

Softwaregesteuerte Magneto-Tellurik-Apparatur

F. Donner, Freiberg

1. Personalcomputer als Controller

Moderne Personalcomputer weisen trotz abnehmenden Volumens eine hohe Leistungsfähigkeit auf. Notebooks und Palmtops kommen dabei mit einer geringen Leistungsaufnahme aus, die dem Energiebedarf von Mikrocontrollern nahekommt. Gegenüber diesen bieten sie jedoch infolge ihrer kompletten Ausstattung mit

- * Display
- * Tastatur
- * Massenspeicher
- * Schnittstellen

den besonderen Vorteil der einfachen Handhabung, insbesondere für mehr oder weniger "einmalige" Anwendungen. Hinzu kommt die relativ simple Programmierung über Hochsprachen.

Es liegt deshalb nahe, derartige Computer sowohl zur Gerätesteuerung als auch zur Datenspeicherung in der Magneto-Tellurik einzusetzen.

Die verhältnismäßig langsamen Vorgänge der MT gestatten es, die Verbindung zwischen MT-Apparatur und PC über die parallele Schnittstelle vorzunehmen.

2. Steuerung der MT-Apparatur, Datenübernahme

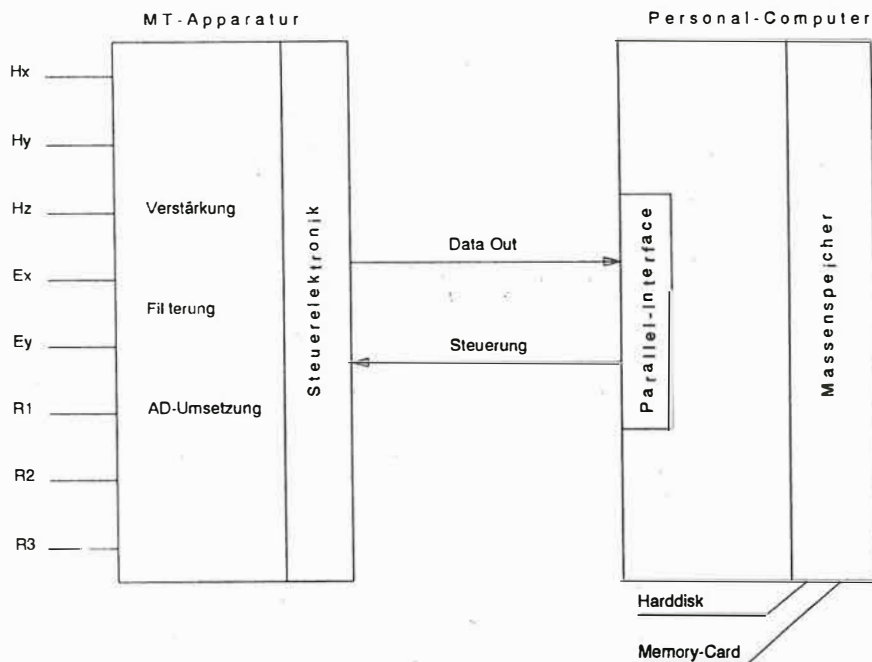


Bild 1 Blockschaubild der softwaregesteuerten MT-Apparatur

Die Apparatur, deren Blockschaltbild in Bild 1 dargestellt ist, besteht im wesentlichen aus

- * Programmierbaren Verstärkern
- * Analog-Digital-Wandlern mit programmierbarer Tiefpaß-Grenzfrequenz
- * Steuerelektronik.

Die Centronics-Schnittstelle des PC stellt nur wenige Signale für die Daten-Aus-/Eingabe bereit. Um trotzdem die für die MT erforderliche Anzahl von AGC-Verstärkern und Analog-Digital-Umsetzern einstellen zu können, werden diese Signale genutzt, um eine entsprechende Zahl von Ausgangs-Ports zu adressieren und über diese die Steuerung vorzunehmen (Multiplexing).

Die von den ADU gelieferten Daten werden seriell auf eine entsprechende Zahl von Eingangs-Ports geführt, die ebenfalls von den Signalen des Centronics-Ports adressiert werden. Von diesen Ports aus werden die Daten der einzelnen Kanäle nacheinander über die parallele Schnittstelle auf den Massenspeicher des PC gebracht.

