

H.J. Micheel und B. Hente, Braunschweig

"Untersuchungen zur Audiomagnetotellurik"

Unter Audiomagnetotellurik (AMT) verstehen wir die Ausdehnung des magnetotellurischen Verfahrens auf Frequenzen, die sich ungefähr mit dem Hörfrequenzbereich decken. Ziel unserer Arbeiten ist die Entwicklung und Erprobung einer Anlage für den Frequenzbereich von 1 Hz bis 20 kHz. Das Vorhaben, das am Institut für Nachrichtentechnik und am Institut für Geophysik und Meteorologie der Technischen Universität Braunschweig bearbeitet wird, wird von der DFG gefördert.

Zur Anregung der Feldschwankungen in diesem Frequenzbereich kommen natürliche und künstliche Quellen in Frage. Die wichtigste Anregung ist die weltweite, hauptsächlich tropische, Gewittertätigkeit. Jeder Blitz erzeugt einen elektromagnetischen Impuls mit einem breiten Spektrum (Atmospherics). Die Ausbreitung erfolgt im Wellenleiter zwischen Ionosphäre und Erde, dabei kann es auch zu Resonanzerscheinungen kommen (stehende Wellen, Schumann-Resonanzen bei 8, 14, 21, ... Hz). Im Bereich 2 kHz kommt es, je nach Entfernung und ionosphärischen Bedingungen, zu starker Dämpfung. Blitze regen auch Whistler an, die infolge ihrer Ausbreitung längs einer Magnetfeldlinie durch die Magnetosphäre Dispersion erfahren und, hörbar gemacht, einem Pfeifgeräusch ähneln. Besonders in hohen Breiten kommen auch Anregungen magnetosphärischen Ursprungs (Hiss, Chorus u.a.) in Betracht.

Bei der künstlichen Anregung wären die Längstwellensender zu nennen, die für Navigation, Zeitzeichenübertragung und Unterwasserkommunikation eingesetzt werden. Hinzu kommen technische Stromsysteme (Wechselstromnetz, el. Bahnen), wobei allerdings noch nicht eindeutig gesagt werden kann, ob diese im Sinne der AMT ein Nutz- oder Störsignal darstellen, da die Homogenität der Felder fraglich ist. Dazu zählt auch eine aktive Anregung, die bei verschiedenen Frequenzen gezielt für AMT-Untersuchungen vorgenommen wird.

Mit der geplanten Meßapparatur ist eine Tiefensondierung, abhängig vom scheinbaren Widerstand des Untergrundes, im Bereich von > 10 km bis zu wenigen Metern möglich.

Eine Registrierung über das gesamte Frequenzband kann nur beim elektrischen Feld mit hinreichender Auflösung durchgeführt werden. Für die Messung des Magnetfeldes wird eine Aufteilung des Gesamtbereiches notwendig, deren Einzelbereiche anhand des Spektrums der natürlichen Signalenergie festgelegt werden. Aus dessen Verlauf /1/ folgt zweckmäßigerweise eine Dreiteilung des Gesamtbereiches:

Bereich I 1 Hz - 1 kHz (Abnahme der Energie mit der Frequenz)

Bereich II 1 kHz - 5 kHz (Minimum der Energie, Absorption im Wellenleiter)

Bereich III 5 kHz - 20 kHz (Zunahme der Energie mit der Frequenz)

In Empfindlichkeit und Auflösungsvermögen wird jeder Sensor dem Einzelbereich angepaßt.

