

**G**eophysikalische  
**A**rbeiten sowie  
**M**itteilungen aus  
**M**eteorologie und  
**A**strophysik

Das Förstersondenexperiment E2

in

HELIOS A und B

Experimentbeschreibung

von

Günter Musmann u.  
Arnold Maier

GAMMA 21, 133 S. (1972)

**Institut für Geophysik und Meteorologie  
der Technischen Universität Braunschweig**

Eine zunächst vorgesehene Redundanzreduktionselektronik, deren Theorie vom Institut für Nachrichtentechnik, Braunschweig, entwickelt wurde und anschließend in drei verschiedenen Techniken vom Institut für Datenverarbeitung, Braunschweig, und vom Institut für Satellitenelektronik, DFVLR, Oberpfaffenhofen, gebaut wurde, ist 1971 aus dem Experiment herausgenommen worden, da die Übertragungsbitrate des Satelliten im Laufe der Jahre erheblich gesteigert werden konnte.

In GAMMA 8 wurde von F. Neubauer die wissenschaftliche Zielsetzung der HELIOS Magnetometerexperimente E2 und E4 erläutert.

Eine technische Beschreibung des Induktionsspulenexperimentes E4 wurde von G. Dehmel (Institut für Nachrichtentechnik, TU Braunschweig) 1971 herausgegeben.

Das vorliegende GAMMA-Heft ist nun eine Beschreibung des Förstersondenexperimentes E2.

Die Beschreibung der E2D-Box unter Punkt 3 und 4, die von der Fa. Pfeil (Hasede bei Hildesheim) entwickelt wurde, hat Herr Seiler (Fa. Pfeil) verfaßt.

Der unter Punkt 6 bzw. unter Punkt 7 aufgeführte digitale Mittelwertrechner bzw. die Stoßwellenerkennungslogik wurden hier in gekürzter Form dargestellt.

Eine Detailbeschreibung ist unter IDA-DA-72/8 von Herrn Krupstedt bzw. unter IDA-DA-72/9 von Herrn Kugel (beide sind am Institut für Datenverarbeitung, TU Braunschweig) 1972 erschienen.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1.	<u>Einleitung</u> 1
2.	<u>Das Magnetometer</u> 3
2.1.	<u>Zusammenfassung</u> 3
2.2.	<u>Grundlagen des Magnetometers</u> 4
2.2.1.	Der Sensor 4
2.2.2.	Die Elektronik 7
2.3.	<u>Technische Ausführung des Magnetometers</u> 12
2.3.1.	Das Sensorsystem 12
2.3.2.	Die Magnetometerelektronik 16
2.3.2.1.	Oszillator 17
2.3.2.2.	Binärteiler 17
2.3.2.3.	Treiberstufe 18
2.3.2.4.	Meßverstärker 18
2.3.2.5.	Demodulator 18
2.3.2.6.	DC-Verstärker 18
2.3.3.	Die Meßbereichsumschaltung 19
2.3.3.1.	Übersicht 19
2.3.3.2.	Umschaltung E2/E3 21
2.3.3.3.	Aliasingfilter 21
2.3.3.4.	Zweiweggleichrichter 22
2.3.3.5.	Komparator 22
2.3.3.6.	Trigger mit Hysteresis 22
2.3.3.7.	Ausgangsverstärker 23

		Seite
2.4.	<u>Technische Daten des Magnetometers (EM)</u>	26
2.4.1.	Spannungsversorgung	26
2.4.2.	Sensoren	29
2.4.3.	Empfindlichkeit und Übertragungsfunktion der Magnetometerelektronik	29
2.4.4.	Bereichsumschaltung	32
2.4.5.	Verkabelung	37
3.	<u>Analog-Digital-Wandlung der Meßwertspannungen</u>	38
3.1.	<u>Multiplexer</u>	38
3.2.	<u>A/D-Umwandlung</u>	40
3.3.	<u>Parallel-Serienwandler</u>	40
3.4.	<u>Taktstufe</u>	41
3.5.	<u>Technische Daten</u>	42
4.	<u>Kommandoverarbeitung</u>	43
4.1.	<u>Funktion der Kommandos</u>	44
4.1.1.	Empfindlichkeitskalibrierung	45
4.2.	<u>Empfang und Statusmeldung</u>	46
5.	<u>Der Flipper</u>	47
5.1.	<u>Bedeutung des Umklappsystems</u>	47
5.2.	<u>Mechanischer Aufbau</u>	49
5.3.	<u>Flippersteuerung</u>	51

		Seite
6.	<u>Der Mittelwertrechner (TAC)</u>	53
6.1.	<u>Das Verfahren der Mittelwertbildung</u>	56
6.1.1.	Der Rechenalgorithmus	56
6.1.2.	Datenverarbeitung	57
6.2.	<u>Die logische Schaltung des TAC</u>	58
6.2.1.	Meßbereich und Zahlendarstellung	58
6.2.2.	Betriebszustände	62
6.2.3.	Das Steuerwerk	63
6.2.4.	Datenspeicherung und Ausgabe	63
6.2.5.	Schock-Speicher	67
6.3.	<u>Technische Daten des TAC</u>	67
7.	<u>Die Stoßwellenerkennungslogik (SIC)</u>	69
7.1.	<u>Das Verfahren</u>	69
7.1.1.	Nullpunktseichung	69
7.1.2.	Stoßwellenerkennung	72
7.2.	<u>Aufbau des SIC</u>	75
7.3.	<u>Das Rechenwerk</u>	78
8.	<u>Der DC-DC-Wandler</u>	79
8.1.	<u>Technische Beschreibung</u>	79
8.2.	<u>Technische Daten</u>	82

9.	<u>Datenverarbeitungssystem</u>	84
9.1.	<u>Lage der E2-Daten in den Formaten 1 - 6</u>	87
9.2.	<u>Housekeeping-Daten (Format 4)</u>	98
10.	<u>Thermalkontrolle</u>	101
11.	<u>Steckerbelegungspläne</u>	105
12.	<u>Technischer Status Bericht EM</u>	132
13.	<u>Literaturverzeichnis</u>	133

## 1. Einleitung

Das Förstersondenexperiment E2 in den HELIOS-Raumsonden A und B ist ein dreiachsiges Vektormagnetometer.

Das Experiment dient zur kontinuierlichen Beobachtung des interplanetaren Magnetfeldes. Dabei sollen Erscheinungen wie die Spiralstruktur sowie das diskontinuierliche Erscheinungsbild des interplanetaren Magnetfeldes als Funktion des Abstandes von der Sonne untersucht werden. Zusammen mit dem Induktionsspulenexperiment E4 sollen weiterhin Untersuchungen über die Feinstruktur von Stoßwellen und Tangentialdiskontinuitäten durchgeführt werden.

Das HELIOS-Förstersonden-Magnetometer-Experiment E2 besteht aus fünf voneinander getrennten Elektronikboxen, die durch einen Kabelbaum verbunden sind (s. Abb. 1.1).

Am Boom befindet sich die sogenannte E2A-Box, die das dreiachsige Magnetometer enthält, das in einem Umklappmechanismus, Flipper genannt, eingebaut ist.

Die eigentliche Magnetometerelektronik ist in die E2B-Box integriert.

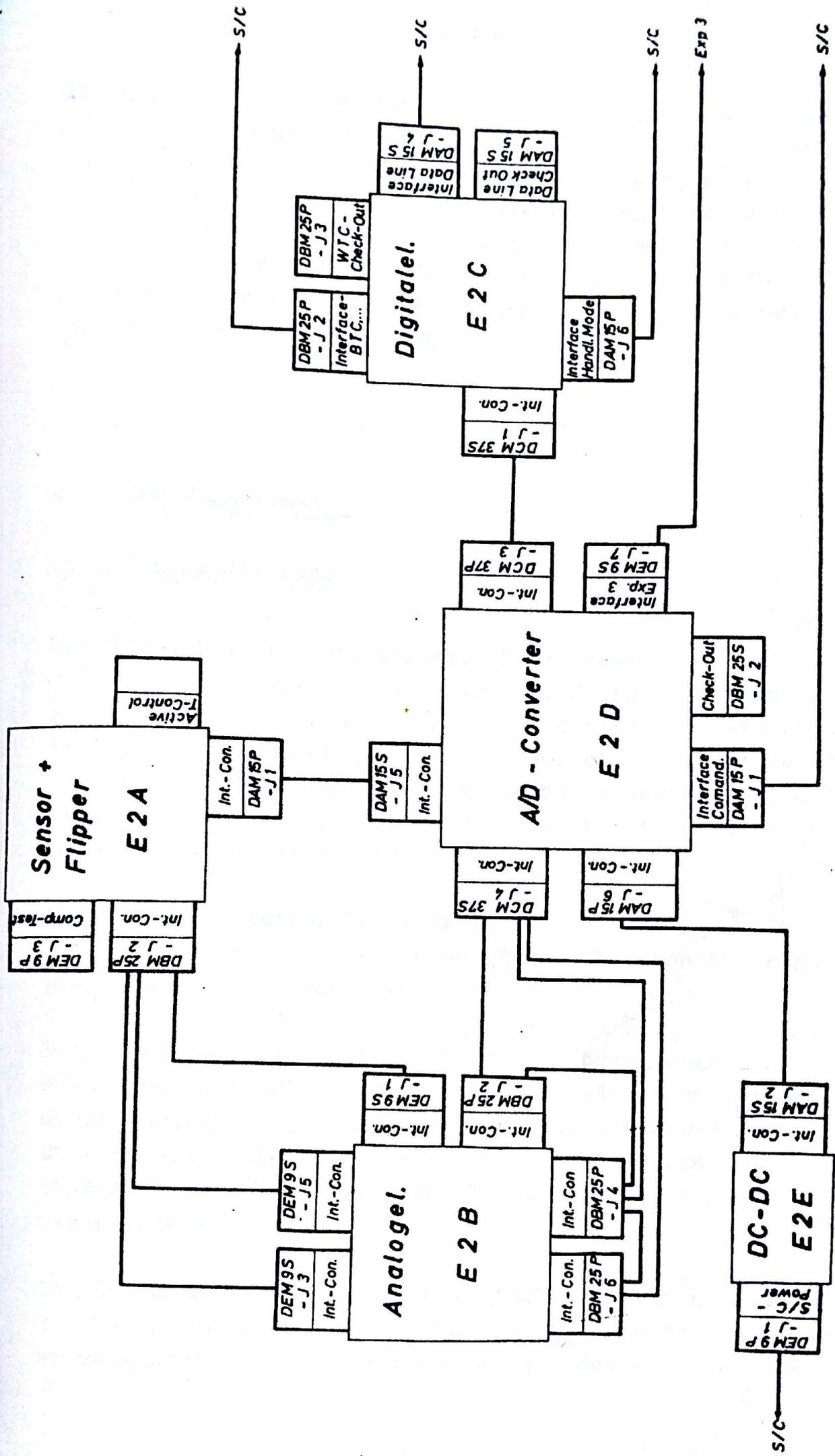
Die Analogausgänge der Magnetometer führen in die E2D-Box, in der der A/D-Wandler als Kernstück sitzt.