2.1. Programmierbare Verstärker

Zur Verstärkung der analogen Signale werden programmierbare Instrumentationsverstärker vom Typ PGA 204 verwendet. Diese haben die folgenden technischen Daten:

Verstärkung	1, 10, 100, 1000 V/V
Offsetspannung	50 μ V max
Offsetspannungsdrift	0.25 μ V/°C
BiAS-Strom	2 nA max
Rauschspannung	0.4 μ Vpp
Betriebsspannung	\pm 4.5 ... \pm 18 V
Betriebsstrom	+ 5 /-4 mA
Eingangsspannungsschutz	bis \pm 40 V
Gleichtaktunterdrückung	> 100 dB

Die Einstellung der Verstärkung geschieht über zwei digitale Eingänge.

Über die Software des PC sind dafür zwei Vorgaben möglich:

- (A)utomatische Verstärkungseinstellung in Abhängigkeit von den Signalamplituden in den einzelnen Kanälen
- (F)este Verstärkungseinstellung

Die (A)utomatische Verstärkungseinstellung (Bild 2) gestattet weitestgehend die Ausnutzung des vollen Dynamikbereiches für jeden Abtastwert. Die Datenwortbreite beträgt 14 bit + 2 Verstärkungsbits.

Verstärkungssteuerung:

- 1) Bei Erreichen des max. ADU-Amplitudenwertes \Rightarrow sofortige Verringerung der Verstärkung um den Faktor 10
- 2) Mehrfache Unterschreitung eines vorgegebenen Minimalwertes \Rightarrow Erhöhung der Verstärkung um den Faktor 10

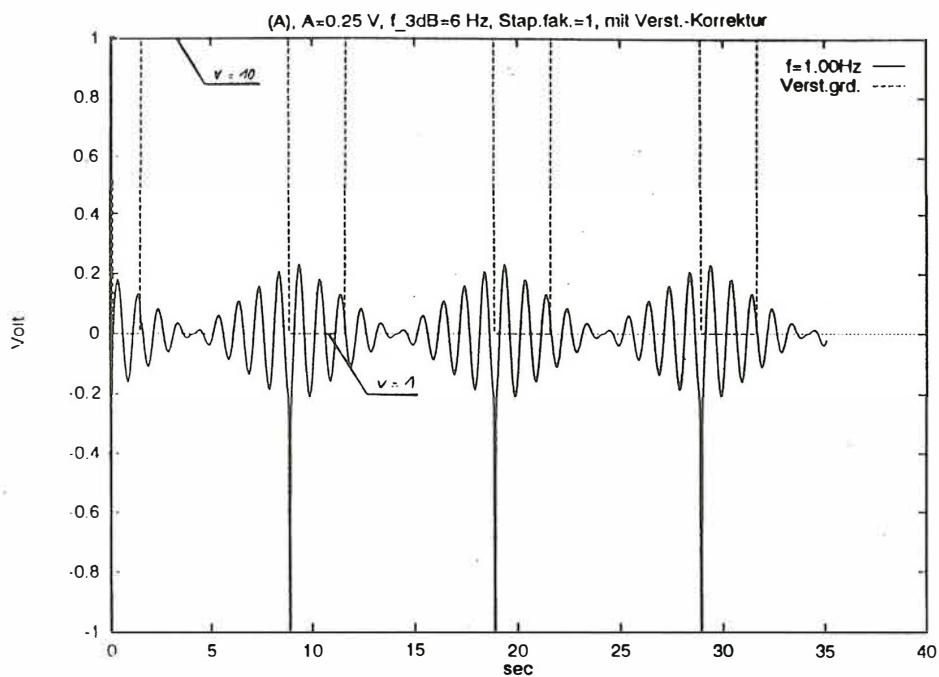
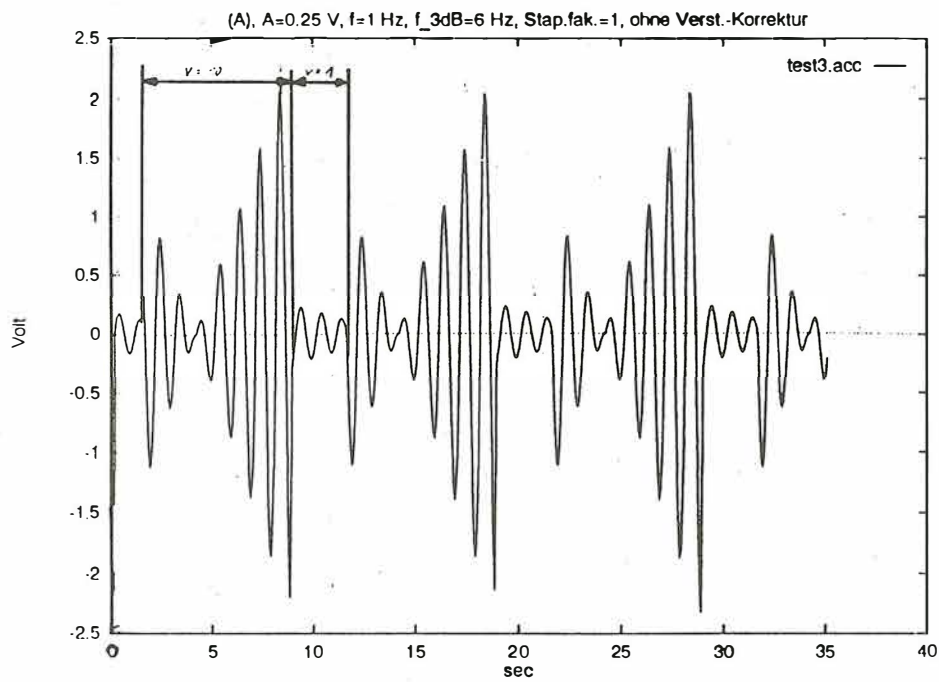