Für das 1. Antragsjahr ist die Erstellung einer Registrierstation für den Bereich I vorgesehen. Das Blockschaltbild der im Aufbau befindlichen Anlage zeigt die Abb. 1. Dargestellt ist nur jeweils einer der vorgesehenen zwei Kanäle für E und H. Es folgt eine Kurzbeschreibung der Anlage mit ihren vorläufigen Daten.

elektrisches Feld:

SONDEN: verzinkte Stahlstäbe 80 cm lang, Auslage bis 100 m

E-FELD-VERSTÄRKER: sehr großer Eingangswiderstand ($> 10 M\Omega$) und hohe Gleichtaktunterdrückung, passiver Tiefpaß am Eingang zur Unterdrückung hochfrequenter Störungen durch Mittel- und Langwellensender, Verstärkungsregelung zur Anpassung der Gesamtverstärkung an den Untergrund ($E \sim \sqrt{S_S} H$)

Magnetfeld:

INDUKTIONSSPULENMAGNETOMETER in Verbindung mit extrem rauscharem Vorverstärker, Kern aus Mu-Metall-Drähten ($d = 0,4$ mm), Länge 60 cm, Gewicht (Kern + Wicklung) ca 1 kg, Empfindlichkeit $14 \mu V/\gamma Hz$, Sensorresonanzfrequenz 5 kHz, Auflösungsvermögen siehe Abb. 2, aufgetragen ist die äquivalente Rauschmagnetfelddichte, die aus dem gemessenen Sensorrauschen berechnet wurde. Zum Vergleich sind einige aus der Literatur /1/, /2/ bekannte Signalpegel angegeben.

Filter: (für beide Kanäle identisch)

HOCHPASS: $f_{gr} = 1$ Hz, Bessel-Charakt. , aktiv, 3-polig

TIEFPASS: $f_{gr} = 1$ kHz, Bessel-Charakt. , aktiv, 2-polig

SPERRFILTER: $f_{sp} = 16^{2/3}, 50, 150$ Hz, Mindestsperrdämpfung 50 dB ($-10^{\circ}C$ bis $+40^{\circ}C$), überbrückbar.

Aufzeichnung der Signale auf Analog-FM-Magnetband (RACAL STORE 7D)

Optische Aussteuerungs- und Übersteuerungsanzeige

Testgenerator ermöglicht Überprüfung der Gesamtapparatur einschließlich Sonden im Feld

Mit der fertigen Apparatur sollen ua.folgende Fragen geklärt werden:

- a) reicht die vorhandene Anregung aus oder wird aktive Anregung erforderlich?
- b) inwieweit lassen sich die technischen Frequenzen und ihre Oberwellen verwenden?
- c) Homogenität der Felder infolge verschiedener Anregung?
- d) Auswertungsverfahren (für alle künstlichen und auch aktiven Anregungen erscheinen z.B. Schmalbandfilter sinnvoll).

Mit der AMT gemessene S_S -Kurven sollen möglichst mit Gleichstrom-Geoelektrik Ergebnissen von langen Auslagen überprüft werden.

Mit Probeaufbauten der Anlage wurden bisher folgende Messungen durchgeführt:

- 1) Breitbandregistrierung des el. Feldes (niederohmiger bzw. hochohmiger Untergrund). Spektren, Abb. 3, zeigen deutlich oberhalb 10 kHz die Linien verschiedener Längstwellensender. Die Amplituden im Harz liegen erwartungsgemäß wegen des schlecht leitenden Untergrundes um das 10- bis 15-fache höher. Wir nehmen an, daß die AMT oberhalb 10 kHz mit den hier erkennbaren Festfrequenzen auskommt.
- 2) AMT bis 1 kHz: ρ_s -Werte zwischen 100 Hz und 1 kHz und bei $16^{2/3}$ Hz liegen in der erwarteten Größenordnung (einige 1000 Ωm). Bei Frequenzen unter 100 Hz (Ausnahme $16^{2/3}$ Hz) ergeben sich ρ_s -Werte, die vermutlich zu tief liegen. Bei Auswertung der Schumann-Resonanzen ist dies möglicherweise dadurch zu erklären, daß bei diesen nur ein vertikales elektrisches Feld vorhanden ist /3/. Abb. 4 zeigt Spektren aus den Messungen am Oderteich zu zwei verschiedenen Zeiten. In Abb. 4a sind im Spektrum des Magnetfeldes \dot{B} die einzelnen Schumann-Resonanzen deutlich zu erkennen. Zeitweise trat im Magnetfeld eine sehr starke Schwingung bei 7 bis 8 Hz auf (s. Abb. 4b). Diese Erscheinung wurde auch mit einer anderen Apparatur an einem anderen Ort schon beobachtet.