Der Gleichspannungswandler (DC-DC-Wandler) ist aus thermischen Gründen in ein weiteres Gehäuse (E2E) eingebaut.

In der E2C-Box werden die Meßsignale der Telemetrie angepaßt; diese Box bildet das eigentliche Interface zur Telemetrie, außerdem befindet sich in diesem Gehäuse ein digitaler Mittelwertrechner (TAC) und der Schockidentifikationsrechner (SIC).

In dem vorliegenden Bericht wird eine Beschreibung der elektrischen und mechanischen Eigenschaften aller Systeme gegeben.

Detailschaltbilder werden in dieser Beschreibung nicht aufgeführt. Diese Unterlagen liegen im Institut für Geophysik und Meteorologie vor.



E2 Box aufteilung mit Interface von Box zu Box und zum S/C  
 Abb. 1.1

Auf die verschiedenen Betriebszustände der Raumsonde und den damit verbundenen unterschiedlichen Datenverarbeitungssystemen an Bord wird nur in sehr kurzer Form eingegangen, da diese Informationen, wie alle mit dem Raumfahrzeug verbundenen Interface-Probleme in den sogenannten "Experiment Interface Specification for Experiment 2" (MBB Doc. No. IS-306.1002) enthalten sind bzw. in dem GfW Doc. TN 71/2 - "Experiment Data and Command Handling Requirements".

## 2. Das Magnetometer

### 2.1. Zusammenfassung

Die Firma Institut Dr. Förster, Reutlingen (IFR), liefert im Rahmen des HELIOS-Projektes für Exp. 2 die Analogeinheit für ein 3-Achsen-Magnetometer, das nach dem Fluxgate-Prinzip arbeitet. Die Analogeinheit besteht aus einem zu E2A gehörigen Sensortripel, der Magnetometerelektronik sowie einer automatischen, am augenblicklichen Meßwert orientierten Meßbereichumschaltung (E2B-Einheit).

Die Soll-Meßbereiche betragen  $\pm 102.0 \gamma$  sowie  $\pm 408.0 \gamma$ . Beim Zurückschalten vom Grob- in den Feinmeßbereich ist eine Hysterese von  $4.8 \gamma$  vorgesehen.

Den Bereichsgrenzen entspricht eine Ausgangsspannung von + 5V, Vorzeichen und Meßbereich werden für jede Komponente gesondert durch zusätzlich je ein Bit angezeigt. Die A/D-Wandlung in der E2D-Einheit liefert für jede der drei Vektorkomponenten ein 10-Bit-Wort, wobei je ein Bit Vorzeichen und Meßbereich charakterisieren.

Das Rauschen des Magnetometers liegt im Frequenzbereich von 0.1 Hz bis 10 Hz innerhalb von  $0.2 \gamma_{SS}$ . Die kleinste Quantisierungsstufe eines Meßwertes beträgt demgegenüber  $0.4 \gamma$ .

Die normale Arbeitstemperatur von Sensor und Analogelektronik kann zwischen  $- 20^{\circ}\text{C}$  und  $+ 55^{\circ}\text{C}$  liegen.

Die Leistungsaufnahme beträgt 895 mW (Ruheleistung) bzw. 1000 mW bei gleichzeitiger Vollaussteuerung jeder Komponente. Die E2B-Einheit hat ein Gewicht von 1.35 kp.

Im Einvernehmen mit der Firma Förster werden Schaltpläne in dieser Beschreibung nicht veröffentlicht.

## 2.2. Grundlagen des Magnetometers

### 2.2.1. Der Sensor

Zur Anwendung gelangt die bei IFR übliche Doppelkernsonde. Jeder der beiden Kerne, die aus einem magnetisch weichen, hochpermeablen Material bestehen, ist mit einer getrennten Primär- und Sekundärwicklung versehen.

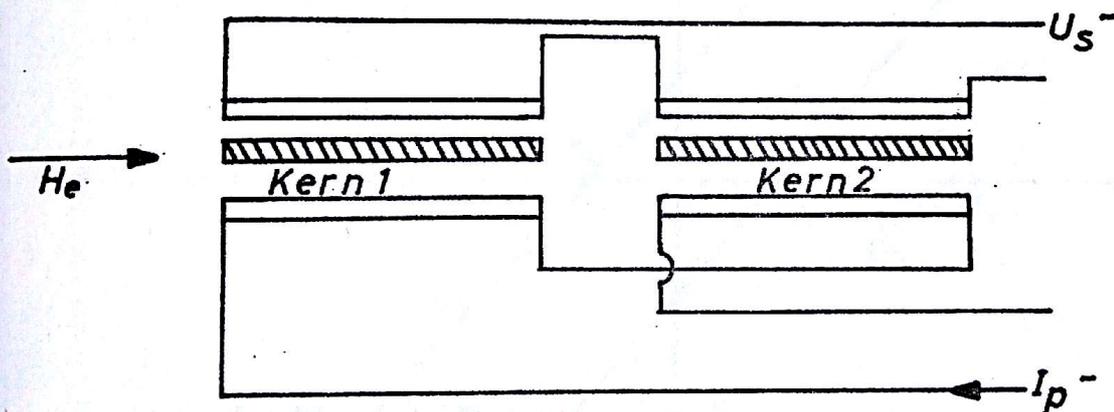


Abb. 2.1

Anordnung von Erreger- und Meßwicklung

Wird der Primärkreis von einem Wechselfeld erregt, so ist bei Annahme einer idealen Symmetrie ( $B(H) = -B(-H)$ ) sowie bei verschwindendem äußeren, auf die Kerne wirkenden Feld  $H_e$ , keine Ausgangsspannung  $U_s$  zu beobachten.

Wirkt ein äußeres Feld  $H_e$  auf die Kerne, wobei  $H_e$  parallel zu den Kernen verlaufen möge, so verschieben sich bei der Wechselfelderregung die Arbeitspunkte, und es erscheint eine Ausgangswechselspannung  $U_s$ , die ein Maß für das zu messende Feld  $H_e$  ist. Bei Annahme einer durch  $I_p$  hervorgerufenen Erregerfeldstärke  $H_1 \sin \omega t$  ergibt sich unter Benutzung der in Abb. 2.2 dargestellten Hysteresiskurve die folgende Fourier-Zerlegung der Ausgangsspannung  $U_s$ :

$$U_s = \sum_{k=1}^{\infty} C_{2k} \left( B_s, \frac{H_e}{H_1}, \frac{H_s}{H_1}, \frac{H_c}{H_1}, \omega \right) \sin [2k \omega t + \varphi_{2k} \left( \frac{H_s}{H_1}, \frac{H_c}{H_1} \right)] \quad (2.1)$$

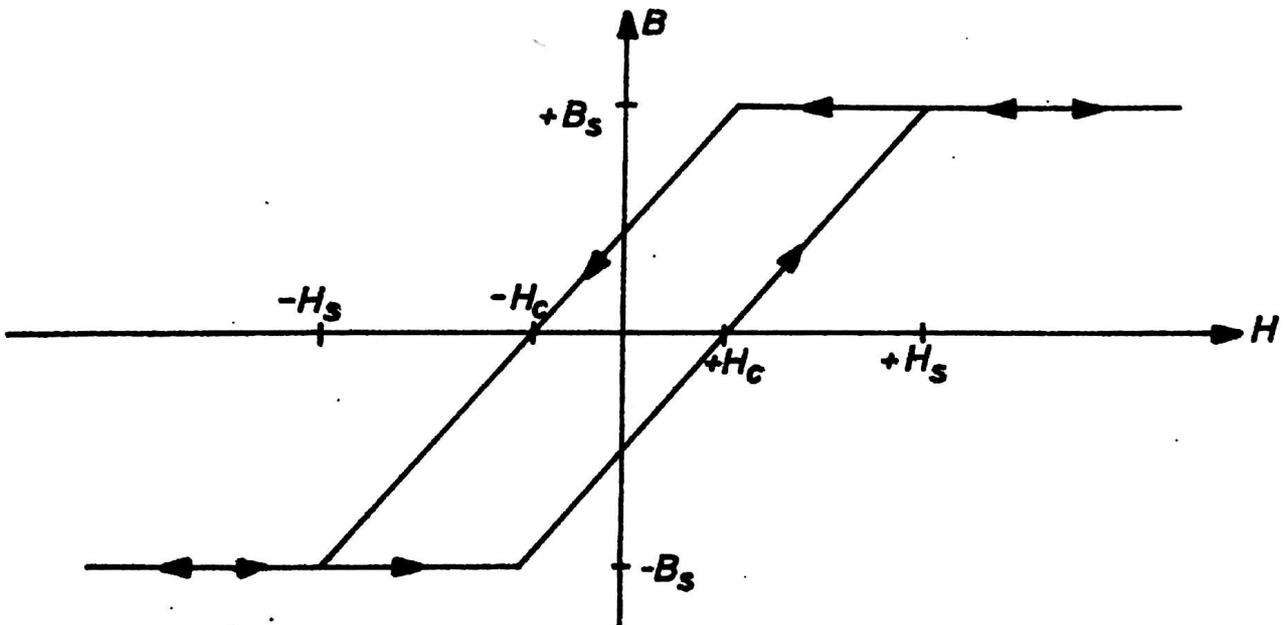


Abb. 2.2

Idealisierte Hysteresis eines Sensorkernes

Die Beziehung (2.1) berücksichtigt den Einfluß von Wirbelströmen in den Sensorkernen nicht.