Bild 2 Beispiel einer Aufzeichnung mit automatischer Verstärkungseinstellung

- ohne Verstärkungsfaktor-Korrektur
- mit Verstärkungsfaktor-Korrektur

(F)este Verstärkungseinstellung (Bild 3):

Die fest vorgebbaren Verstärkungswerte betragen 1, 10, 100, 1000. Die Datenwortbreite beträgt in diesem Fall 16 bit.

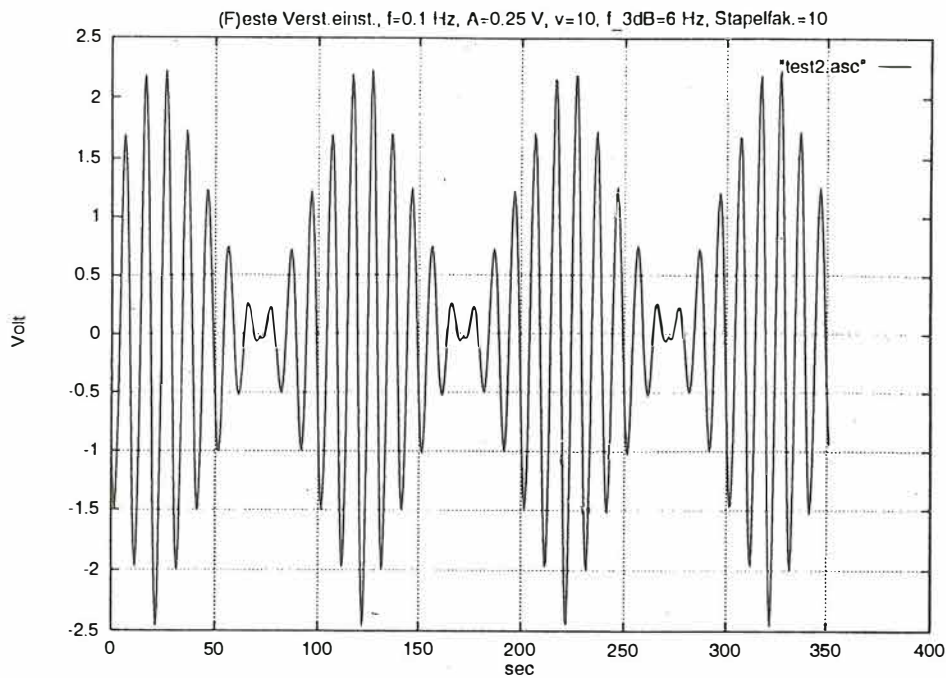


Bild 3 Beispiel einer Aufzeichnung mit fester Verstärkungseinstellung und arithmetischer Mittelwertbildung

2.2. Analog-Digital-Umsetzer

Für jeden von acht Kanälen wird ein Analog-Digital-Umsetzer vom Typ AD 7701 verwendet. Dies sind Wandler mit Sigma-Delta-Konversion und einer Wortbreite von 16 bit. Der ADU enthält als Besonderheit ein digitales Tiefpaßfilter, dessen Grenzfrequenz über die Taktfrequenz des Konverters eingestellt werden kann.

