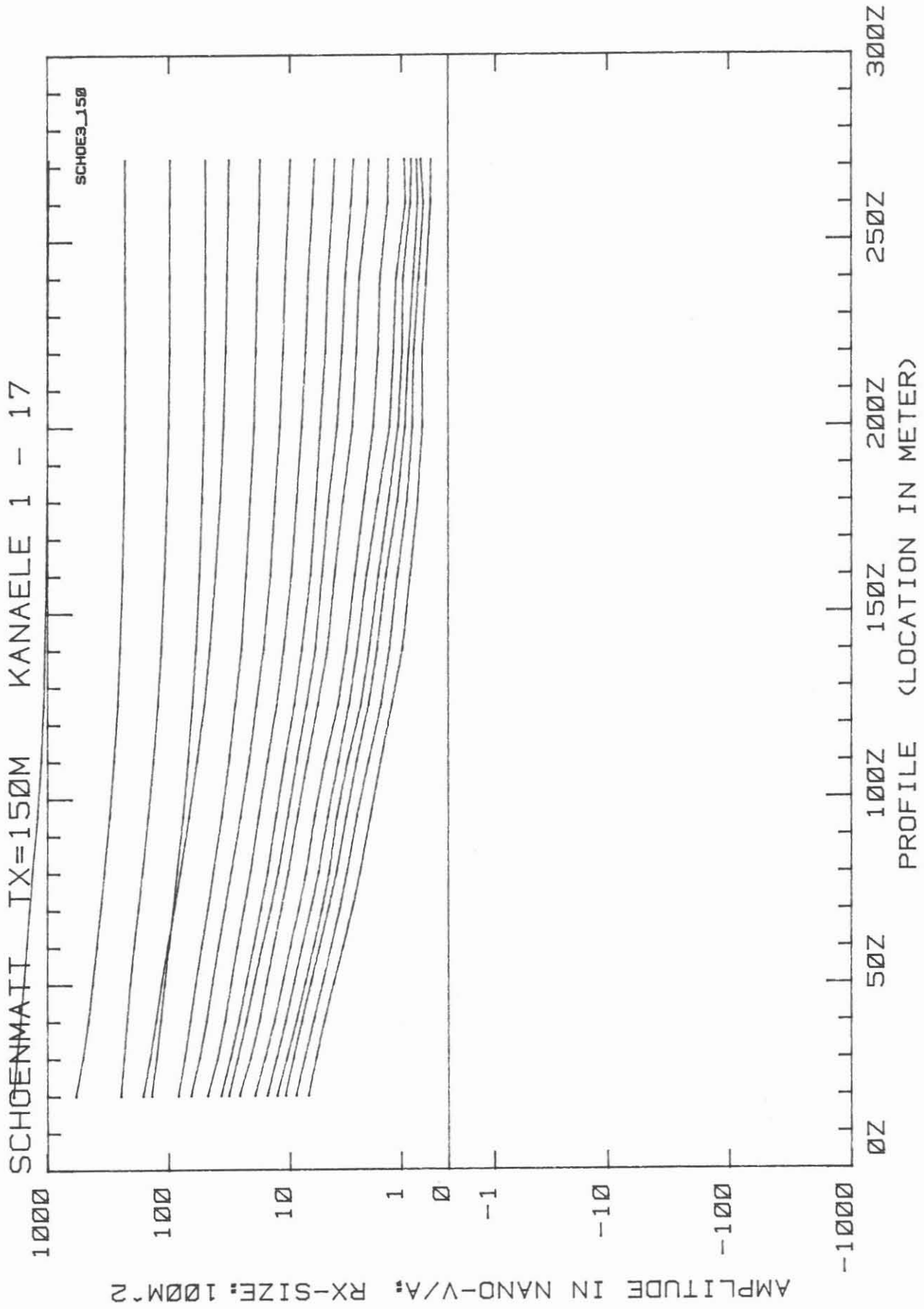


Abb.1: TEM-Messungen in der Bohrung Schön matt

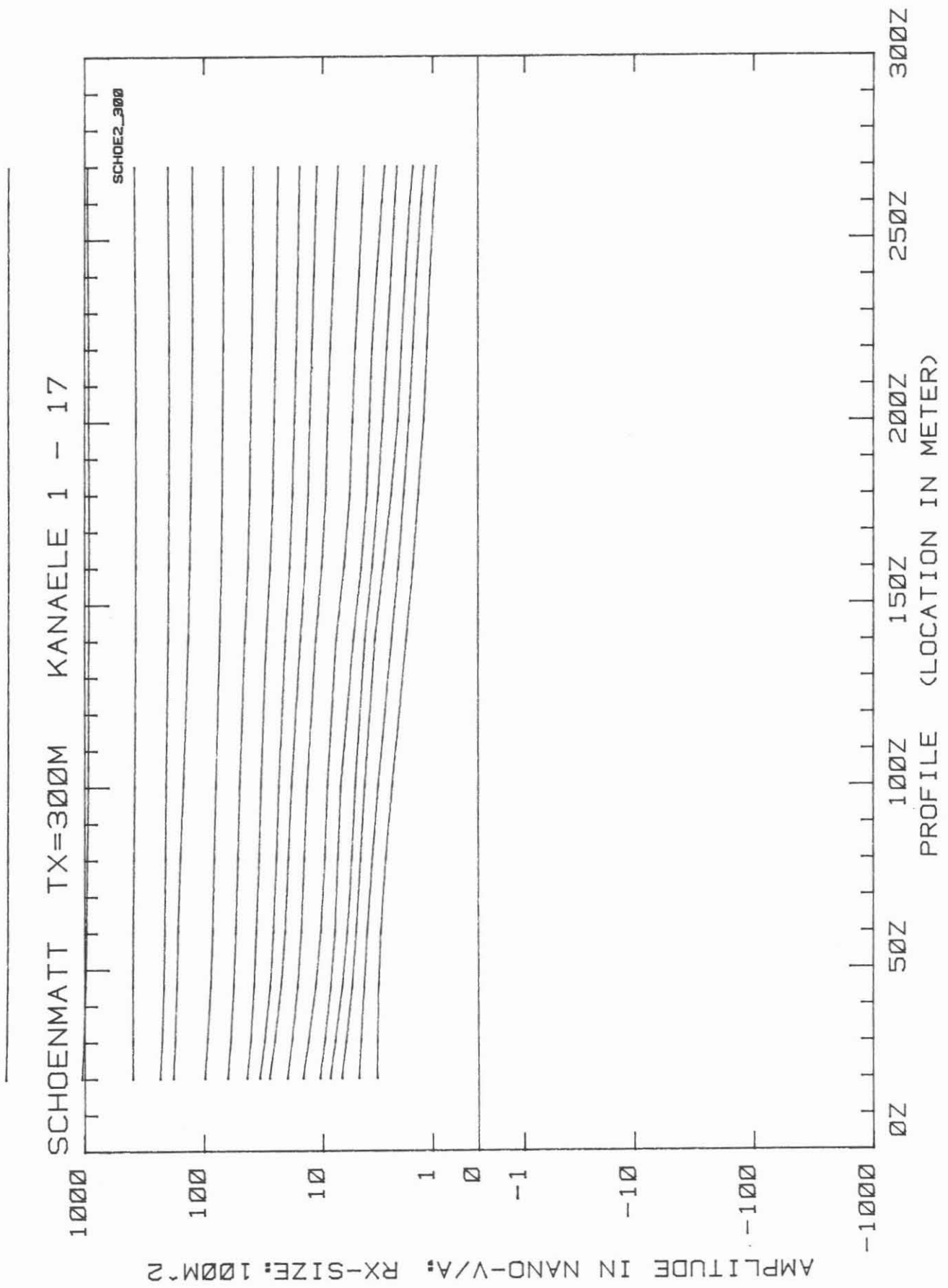


Abb.2: TEM-Messungen in der Bohrung Schön matt

RHOA CURVES

SURVEY AREA : HASLACH KINZIGSCHLEIFE TSV

PROFILE : HAS_TS1

POINT ID. : 00002N

LOOP CONFIG. : INLOOP ; VERT. COMP.