Bei der nachfolgenden, in der Analogelektronik stattfindenden Auswertung des Signals, wird nur das erste Glied der Fourierzerlegung benutzt. Die normalen Betriebsbedingungen sind:

$$\begin{aligned} \text{a) } H_e &\ll \hat{H}_1 \\ \text{b) } H_c &\ll \hat{H}_1 \\ \text{c) } H_s &< \hat{H}_1 \end{aligned} \quad (2.2)$$

Setzt man  $U_s = \sum_{k=1}^{\infty} U_s^{(2k)}$ , so läßt sich für  $U_s^{(2)}$  die folgende Darstellung angeben:

$$U_s^{(2)} = \sum_{n=0}^{\infty} \left( \frac{H_e}{\hat{H}_1} \right)^{2n+1} \cdot G_{2n+1} \left( B_s, \frac{H_s}{\hat{H}_1}, \frac{H_c}{\hat{H}_1}, \hat{\omega} \right) \sin(2\hat{\omega}t + \varphi_2) \quad (2.3)$$

Bei den unter (2.2) angegebenen Betriebsbedingungen konvergiert (2.3) sehr schnell. Kommerzielle Fluxgate-Sensoren verfügen über Abweichungen von der Linearität, die weniger als 1 % betragen. Die für Präzisionsmessungen nicht ausreichende Linearität läßt sich durch eine Gegenkopplung wesentlich verbessern. Der Sensor sieht dann nur noch ein sehr kleines Feld  $H_e$ , das gegenüber dem zu messenden Feld  $H_m$  sehr klein ist. Es ist daher ausreichend, nur das erste Glied von der unter (2.3) angegebenen Reihenentwicklung weiter zu benutzen. Benutzt man die Abkürzung  $G_1/\hat{H}_1 = K_1$ , so lautet das erste Glied von (2.3):

$$U_s^{(2)} = K_1 H_e \sin(2\hat{\omega}t + \varphi_2) \quad (2.4)$$

(2.4) entspricht jedoch nur idealen Verhältnissen, wie sie bei Annahme identischer und symmetrischer Hysteresisschleifen beider Kerne sowie unter Vernachlässigung der Mikrostruktur der Ferromagnetika auftreten. Es bedarf daher der Korrektur durch

eine Störgröße  $N$ , die Effekte wie Barkhauseneffekt, Nachwirkungseffekte sowie Einflüsse von Restmagnetisierungen enthält.

$$U_s^{(2)} = [K_1 H_e + N(t)] \sin(2\omega t + \varphi_2) \quad (2.5)$$

Das Verhalten von  $N(t)$  soll hier nicht näher untersucht werden; durch einen zusätzlichen Kompensationsstrom durch die Sekundärwicklung kann jedoch erreicht werden, daß  $\langle N(t_0) \rangle = 0$  wird. Mit dieser einmal durchgeführten Kompensation läßt sich der Anteil der stabilen remanenten Magnetisierung der Sensorkerne kompensieren. Der Ausdruck  $N(t) - \langle N(t_0) \rangle$  bestimmt dann die Nullpunktstabilität sowie das Rauschen des Sensors.

### 2.2.2. Die Elektronik

Die Magnetometerelektronik enthält im wesentlichen den Treiber für die Sondenerregung, den Meßverstärker für  $U_s^{(2)}$  sowie den Demodulator und einen nachfolgenden Gleichstromverstärker für den Gegenkopplungskreis. Es ergibt sich dann im Prinzip folgender Aufbau:

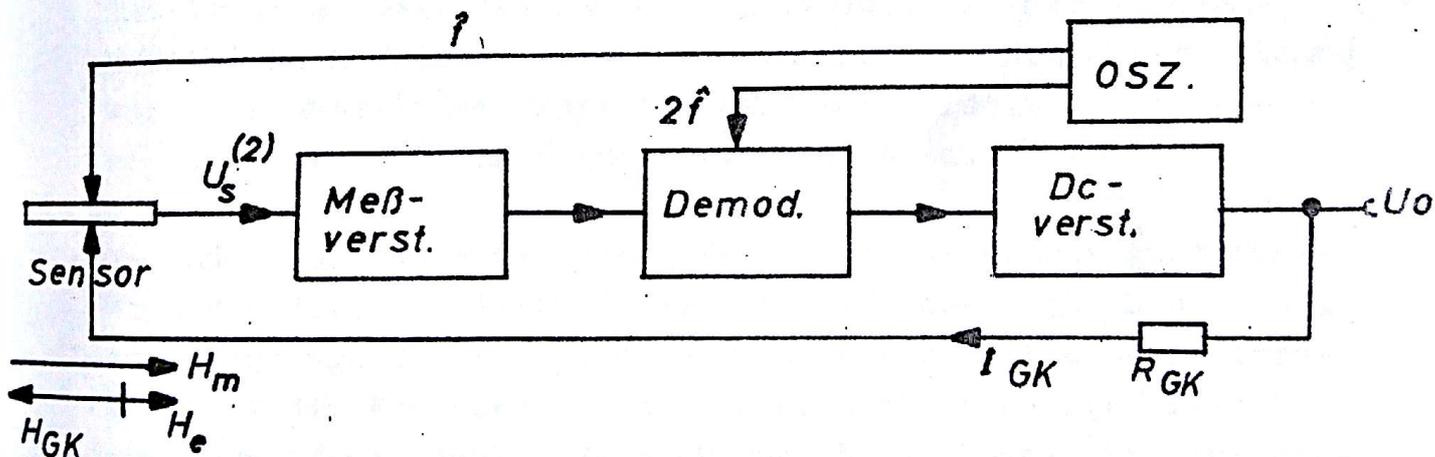


Abb. 2.3

Prinzipanordnung der Magnetometerelektronik

Das Sensorsignal  $U_s^{(2)}$  wird auf den Eingang eines selektiven Meßverstärkers der Mittenfrequenz  $2\hat{\omega}$  gegeben. ( $\hat{\omega} = 2\pi f$ ). Der sich anschließende Demodulator (gesteuerter Gleichrichter) liefert im Grenzfall eines zu messenden Gleichfeldes eine Ausgangsspannung, deren Polarität und Betrag dem auf den Sensor wirkenden Magnetfeld in Richtung und Amplitude entspricht. Das Ausgangssignal des Demodulators wird vom sich anschließenden DC-Verstärker verstärkt. Die Ausgangsspannung  $U_0$  des DC-Verstärkers bewirkt einen Strom in der Gegenkopplungsspule, der ein dem zu messenden Feld  $H_m$  entgegengesetztes gerichtetes Feld  $H_{GK}$  erzeugt. Durch die Gegenkopplung sieht der Sensor daher nur noch ein äußeres Feld  $H_e = H_m - H_{GK}$ .

Die im folgenden durchgeführte Ermittlung der Übertragungsfunktion wird für eine ideal arbeitende Anordnung vorgenommen.

Es wird dabei angenommen, daß das Spektrum des auf den Sensor wirkenden äußeren Feldes sich auf einen Frequenzbereich  $0 \leq \omega < \omega_{gr}$  erstreckt, wobei  $\omega_{gr} \ll 2\hat{\omega}$ , angenommen wird. Das Sensorausgangssignal  $U_s^{(2)}$  spaltet dann hinsichtlich des Amplitudenspektrums auf, wobei dann die wesentlichen Amplituden bei  $2\hat{\omega} + \omega$  und  $2\hat{\omega} - \omega$  auftreten werden. Es kann weiterhin angenommen werden, daß der dem Sensor folgende Meßverstärker (siehe Abb. 2.3), dessen Mittenfrequenz bei  $2\hat{\omega}$  liegen muß, noch keine wesentliche Änderung des Verstärkungsfaktors bei  $2\hat{\omega} + \omega$  bzw. bei  $2\hat{\omega} - \omega$  aufweist. Bei der sich anschließenden Demodulation mit nachfolgender Mittelwertbildung wird der Anteil der Trägerfrequenz unterdrückt und es erscheint wiederum ein Signal der Frequenz  $\omega$ .

Es läßt sich daher bei der Aufstellung der Übertragungsfunktion vom direkten Einfluß der Erregerfrequenz absehen, wobei stillschweigend vorausgesetzt wird, daß über die Sensorerregung mit der Frequenz  $\hat{\omega}$  der Sensor bei einem angelegten äußeren Magnetfeld (Amplitudenspektrum  $H_e(\omega)$ ) eine Ausgangsspannung  $U_s^{(2)}(\omega)$  liefert.

Entsprechend (2.4) besteht dann der Zusammenhang

$$U_S^{(2)}(\omega) = K_1(\hat{\omega}, i\omega) \cdot H_e(\omega) \quad (2.6)$$

$K_1(\hat{\omega}, i\omega)$  stellt damit die Übertragungsfunktion des Sensors dar. Im folgenden wird die Abhängigkeit von  $\hat{\omega}$  nicht mehr explizit erwähnt.

In gleicher Weise wird die Übertragungsfunktion des Meßverstärkers modifiziert. Im realen Aufbau ist er symmetrisch um die Mittenfrequenz  $2 \hat{\omega}$  aufgebaut. Die Übertragungsfunktion läßt sich daher darstellen als Funktion von  $2 \hat{\omega} \pm \omega$ . Für ein  $U_S^{(2)}(\omega)$  wirkt der Meßverstärker wie ein Tiefpaß, dessen Übertragungsfunktion im folgenden mit  $V_1(i\omega)$  bezeichnet wird. Die -3-dB-Frequenz ist dabei klein gegenüber der Mittenfrequenz  $2 \hat{\omega}$ . Die sich anschließende Demodulation dient der Abtrennung des  $2 \hat{\omega}$ -Anteiles vom Meßsignal, wobei am Ausgang des Demodulators ein  $\omega$ - und ein  $4 \hat{\omega}$ -Anteil entsteht. Der nachfolgende DC-Verstärker mit der Übertragungsfunktion  $V_2(i\omega)$  muß daher bei  $\omega = 4 \hat{\omega}$  hinreichend stark abgefallen sein.

Gemäß Abb. 2.3 sei die Spulenkonstante der Gegenkopplungsspule  $K_{GK}$ , wobei gelte:  $U_o(\omega) = R_{GK} \cdot I_{GK}(\omega)$ .

Es ergeben sich dann die folgenden Beziehungen:

$$U_S^{(2)}(\omega) = K_1(i\omega) H_e(\omega)$$

$$U_o(\omega) = U_S^{(2)}(\omega) \cdot V_1(i\omega) \cdot V_2(i\omega) \quad (2.7)$$

$$H_{GK}(\omega) = K_{GK} \cdot I_{GK}(\omega) = U_o(\omega) \cdot K_{GK}/R_{GK}$$

$$H_e(\omega) = H_m(\omega) - H_{GK}(\omega)$$

Die Kombination der unter (2.7) aufgeführten Beziehungen ergibt die Empfindlichkeit  $E(i\omega)$  des Magnetometers, wobei  $E(i\omega)$  definiert ist durch:

$$U_o(\omega) = E(i\omega) \cdot H_m(\omega) \quad (2.8)$$

$$\text{mit } E(i\omega) = \frac{R_{GK}}{K_{GK}} \cdot \frac{V_1(i\omega) V_2(i\omega) K_1(i\omega) K_{GK}/R_{GK}}{1 + V_1(i\omega) V_2(i\omega) K_1(i\omega) K_{GK}/R_{GK}} \quad (2.9)$$

[E] in Volt/γ.

Die Magnetometerelektronik ist so dimensioniert, daß für den vorgesehenen Arbeitsfrequenzbereich des Magnetometers gilt:

$$\left| V_1(i\omega) V_2(i\omega) K_1(i\omega) \cdot K_{GK}/R_{GK} \right| \gg 1 \quad \text{für } \omega \ll \omega_{gr}$$

In diesem Fall bestimmt dann nur noch das Verhältnis  $R_{GK}/K_{GK}$  die Empfindlichkeit des Magnetometerausganges.