Literatur:

- /1/ Westerlund, S.: Preliminary results of magnetotelluric soundings in the range 0,01 - 10000 Hz, KGO Report No. 706, Dec. 1970, Kiruna Geophysical Observatory
- /2/ Strangway, D.W.; Swift, C.M. and Holmer, R.C.: 1973, The application of audio-Frequency magnetotellurics (AMT) to mineral exploration Geophysics, v. 38, S.1159-1175
- /3/ Volland, H.: Die Ausbreitung langer Wellen, Vieweg, Braunschweig 1968

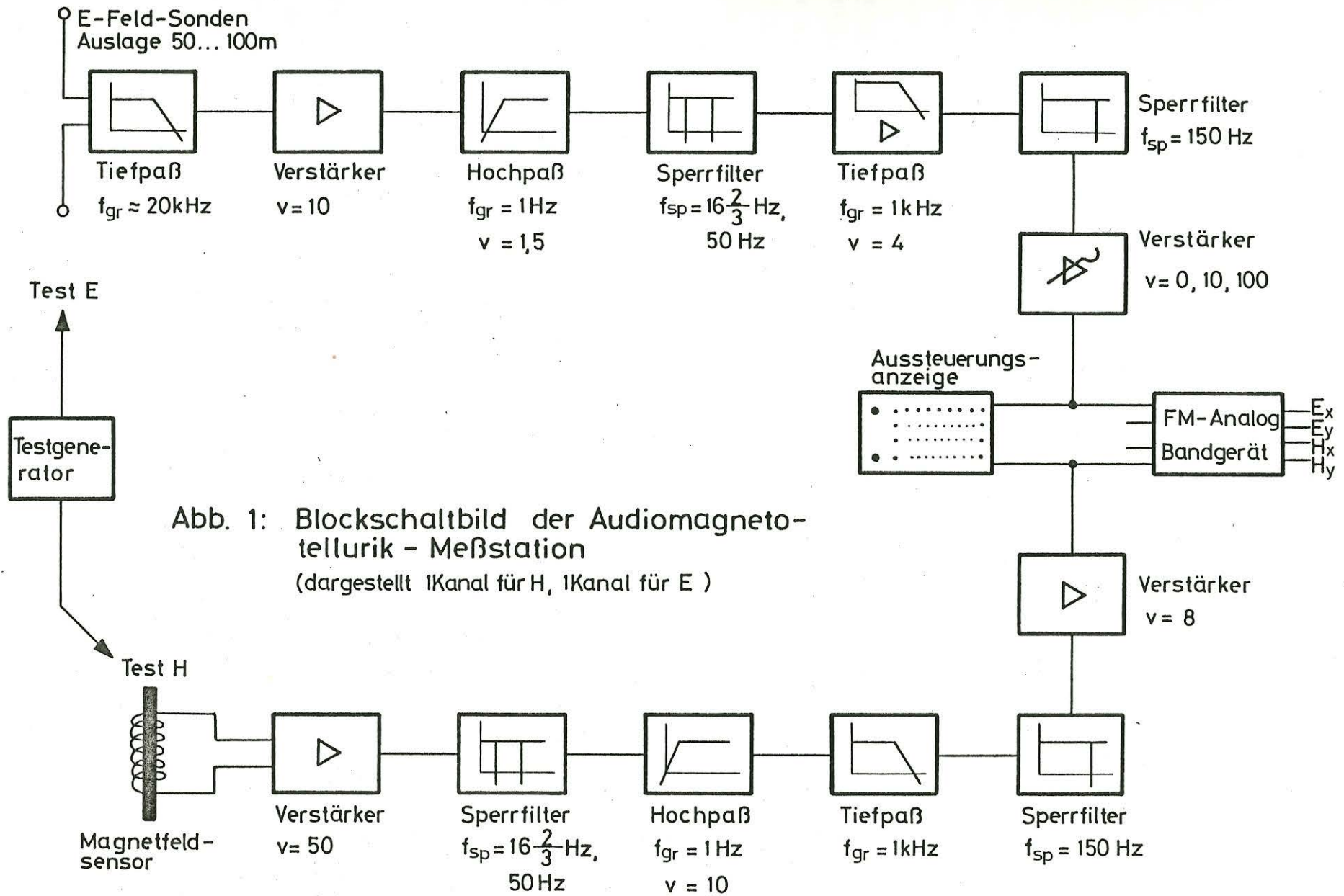


Abb. 1: Blockschaltbild der Audiomagnetotellurik - Meßstation
(dargestellt 1Kanal für H, 1Kanal für E)

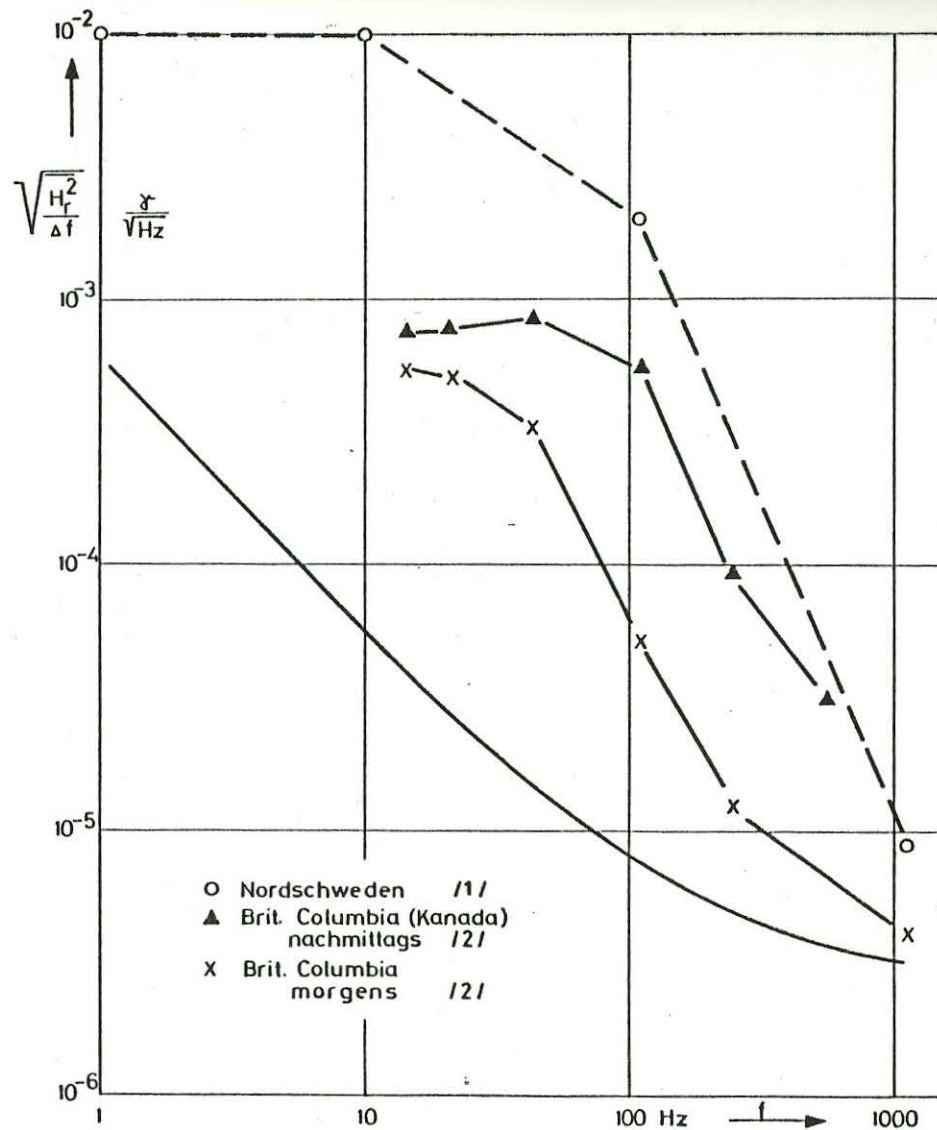


Abb. 2: Äquivalente Rauschmagnetfeldichte des Sensors und Signalpegel natürlicher Signale