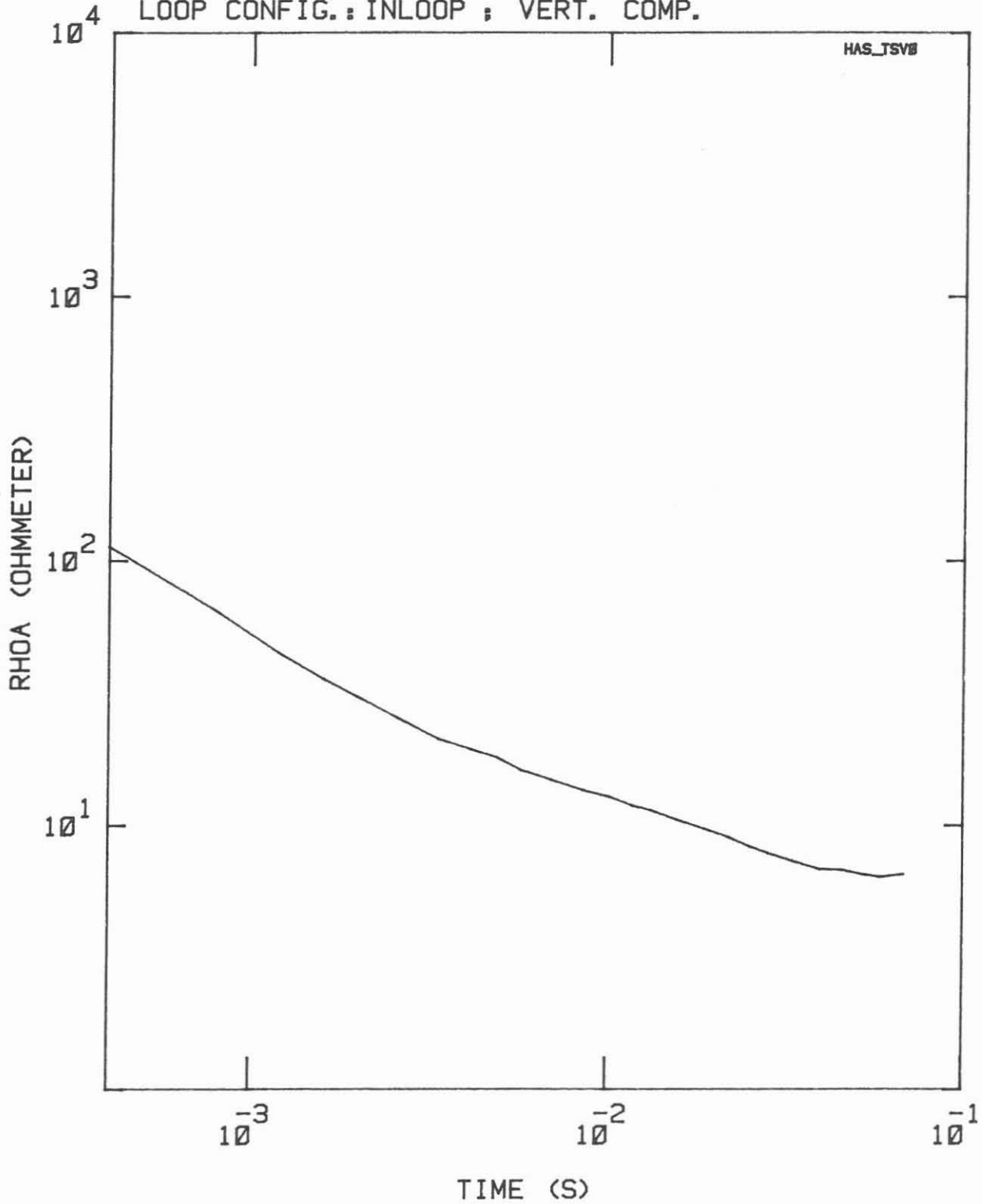


Abb. 3: Tiefensondierung Mühlengrund/Haslach; Rho_S -Kurve