Parameter:

16 Bit-Wortbreite (= 96 dB Dynamik)

0,0015 % Linearitätsfehler

± 2.5 V Analog-Eingangsbereich

4 K SPS max. Ausgangsdatenrate

Tiefpaß-Filter von 0,1 Hz bis 12 Hz einstellbar

(Programmierung der Eckfrequenz über die Taktfrequenz des ADU → Tabelle)

Durch die Wahl der Taktfrequenz können folgende Parameter verändert werden:

Grenzfrequenz TP-Filter $f_{3dB} = f_{CLK} / 409600$ Hz (Bild 4)

Samplingfrequenz $f_s = f_{CLK} / 256$ Hz

Ausgangs-Update-Rate $f_{out} = f_{CLK} / 1024$ Hz

Einschwingzeit $t = 507904 / f_{CLK}$ sec.

Tabelle: Einstellung der ADU-Parameter über die Taktfrequenz f_{CLK}

f_{CLK}/MHz	f_s/Hz	f_{out}/Hz	f_{3dB}/Hz
4,9152	19200	4800	12
2,4576	9600	2400	6
1,2288	4800	1200	3
0,6144	2400	600	1,5
0,3072	1200	300	0,75
0,1536	600	150	0,375
0,0768	300	75	0,1875

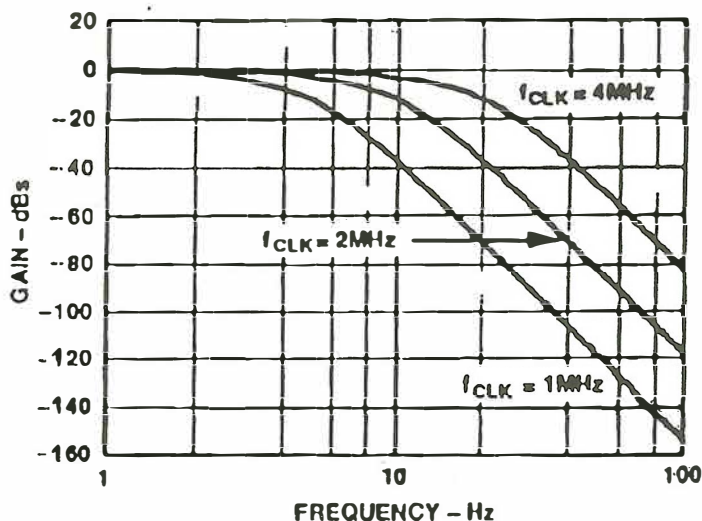


Bild 4 Frequenzgang des Tiefpaß-Filters

2.2.1. Abtastrate

Für jeden Analogkanal wird ein separater ADU zur Digitalisierung eingesetzt. Das Auslesen der Wandler geschieht zeitgleich und wird vom PC gesteuert. Dazu wird der Timer-Interrupt von 54,93 mS genutzt. Die Abtastrate ergibt sich damit zu $18,21 \text{ s}^{-1}$.

2.2.2. Anti-Aliasing-Filter

Zur Unterdrückung von Frequenzen oberhalb der Nyquistfrequenz von 9,1 Hz werden die Tiefpaßfilter der AD-Wandler genutzt. Diese werden softwaremäßig eingestellt, indem die ADU-Taktfrequenz über einen programmierbaren Quarzoszillator verändert wird. (Oszillatorfrequenzen, TP-Grenzfrequenzen s. Tabelle).

3. Mittelwertbildung

Langzeitmessungen bzw. die Aufzeichnung langer Perioden sollten im Interesse geringeren Datenanfalls mit entsprechend verkleinerter Abtastrate vorgenommen werden.