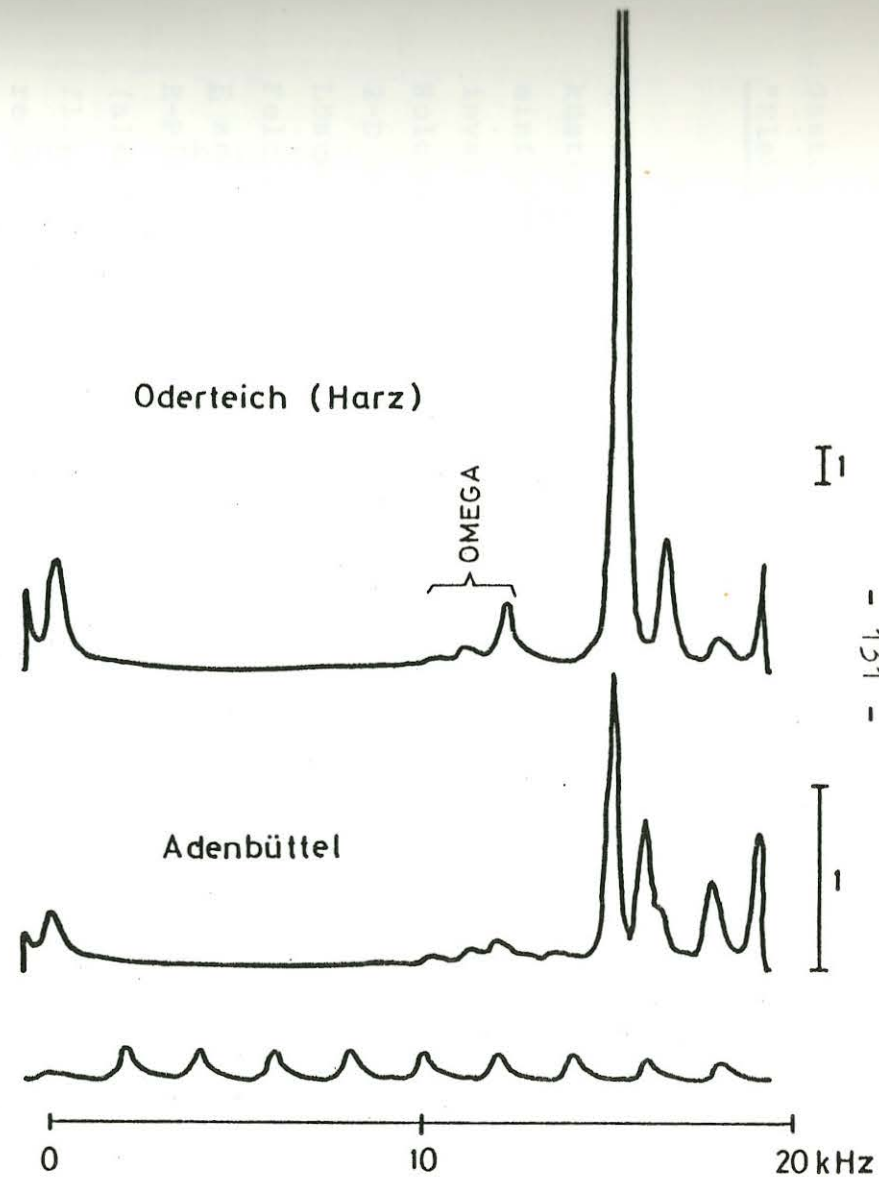


Abb. 3: Spektren des elektrischen Feldes (Auslage 50m)