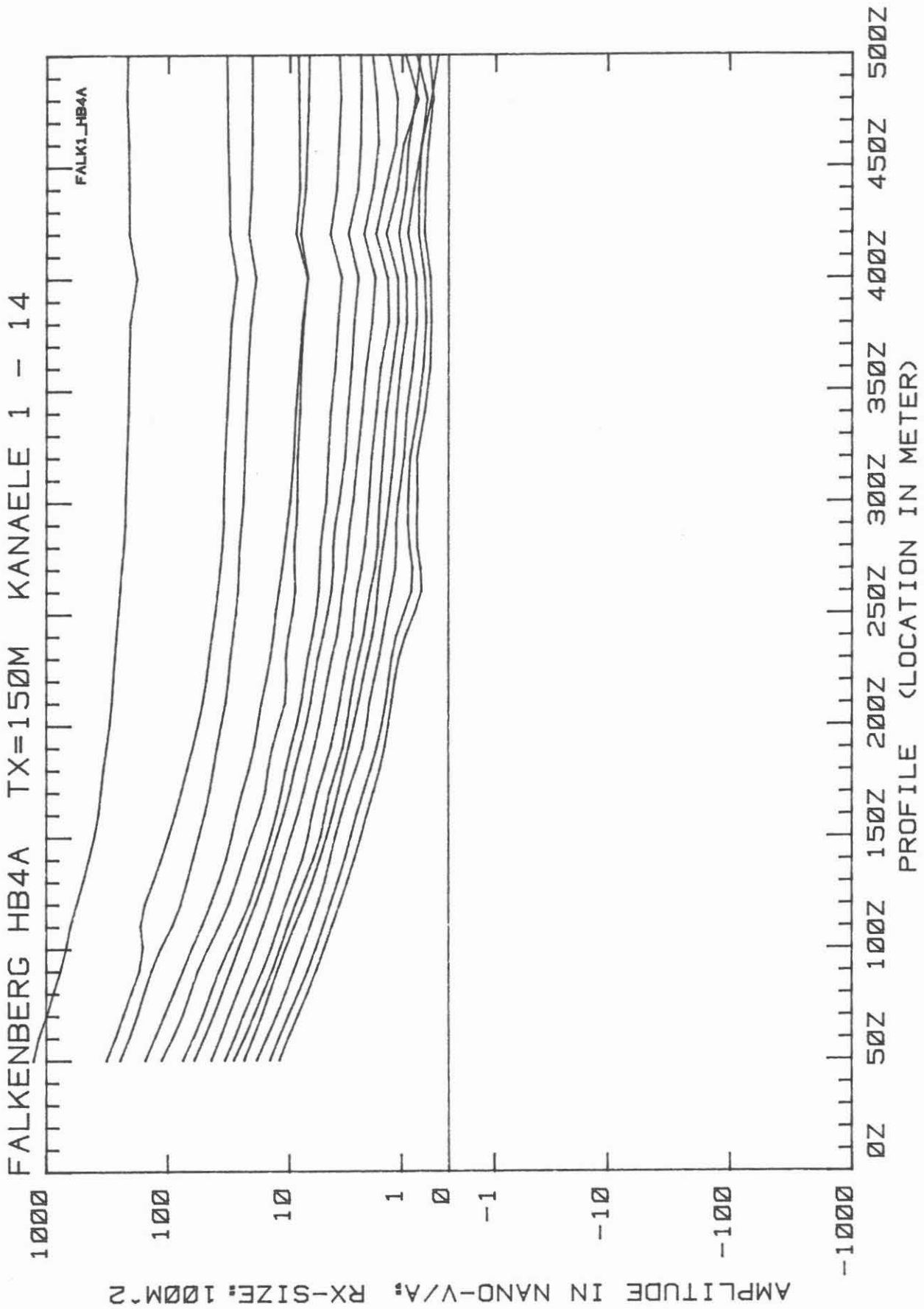


Abb.4: TEM-Messungen in der Bohrung Falkenberg HB4A

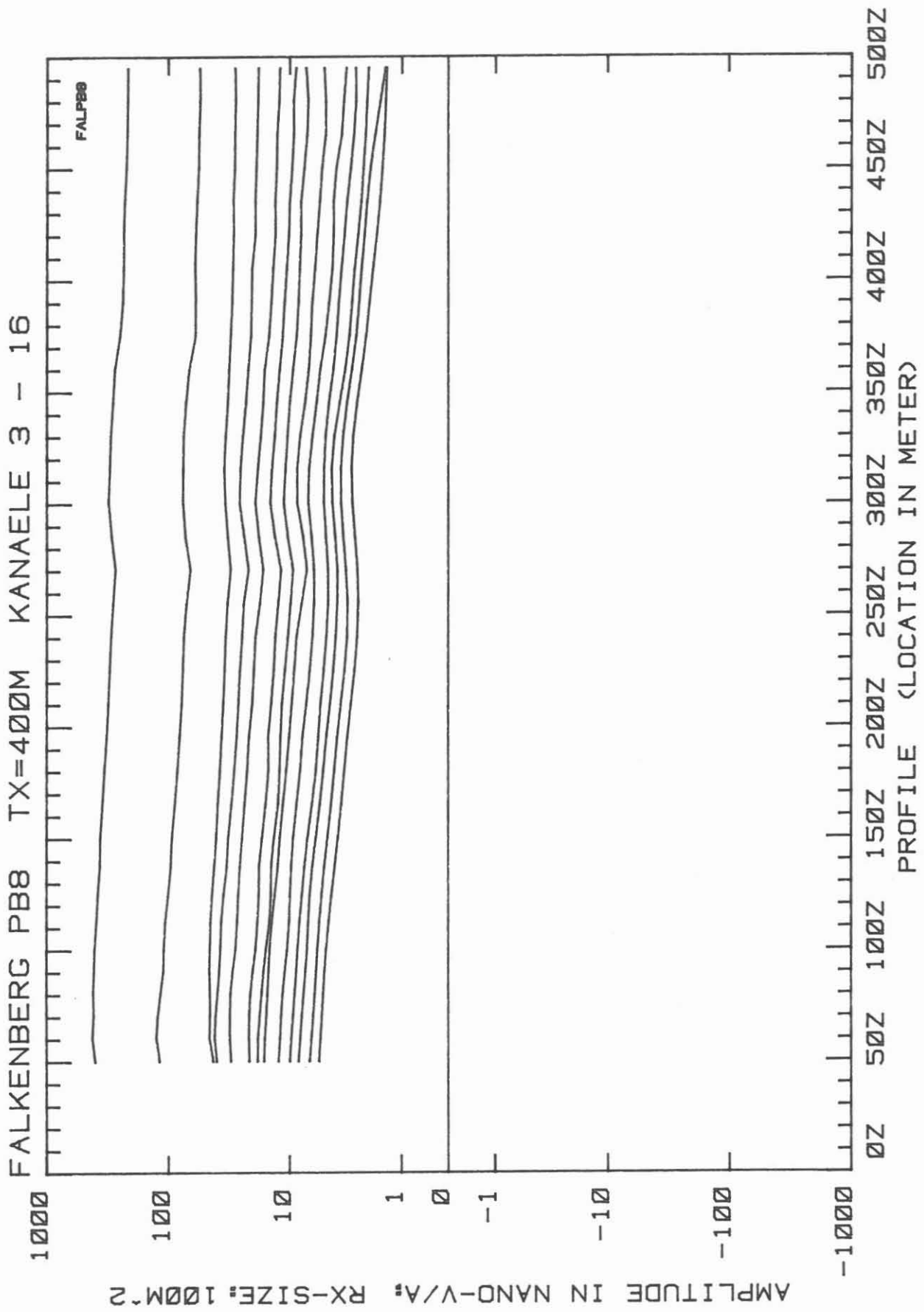