In der nachfolgenden Abb. 2.4 ist die typische Frequenzabhängigkeit der Empfindlichkeit in einer normierten Form dargestellt. Dabei ist gesetzt:

$$\left| E(2\pi i f_{gr}) \right| / \left| E(0) \right| = 1/\sqrt{2} \quad \text{für } f/f_{gr} = 1$$

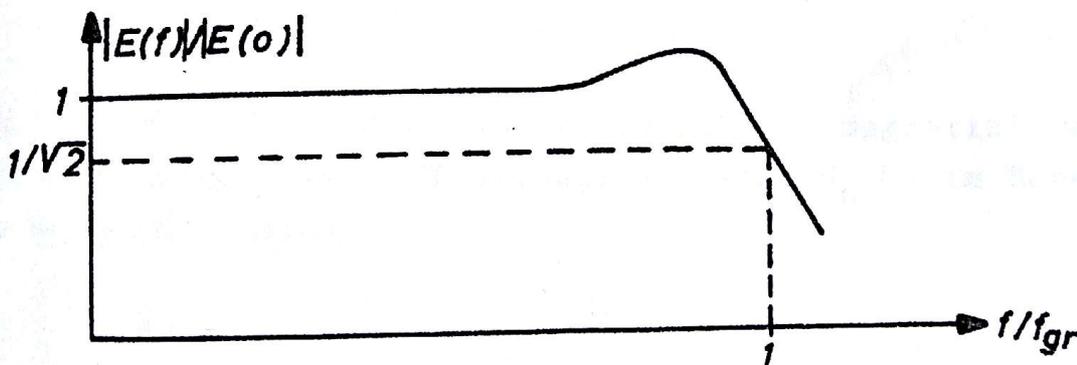


Abb. 2.4

Frequenzabhängigkeit der Empfindlichkeit  
des gegengekoppelten Magnetometers

Bei einer Sondenerregerfrequenz  $\hat{f}$  von etwa 10 kHz kann  $f_{gr}$  bei einigen  $10^2$  Hz liegen.

Die im Kapitel 2.2.2 durchgeführten Rechnungen gehen vom idealen Sensor sowie von einer ideal arbeitenden Elektronik aus. Im folgenden soll hier nur das Problem der Nicht-Linearität sowie des Sensoroffsets gestreift werden.

Auf Grund der Gegenkopplung sieht der Sensor nur noch das äußere Feld  $H_e$ . Der Zusammenhang mit  $H_m$  ergibt sich unter Benutzung der unter (2.7) angegebenen Beziehungen.

$$H_e(i\omega) = H_m(i\omega) (1 + V_1(i\omega) V_2(i\omega) K_1(i\omega) K_{GK}/R_{GK})^{-1} \quad (2.10)$$

Unter Benutzung der unter (2.3) angegebenen Reihenentwicklung erhält man unter Berücksichtigung des zweiten Gliedes eine Abweichung von der Linearität. Die Gegenkopplung reduziert diese Abweichung in erster Näherung um den Faktor:

$$(1 + V_1(i\omega) V_2(i\omega) K_1(i\omega) K_{GK}/R_{GK})^{-2}$$

Ist das zu messende Feld zeitlich konstant, so modifiziert unter Benutzung von (2.6) der "Offset" des Magnetometers Beziehung (2.8) folgendermaßen:

$$U_o^{(0)} = E(0) [H_s(0) + H_o(0)] \quad (2.11)$$

$H_o(0)$  läßt sich durch eine künstliche Vormagnetisierung eliminieren. Ohne diesen Offsetabgleich kann  $H_o(0)$  im Bereich von etwa  $\pm 20 \gamma$  liegen.

## 2.3. Technische Ausführung des Magnetometers

### 2.3.1. Das Sensorsystem

Drei Sensoren sind zu einem Tripel in der E2A-Einheit zusammengefaßt. Sie bilden ein U-, V-, W-System in bezug auf das S/C-feste X-, Y-, Z-Koordinatensystem.

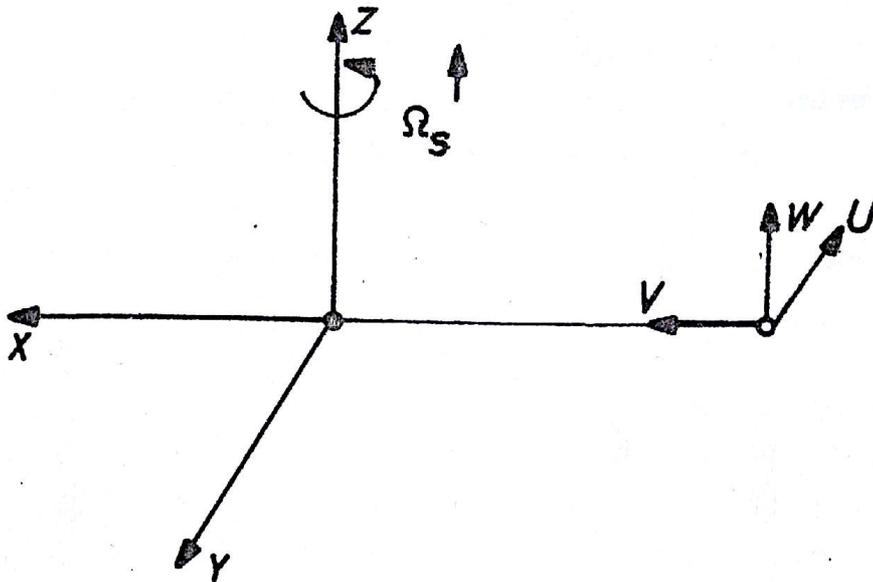


Abb. 2.5

### Anordnung der Achsensysteme Raumsonde - E2A

Wie in Abb. 2.5 dargestellt, liegt V parallel zur +X-Richtung, U parallel zur -Y-Richtung und W parallel zur +Z-Richtung des Satelliten. Diese Anordnung entspricht jedoch nur einer Soll-Anordnung. In der Ist-Anordnung wird das U-, V-, W-System durch die Spiegelnormalen eines an der E2A-Einheit befestigten verspiegelten Würfels aufgespannt. Abgesehen von einer Translation läßt sich dann durch Angabe von drei Winkeln jeder im U-, V-, W-System gemessene Vektor auf das X-, Y-, Z-System der Raumsonde umrechnen.

Die Vermessung der Winkel beider Referenzsysteme gegeneinander wird durch den Hauptauftragnehmer der Raumsonde durchgeführt. Während der Mission sollen die Winkel bis auf einen absoluten Größtfehler von  $\pm 1^\circ$  bekannt sein.

Die magnetischen Achsen des Sensortripels selbst spannen wiederum ein Achsensystem  $(u, v, w)$  auf. Nominell liegt  $u \parallel -Y$ ,  $v \parallel +X$ ,  $w \parallel +Z$  und damit  $u \parallel U$ ,  $v \parallel V$ ,  $w \parallel W$ . Da eine gemeinsame Datenauswertung der E2-Daten und der Wellenform-Daten von E4 in den Formaten 5 und 6 vorgesehen ist, muß die Lage des  $(u, v, w)$ -Systems sehr genau gegenüber dem U-, V-, W-System der E2A-Einheit bekannt sein. Pro Sensorachse ist daher die Bestimmung von zwei Winkeln erforderlich. Die Messung erfolgt durch den Experimentator. Die Winkel müssen mit einer Genauigkeit von mindestens  $\pm 2'$  bekannt sein.

Zur Nullpunktsbestimmung wird das Sensortripel durch den in der E2A-Einheit befindlichen Flipper um  $90^\circ$  gedreht.

Die Soll-Drehung erfolgt um die  $v$ -Achse.

In diesem Fall liegt  $u \parallel +Z$  und  $w \parallel +Y$ . Da auch nach dem Umklappen die Lage des  $(u, v, w)$ -Systems zum  $(U, V, W)$ - bzw.  $(X, Y, Z)$ -System genau bekannt sein muß, sind hier in gleicher Weise nochmals zwei Winkel pro Sensorachse zu bestimmen. Damit ist für jede der beiden möglichen Stellungen des Sensortripels ein Satz von jeweils sechs Winkeln zur Umrechnung der im  $(u, v, w)$ -System gemessenen Feldvektoren auf das  $(U, V, W)$ -System erforderlich.

Die Nullpunktsbestimmung kann später immer nur für diejenigen Magnetometerkomponenten vorgenommen werden, die in der X-Y-Ebene des S/C liegen. Es sei  $\underline{H}_m$  das äußere zu messende Feld,  $\underline{H}_{SC}$  das Störfeld des Satelliten und  $\underline{H}_{OFF}$  das durch Nullpunktsdriften der Magnetometerkomponenten vorgetäuschte Zusatzfeld. Dann ergeben sich die folgenden Ausgangssignale, wobei eine Spinfrequenz  $\Omega_s$  zugrunde gelegt wird:

$$\begin{aligned}
 U_X &= E_X (H_{mX} \sin \Omega_s t + H_{SCX} + H_{OFFX}) \\
 U_Y &= E_Y (H_{mY} \cos \Omega_s t + H_{SCY} + H_{OFFY}) \\
 U_Z &= E_Z (H_{mZ} + H_{SCZ} + H_{OFFZ})
 \end{aligned}
 \tag{2.12}$$

(2.10) gilt in dieser Form nur unter der Annahme einer konstanten Empfindlichkeit für alle drei Sensoren.

Eine Mittelwertbildung mit einer Zeitkonstanten  $T \gg \Omega_s/2\pi$  liefert für die Komponenten senkrecht zur Spinachse des Satelliten die Summe aus Nullpunktsablage und Störfeld des Satelliten.

$$\begin{aligned}
 \langle U_X \rangle &= E_X (H_{SCX} + H_{OFFX}) \\
 \langle U_Y \rangle &= E_Y (H_{SCY} + H_{OFFY})
 \end{aligned}
 \tag{2.13}$$

Vom (u, v, w)-System des Sensors aus gesehen ergibt sich:

a) wenn  $u \parallel -Y, \quad v \parallel +X, \quad w \parallel Z$  (Stellung 1)

für die u-Komponente:  $-H_{SCY} + H_{OFFU}$  (2.14)

für die v-Komponente:  $+H_{SCX} + H_{OFFV}$

b) wenn  $u \parallel Z, \quad v \parallel +X, \quad w \parallel +Y$  (Stellung 2)

für die v-Komponente:  $+H_{SCX} + H_{OFFV}$  (2.15)

für die w-Komponente:  $+H_{SCY} + H_{OFFW}$

Bei bekanntem  $H_{SC}$  am Ort der Magnetometersensoren ist die Bestimmung  $H_{OFF}$  möglich. Dies bedingt hohe Anforderungen an die magnetische Reinheit der Raumsonde sowie an die Stabilität der remanenten Restmagnetisierung während des Starts und des späteren Fluges. Es ist spezifiziert:

$$\left| H_{OFFX}^{SCX} \right|, \left| H_{OFFY}^{SCY} \right| < 2 \gamma \quad \text{und} \quad \left| H_{OFFZ}^{SCZ} \right| < 1 \gamma$$

am Ort des Sensors. Die Stabilität soll in allen drei Komponenten besser als  $\pm 0.2 \gamma$  sein.