Will man den Timer-Interrupt von $18,21 \text{ s}^{-1}$ weiter als exakte Zeitbasis nutzen, bietet sich die Bildung des arithmetischen Mittelwertes über eine vorgebbare Anzahl von Samples an. Dies bringt gleichzeitig eine Verringerung der über den Takt eingestellten Tiefpaßgrenzfrequenz um den Mittelungsfaktor.

Die Zulässigkeit dieses Verfahrens zeigt der Vergleich von Frequenzanalysen eines Sweeps von 0,025 bis 2,5 Hz, der einmal mit 5 Hz abgetastet wurde und ein zweites Mal mit 20 Hz verbunden mit anschließender Mittelung von jeweils 4 Werten (Bild 5).

4. Meßwertdarstellung

Neben der Datenspeicherung wird der PC zur Darstellung der Meßwerte auf dem Display benutzt. Dies geschieht in Form einer einfachen "Sternchen"-Grafik, wobei die jeweilige Amplitude durch ein ASCII-Zeichen dargestellt wird. Zur Vermeidung von Zeitproblemen wird bei gleichzeitiger Abtastung von 8 Kanälen jeweils nur der Wert eines Kanals der Darstellung hinzugefügt, d.h. es wird in jedem Kanal nur jeder 8. Wert dargestellt (Bild 6).