Abb.5: TEM-Messungen in der Bohrung Falkenberg PB8

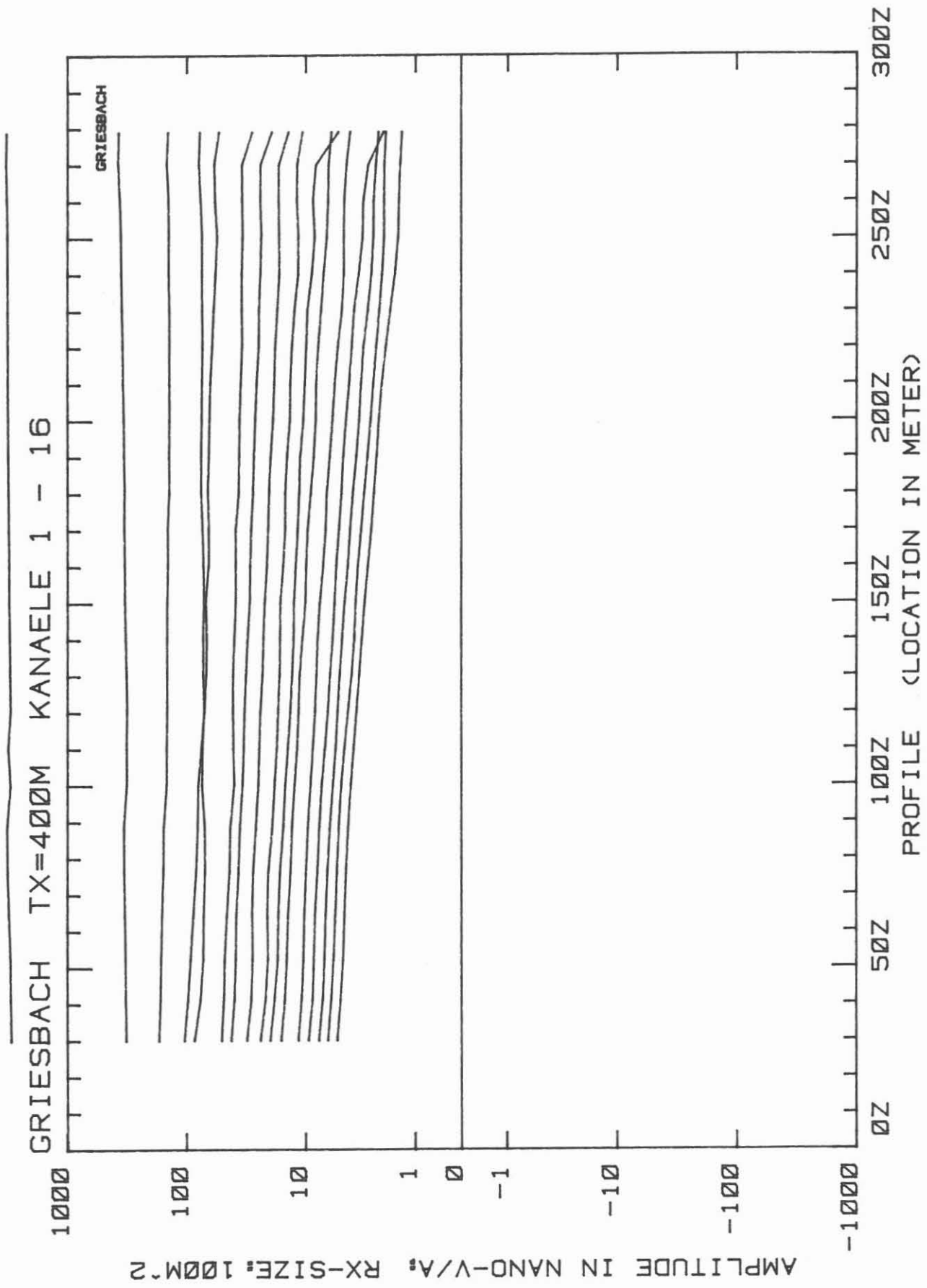


Abb.6: TEM-Messungen in