Die Mittelwertbildung selbst kann unter gewissen Voraussetzungen auf zwei Arten vorgenommen werden.

1. Da die Abtastung synchron mit dem Spin erfolgt, kann die Mittelwertbildung immer dann durchgeführt werden, wenn mindestens zwei Vektoren pro Umdrehung übertragen werden. Dies ist möglich im Format 1 bei einer Bitrate von 1024 bps (2 Vekt./Umdr.), 2048 bps (4 Vekt./Umdr.) sowie generell in den Formaten 5 und 6.
2. In der E2C-Einheit befindet sich für jede der drei Komponenten ein digitaler Tiefpaß. Der -3-dB-Punkt liegt bei einer Periode von 1h. Für die beiden jeweils senkrecht zur Spinachse liegenden Komponenten werden die Mittelwerte berechnet und später über Housekeeping übertragen. Die Rechenoperation wird unabhängig vom jeweils eingeschalteten Format durchgeführt.

Jeder der Sensoren besitzt zusätzlich noch eine Kalibrierwicklung und eine Feldkompensationswicklung. Die Kalibrierspulen sind hintereinander geschaltet. Während der Dauer eines Kalibrierzyklus (4 BTC 1 E2-) werden den Sensoren zur gleichen Zeit nacheinander Felder von  $\pm 20 \gamma$  und  $\pm 150 \gamma$  eingeprägt.

Die Auslösung des Zyklus erfolgt über ein Kommando. Der Kommandoempfänger und der Generator für den Eichzyklus befinden sich in der E2D-Einheit.

Die Kompensationsspulen auf den Sensoren sind in einer Sternschaltung miteinander verbunden. Über den an der E2A-Einheit sich befindenden Teststecker E2A-J3 können Kompensationsströme eingespeist werden, mit deren Hilfe man für Prüfzwecke das Magnetfeld am Ort der Sensoren in jeder Komponente getrennt kompensieren kann.

Zusätzlich befinden sich an diesem Stecker Signal-Condition-Ausgänge, die eine Überprüfung der analogen Magnetometerausgangssignale zu Testzwecken ermöglichen. Die Empfindlichkeit beträgt jeweils ungefähr  $2.1 \text{ mV}/\gamma$ .

Auf der Sensorhalterung ist ein Thermistor (Bezeichnung TEE 201) befestigt, der während des Fluges eine Temperaturmessung über Housekeeping gestattet. Der Meßbereich ist auf  $- 100^{\circ}\text{C}$  bis  $+ 200^{\circ}\text{C}$  festgelegt worden. Die Meßgenauigkeit entspricht einer Quantisierung von 8 bit für den Gesamtbereich.

Alle Signalleitungen vom Sensortripel, mit Ausnahme der zum Teststecker führenden, werden auf den Stecker E2A-J2 geführt. Die Signalleitungen der Sensoren werden über einen Boomkabelbaum mit der E2B-Einheit verbunden.

### 2.3.2. Die Magnetometerelektronik

Die Magnetometerelektroniken sind für die U-, V- und W-Komponenten identisch aufgebaut. Sie sind gegeneinander abgeschirmt, um Einstreuungen zu vermeiden.

In der W-Elektronik befindet sich zusätzlich der gemeinsame Oszillator, der die Sensortreiber sowie die Demodulatoren steuert.

Die nachfolgende Abb. 2.6 zeigt ein Blockschaltbild der technischen Ausführung der Elektronik für die W-Komponente.

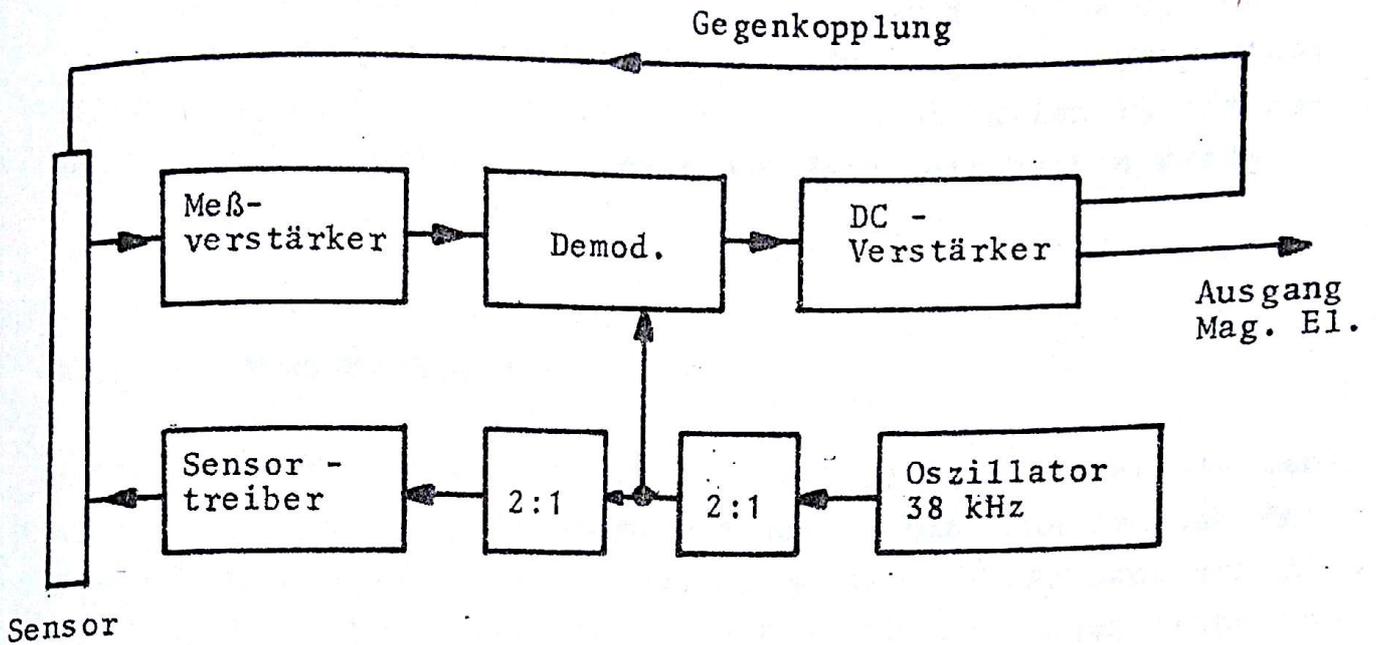


Abb. 2.6

Blockschaltbild W-Elektronik

2.3.2.1. Oszillator

Der Oszillator liefert ein Sinussignal mit einer Sollfrequenz von 38 kHz. Er ist in RC-Technik aufgebaut mit einem OP-Amp. als aktivem Glied.

2.3.2.2. Binärteiler

Die Binärteiler sind in COS/MOS-Technik ausgeführt. Sie erzeugen die 19 kHz als Referenzsignal für die Demodulatoren sowie die 9.5 kHz zur Sensorerregung. Von der W-Elektronik gehen die 9.5 kHz und 19 kHz parallel zu den U- und V-Komponenten.

### 2.3.2.3. Treiberstufe

Die Treiberstufe dient zur Ansteuerung der Erregerwicklung des betreffenden Sensors. Durch eine Kapazität in Reihe mit der Erregerwicklung des Sensors wird die DC-Komponente ausgesiebt. Bei der Auslegung ist speziell auf einen minimalen 19-kHz-Anteil geachtet worden, da dieser ein Feld vortäuschen würde.

### 2.3.2.4. Meßverstärker

Der Meßverstärker ist ein aktives RC-Filter mit hoher Flankensteilheit. Die Mittenfrequenz beträgt 19 kHz. Aus Gründen der Leistungersparnis wurde dieses Glied unter Verwendung von diskreten Transistoren aufgebaut. Es gibt zur Zeit noch keine integrierten Verstärker, die bei vergleichbarer Ruheleistungsaufnahme eine hinreichende Verstärkungsreserve bei 19 kHz aufweisen. Zur Vermeidung von Einstreuungen ist jeder Meßverstärker nochmals gesondert durch ein Cu-Blech abgeschirmt.

### 2.3.2.5. Demodulator

Der Demodulator liefert eine Spannung, die von Betrag und Phase der 19-kHz-Meßspannung abhängt. Als Referenzfrequenz dient das 19-kHz-Signal nach dem ersten Binärteiler.

Der Demodulator ist aus aktiven Bauelementen aufgebaut.

### 2.3.2.6. DC-Verstärker

Der DC-Verstärker wird benötigt, um eine möglichst hohe Ringverstärkung des demodulierten Signals zu erreichen.

Es kommt dafür ein extrem driftarmer OP zur Anwendung.

Jede der drei Komponenten enthält zwei Abgleichwiderstände, über die sich der DC-Anteil des Magnetometeroffsets eliminieren sowie die gewünschte Empfindlichkeit des Magnetometers einstellen läßt. Die Ermittlung der Widerstandswerte erfolgt in der Magnetfeldsimulationsanlage des Instituts für Geophysik.

### 2.3.3. Die Meßbereichsumschaltung

#### 2.3.3.1. Übersicht

Die Bereichsumschaltung ist für U, V und W identisch aufgebaut und bildet jeweils eine Einheit für sich. Sie besteht aus einem Aliasingfilter am Eingang, einem nachfolgenden Zweiweg-Präzisionsgleichrichter und einem Verstärker mit umschaltbarer Verstärkung. Die Polarität des Meßsignals wird durch einen Komparator angezeigt, während die Umschaltung der Verstärkungsfaktoren des Endverstärkers durch einen Trigger mit fest eingestellter Hysterese vorgenommen wird.

Der Verstärkungsfaktor wird zusätzlich über einen Digitalausgang des Triggers angezeigt.

In der U-Komponente der Bereichsumschaltung ist zusätzlich ein Meßthermistor (TEE 202) untergebracht, der während des Fluges über einen Housekeepingkanal die Elektroniktemperatur mißt.

Der Anzeigebereich liegt zwischen  $-40^{\circ}\text{C}$  und  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Die Quantisierung erfolgt mit 8 bit.

Ein Blockschaltbild der Bereichsumschaltung zeigt Abb. 2.7.