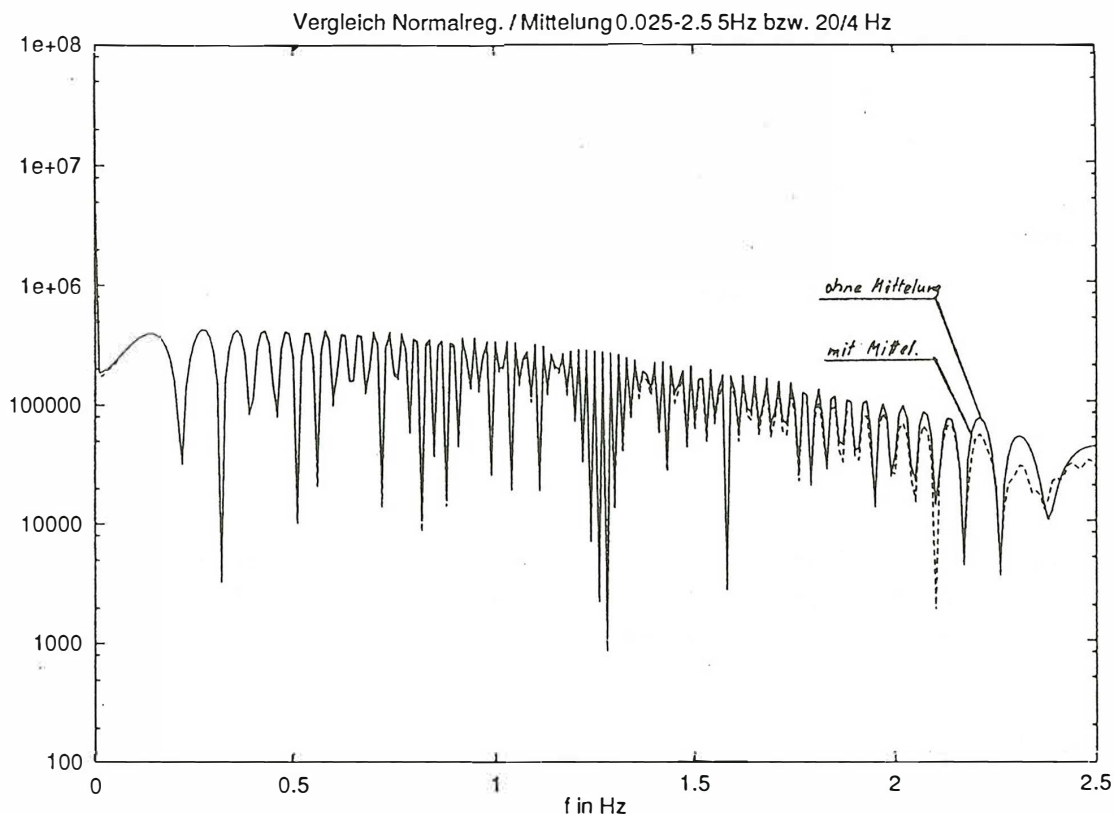


Bild 5 Frequenzanalyse eines Sweeps von 0.025 bis 2.5 Hz

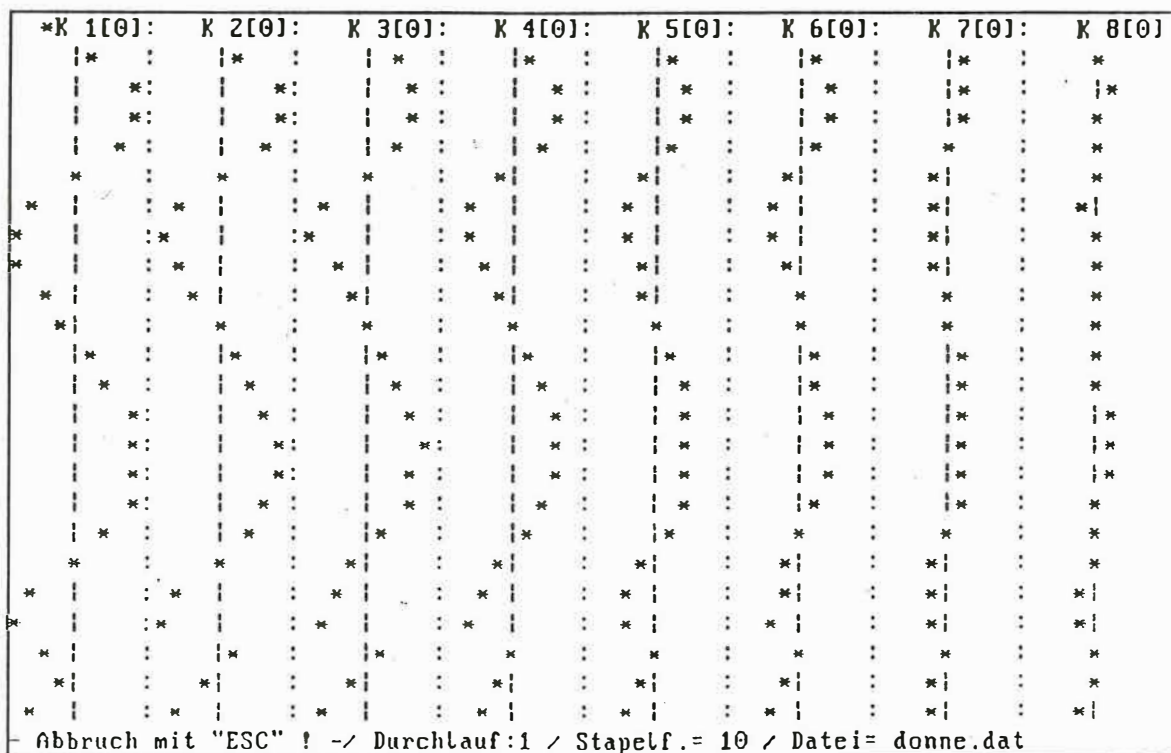


Bild 6 Achtkanalige "Sternchendarstellung" der Signale auf dem Display

5. Personalcomputer und Elektronik

Für die Erprobung wurde ein Palmtop SHARP 3100 verwendet. Dieser PC hat eine Leistungsaufnahme von maximal 1,5 Watt und ist mit zwei Memorycard-Laufwerken ausgerüstet, die zur Datenspeicherung verwendet werden.

Für die Erprobung standen 2 x 2 MByte-Cards zur Verfügung. Ein Speicherausbau auf 2 x 10 MByte sollte mit entsprechenden Speicherkarten problemlos möglich sein (SUNDISK Flash-Memory-Card SDPL 5 - 10). Eine weitere Erhöhung der Speicherdichte ist in naher Zukunft zu erwarten.

Für den Feldeinsatz ist der Palmtop nur bedingt geeignet. In diesem Fall sollte man besser auf Military-Typen zurückgreifen, um den härteren Umgebungseinflüssen gerecht zu werden (z.B. Typen der Fa. ALTEC Hannover).

Die beschriebene Elektronik, d.h.

- je ein Verstärker und ein ADU pro Kanal
- Steuerelektronik für alle Kanäle und für die Datenübertragung

ist auf zwei Leiterplatten im Europaformat untergebracht.

Der Strombedarf bei einer Speisespannung von 12 V beträgt:

Elektronik	ca. 75 mA
PC SHARP 3100	ca. 150 mA