der Bohrung Griesbach

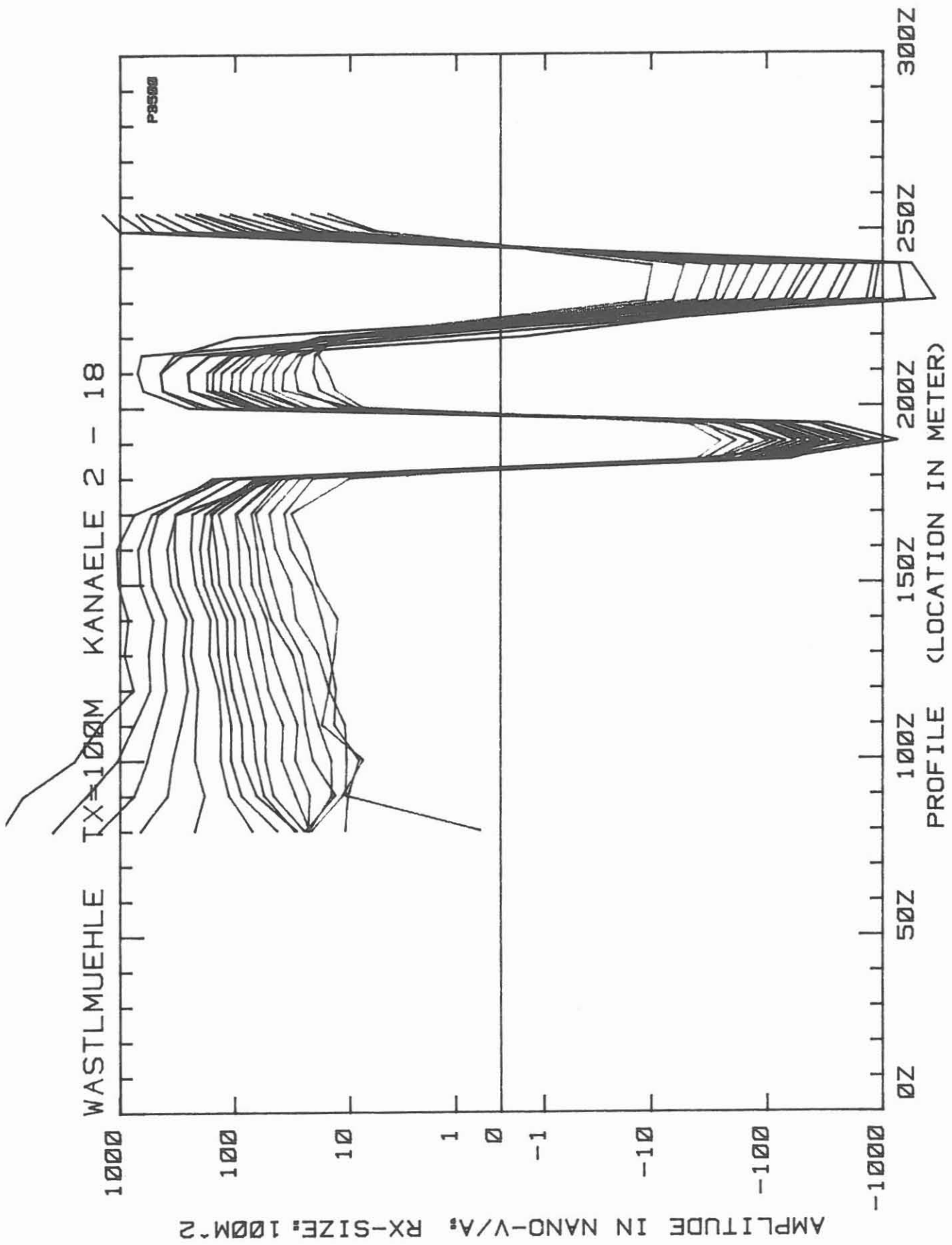


Abb.7: TEM-Messungen in der Bohrung Wastlmühle 35