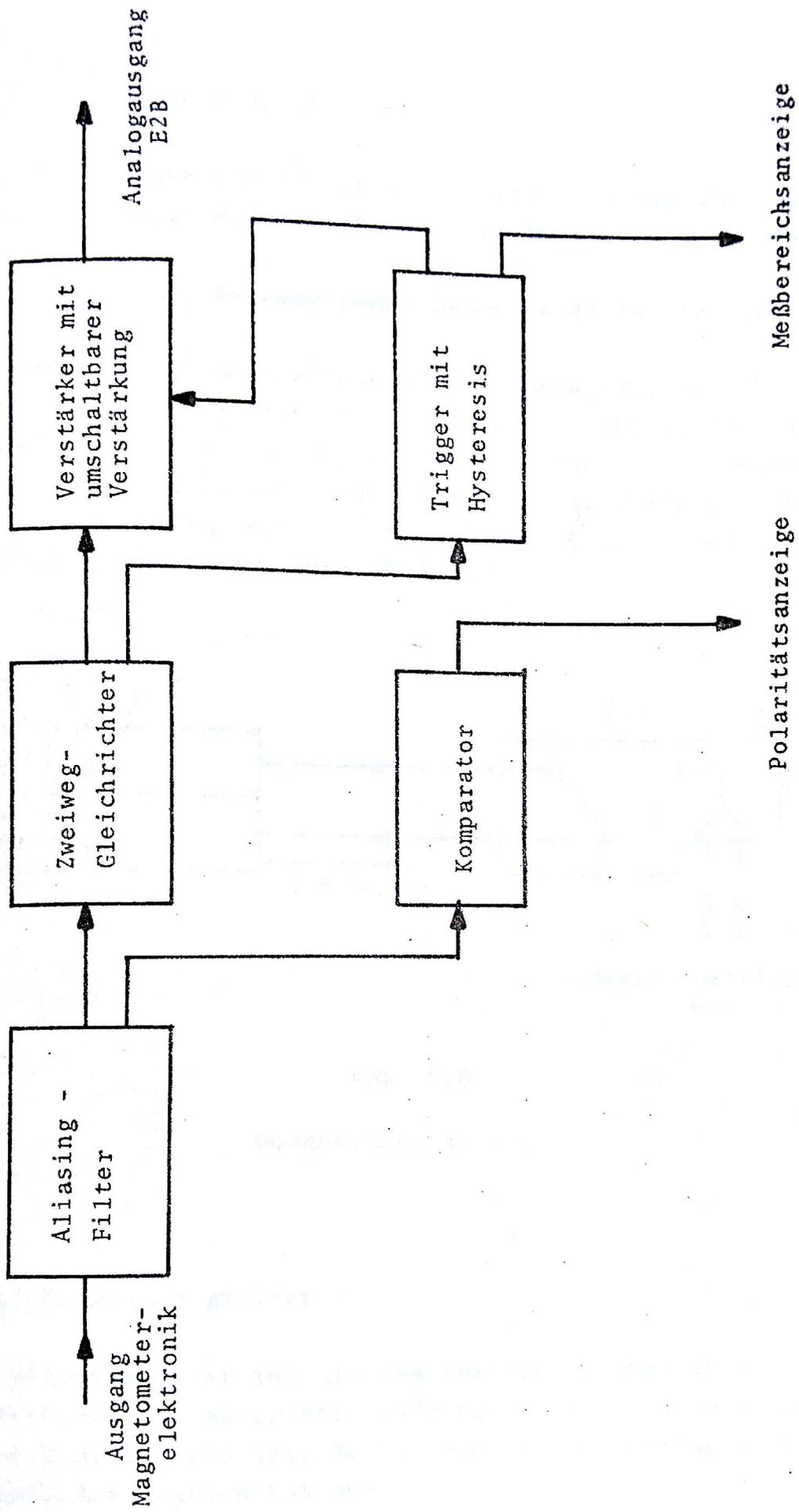


Abb. 2.7

Blockschaltbild Meßbereichsumschaltung für eine Komponente

### 2.3.3.2. Umschaltung E2 / E3

Das Exp.2 Magnetometer hat als zusätzliche Aufgabe, aus den gemessenen Magnetfelddaten Stoßwellen während des Fluges zu identifizieren.

Die Auswertung der gemessenen Magnetfelddaten erfolgt in der E2C-Einheit.

Aus Redundanzgründen können durch Umschaltung die Analogsignale der Magnetometerelektronik vom Exp.3 auf den Eingang der Bereichsumschaltung von Exp.2 gegeben werden. Die Umschaltung erfolgt über ein Relais in der E2D-Einheit, die auch den Empfänger für das Schaltkommando enthält. Abb. 2.8 zeigt die Prinzipanordnung der Umschaltung E2 / E3.

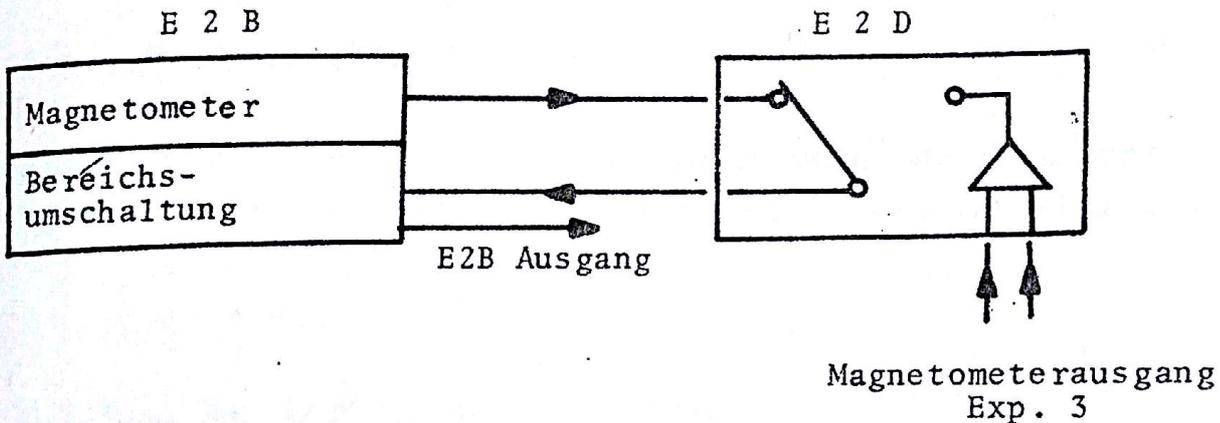


Abb. 2.8

Umschaltung E2 / E3

### 2.3.3.3. Aliasingfilter

Das Aliasingfilter ist als zweipoliges aktives RC-Filter mit Butterworth-Charakteristik aufgebaut. Die -3-db-Frequenz ist auf 4.0 Hz festgesetzt. Es hat eine Soll-Übertragungsfunktion  $V_F(i\omega)$ , die gegeben ist zu:

$$V_F(i\omega) = - \left[ 1 + \frac{i\omega}{\omega_0} \cdot \sqrt{2} - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right]^{-1} \quad (2.14)$$

$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$  entspricht der halben maximalen Abtastfrequenz von Exp. 2.

#### 2.3.3.4. Zweiweggleichrichter

Der Zweiweggleichrichter dient zur Gleichrichtung des am Ausgang des Aliasingfilters stehenden Signals. Er ist unter Verwendung von integrierten Verstärkern aufgebaut.

#### 2.3.3.5. Komparator

Der Komparator wandelt die analoge Aussage der Polarität in eine digitale um. Der Ausgang des Komparators ist LPTTL.

#### 2.3.3.6. Der Trigger mit Hysterese

Der Trigger dient zur Ansteuerung des Endverstärkers. Er besorgt die am Meßwert orientierte automatische Umschaltung des Verstärkungsfaktors des Ausgangsverstärkers.

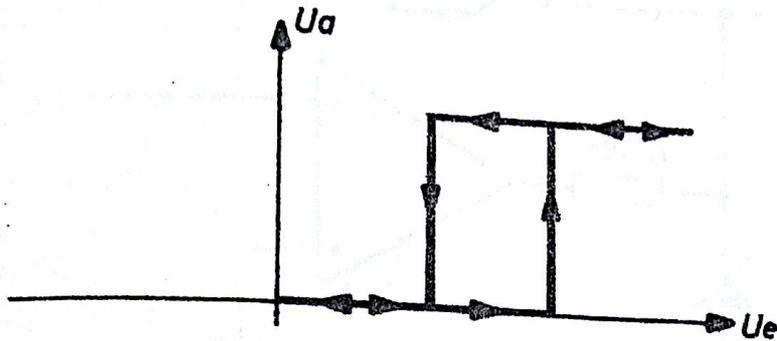


Abb. 2.9

### Schaltverhalten des Triggers

Die Breite der Hysterese beträgt 59 mV, entsprechend 4.8  $\gamma$  bezogen auf die Soll-Empfindlichkeit des Magnetometers. Die Stellung des Triggers wird durch einen LPTTL kompatiblen Ausgang binär angezeigt. Sie gibt Auskunft über den augenblicklich eingeschalteten Meßbereich.

#### 2.3.3.7. Ausgangsverstärker

Je nach Meßbereich betragen die Verstärkungsfaktoren 1.00 (Grobmeßbereich) oder 4.00 (Feinmeßbereich). Zum Schutz des ADC in der E2D-Einheit gegen zu hohe Ausgangsspannungen ( $> + 8$  Volt bzw.  $< - 3$  Volt) ist eine spezielle Schutzschaltung vorgesehen.