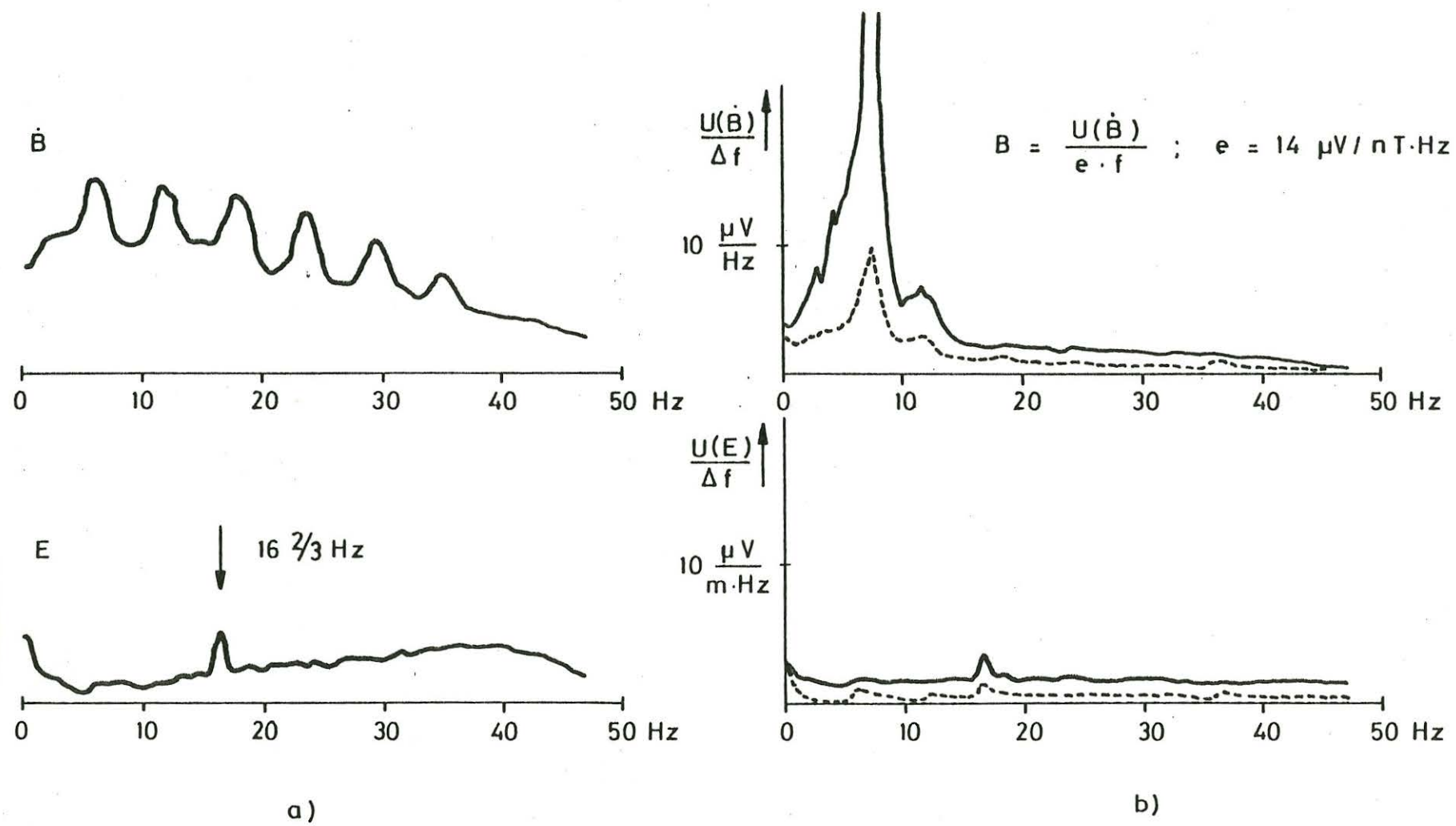


Abb. 4: Spektren aus Messungen am Oderteich (Harz). Durchgezogen: Maxima aus 8 Spektren, gestrichelt: Mittel aus 8 Spektren.