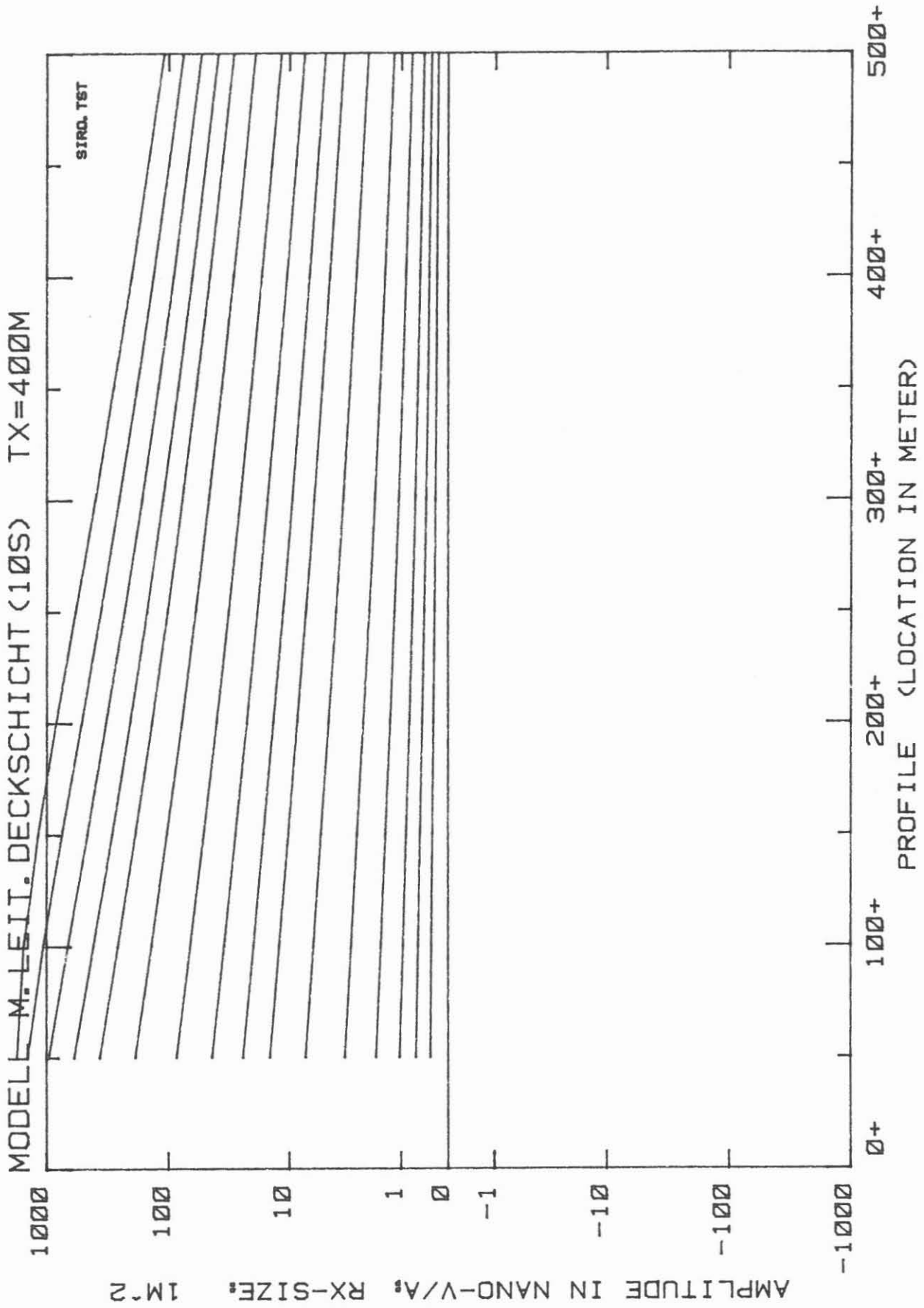


Abb.8: Modellrechnung TEM: Leit. Deckschicht (10S) über Halbraum (10000 Ohm.m)