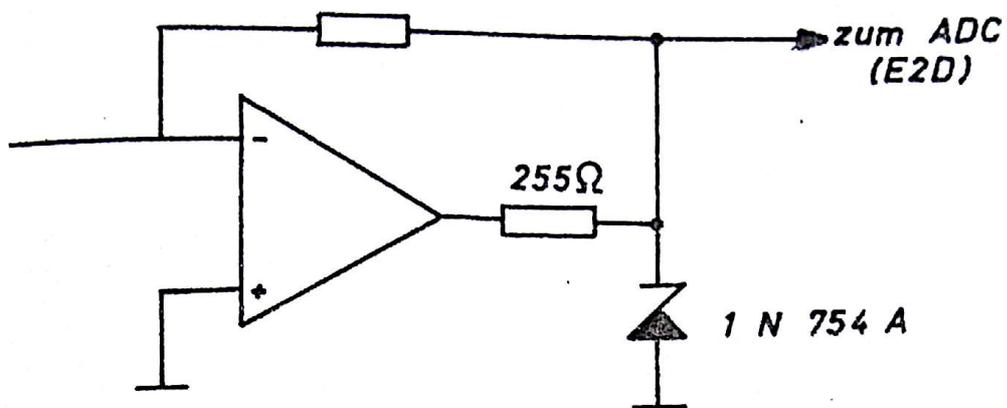
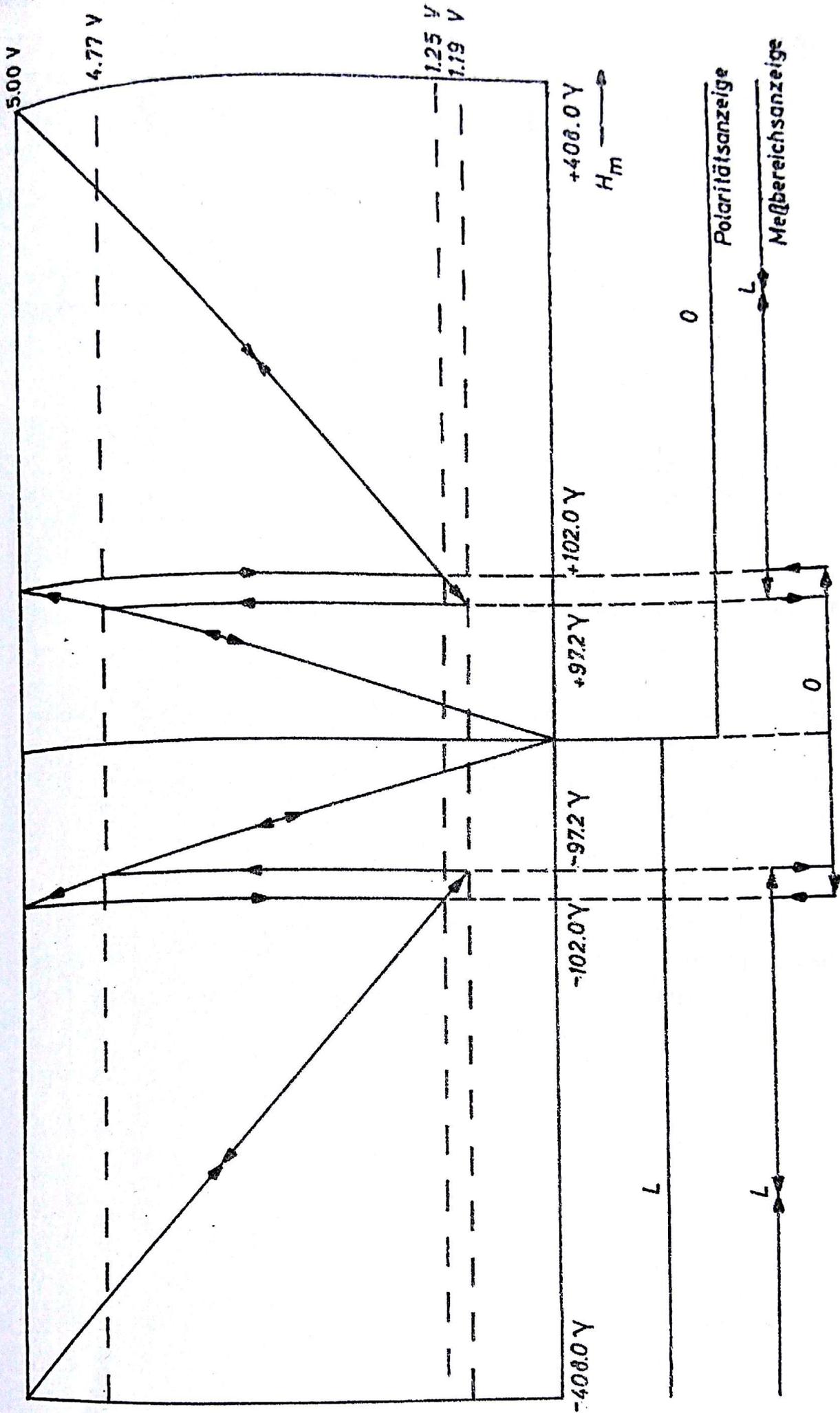


Abb. 2.10

Ausgangsverstärker

Die Schutzschaltung begrenzt die Ausgangsspannung auf den Bereich von - 0.7 Volt bis + 6.8 Volt. Beim Auftreten von Ausgangsspannungen  $> 5.5$  Volt tritt eine erhöhte Leistungsaufnahme der betreffenden Komponente auf. Sie kann, verursacht durch die Schutzschaltung, maximal 180 mW betragen.

Abb. 2.11 zeigt für ein auf den Sensor wirkendes Gleichfeld  $H_m$  den Verlauf der Ausgangsspannungen.



HZB-Ausgangsspannung in Volt

Abb. 2.11

Soll-Ausgangsspannungsverlauf für eine Komponente (Gleichfeld!)

## 2.4. Technische Daten des Magnetometers (EM)

### 2.4.1. Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung erfolgt über die E2D-Einheit.  
Dazu müssen bereitgestellt werden:

+ 12 Volt	$\pm 1 \%$	504 mW	(545 mW bei 400 $\gamma$ )
- 12 Volt	$\pm 1 \%$	348 mW	(405 mW bei 400 $\gamma$ )
+ 5 Volt	$\pm 5 \%$	38 mW	(bis 45 mW je nach Vorzeichen und Meßbereich)
+ 8,5 Volt	$\pm 1 \text{‰}$	5 mW	

Die Leistungsaufnahme wurde bei Zimmertemperatur gemessen.  
Sie ist abhängig vom zu messenden Magnetfeld.

Abb. 2.12 zeigt die Leistungsaufnahme als Funktion von  $H_m$  getrennt bei + 12 Volt und - 12 Volt. Jede der drei Komponenten ist dabei gleichzeitig mit  $H_m$  belastet. Der bei etwa 520  $\gamma$  auftretende Sprung von 390 mW ist durch die Zenerdiode in der Schutzschaltung für den anschließenden ADC begründet.

Abb. 2.13 zeigt den Verlauf der Gesamtleistungsaufnahme als Funktion von  $H_m$ . Darin ist einbezogen die der Referenzquelle und der + 5-Volt-Versorgung entnommene Leistung.