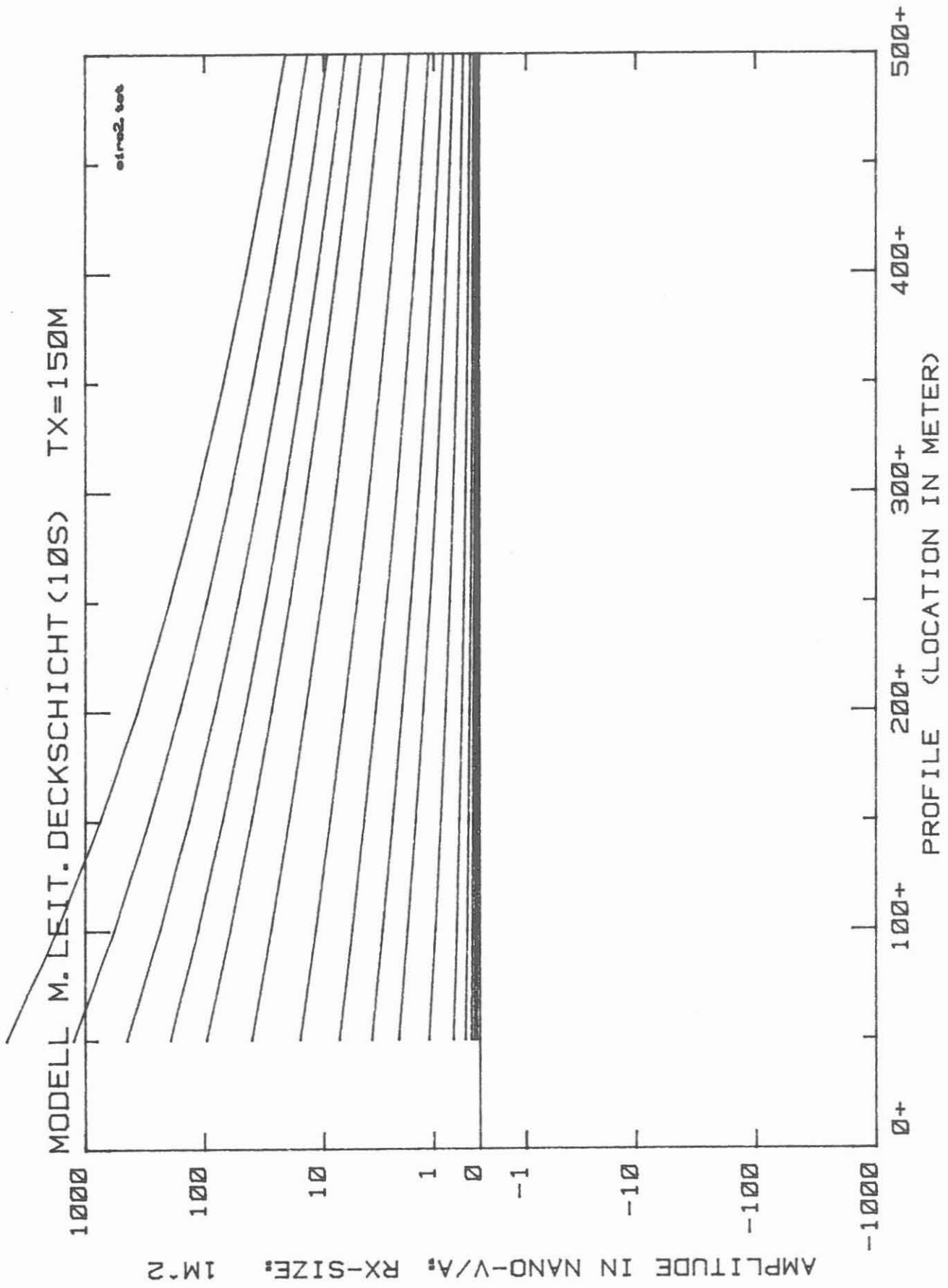


Abb.9: Modellrechnung TEM: Leit. Deckschicht(10S) über Halbraum(10000 Ohm.m)