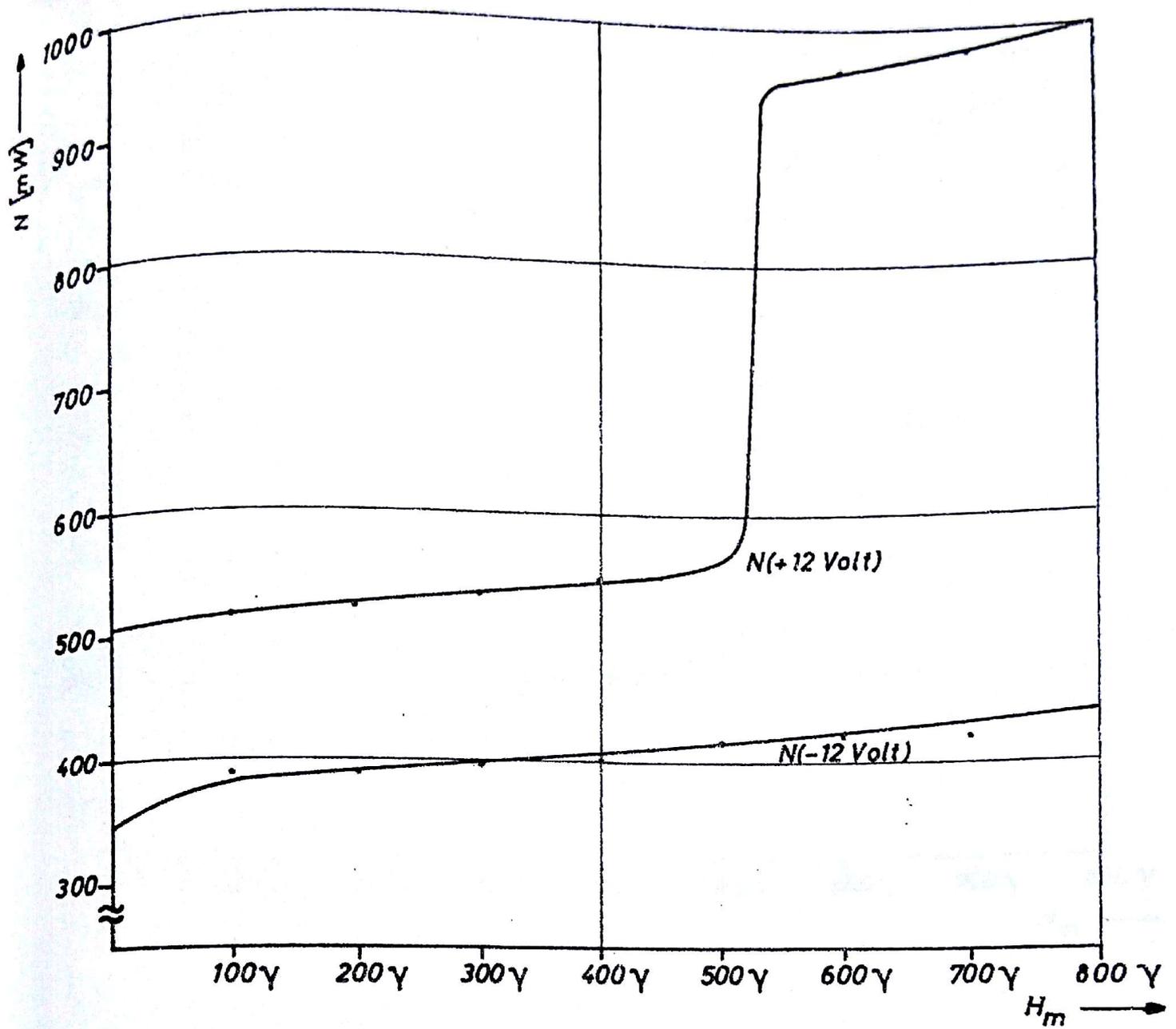


Abb. 2.12

Leistungsaufnahme als Funktion der Meßfeldstärke

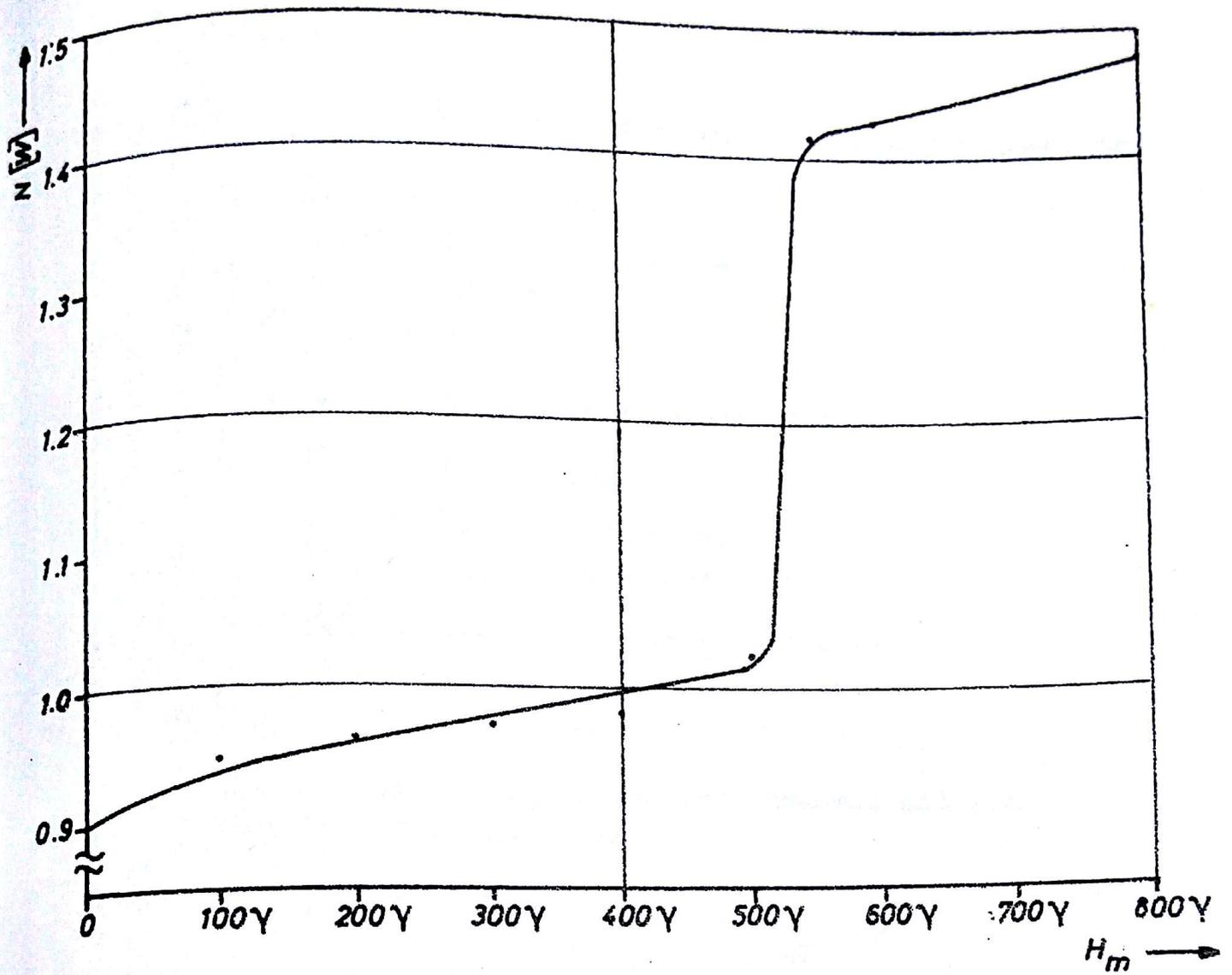


Abb. 2.13

Gesamtleistungsaufnahme E2A-Sensoren und E2B bei 20° C

## 2.4.2. Sensoren

Auf jedem der drei Sensoren sind folgende Wicklungen angebracht

- a) Primärwicklung (Erregung)
- b) Sekundärwicklung (Meßwicklung)
- c) Gegenkopplungswicklung
- d) Kalibrierwicklung

Für die Spulenkonstanten ergab sich

$$\begin{aligned} u - \text{Komp.}: K_u &= 4.98 \gamma/\mu\text{A} \\ v - \text{Komp.}: K_v &= 4.99 \gamma/\mu\text{A} \\ w - \text{Komp.}: K_w &= 4.96 \gamma/\mu\text{A} \end{aligned}$$

Die Zahlenwerte stimmen auf  $\pm 0.01 \gamma/\mu\text{A}$

- e) Kompensationswicklung

Die Kompensationswicklung ist zusammen mit dem SSK-Gerät kalibriert worden.

$$\begin{aligned} u - \text{Komp.}: 4.83 \gamma/\text{mV} &\pm 0.02 \gamma/\text{mV} \\ v - \text{Komp.}: 4.66 \gamma/\text{mV} &\pm 0.02 \gamma/\text{mV} \\ w - \text{Komp.}: 4.87 \gamma/\text{mV} &\pm 0.02 \gamma/\text{mV} \end{aligned}$$

Der Betriebstemperaturbereich der Sensoren liegt zwischen  $- 40^\circ\text{C}$  und  $+ 60^\circ\text{C}$ .

## 2.4.3. Empfindlichkeit und Übertragungsfunktion der Magnetometerelektronik

Die frequenzabhängige Empfindlichkeit der Komponente k werde definiert durch:

$$E_k(2 \pi f) = \left| E_k(2 \pi f) \right| \cdot \exp i \phi_k$$

Bei der Kalibrierung wurde bestimmt:

$|E_k(0)|$  mit einer Genauigkeit von  $\pm 1 \text{ ‰}$   
 $|E_k(2\pi if)|$  mit einer Genauigkeit von  $\pm 1 \text{ ‰}$   
 und  $\phi_k(f)$  mit einer Genauigkeit von  $\pm 1^\circ$

Der betrachtete Frequenzbereich lag zwischen 5 Hz und 200 Hz.

Es ergaben sich die folgenden Werte:

$$\begin{aligned}
 |E_u(0)| &= 12.63 \text{ mV}/\gamma \\
 |E_v(0)| &= 12.55 \text{ mV}/\gamma \\
 |E_w(0)| &= 12.58 \text{ mV}/\gamma
 \end{aligned}$$

Hinsichtlich der Frequenzabhängigkeit wurde nur die Veränderlichkeit von  $|E_k(2\pi if)|/|E_k(0)|$  bestimmt.

Die Meßwerte sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

f [Hz]	$\frac{ E_u(2\pi if) }{ E_u(0) }$	$\phi_u [^\circ]$	$\frac{ E_v(2\pi if) }{ E_v(0) }$	$\phi_v [^\circ]$	$\frac{ E_w(2\pi if) }{ E_w(0) }$	$\phi_w [^\circ]$
5	1.00	0	1.00	0	1.00	0
8	1.00	0	1.00	0	1.00	0
10	1.00	0	1.00	0	1.01	0
15	1.02	- 2	1.02	- 2	1.04	- 2
20	1.04	- 4	1.06	- 5	1.07	- 4
25	1.07	- 6	1.09	- 6	1.10	- 7
30	1.09	-10	1.11	- 8	1.13	- 9
40	1.13	-15	1.15	-15	1.17	-15
50	1.13	-22	1.17	-21	1.18	-22
60	1.13	-30	1.17	-28	1.17	-28
70	1.11	-36	1.16	-33	1.16	-34
80	1.03	-41	1.13	-40	1.12	-40
100	0.992	-54	1.04	-50	1.03	-52
150	0.776	-78	0.800	-75	0.775	-75
200	0.604	-95	0.603	-93	0.578	-93

Die Abbildungen 2.14 und 2.15 geben die Frequenzabhängigkeit der Empfindlichkeit nach Amplitude und Phase getrennt wieder.

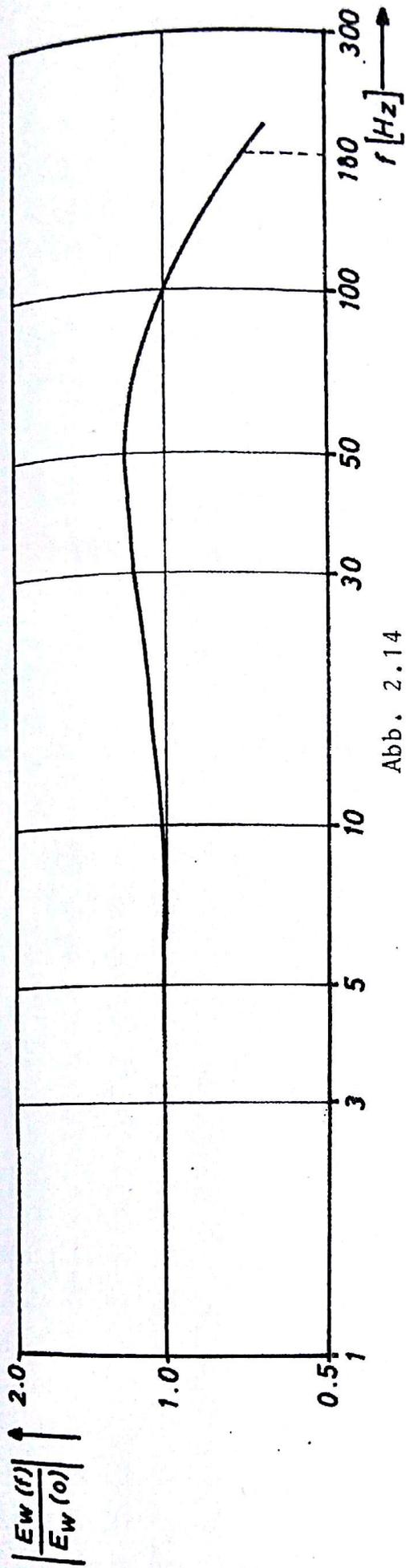


Abb. 2.14  
 Frequenzabhängigkeit der relativen Empfindlichkeit  
 ( w - Komponente )

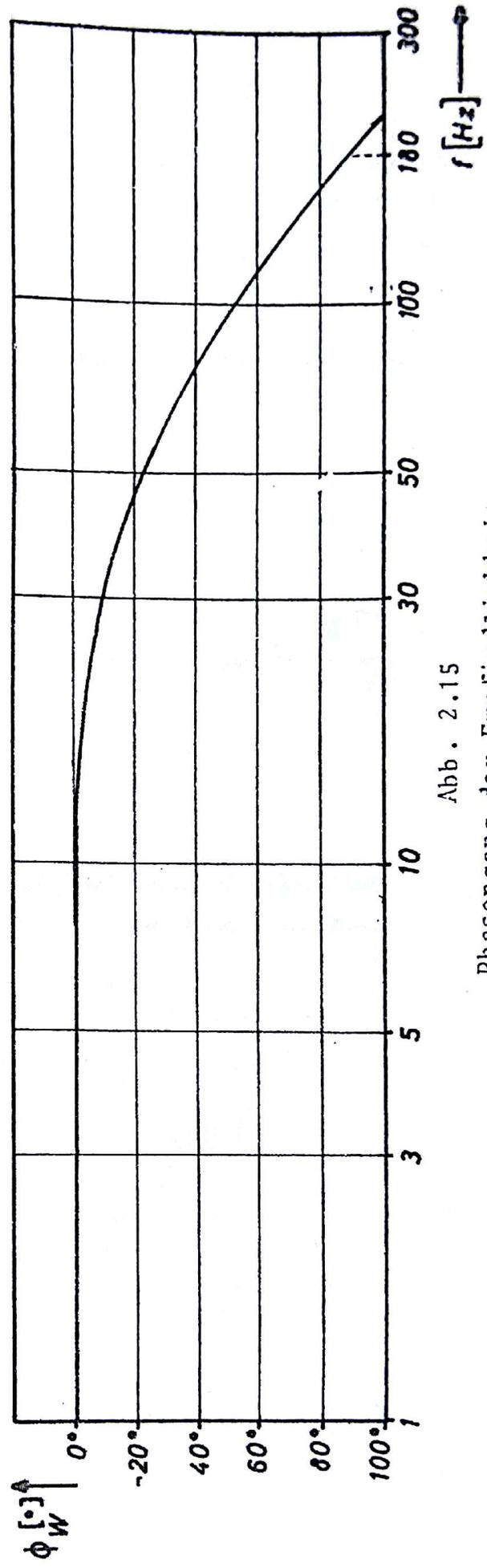


Abb. 2.15  
 Phasengang der Empfindlichkeit  
 ( w - Komponente )

#### 2.4.4. Bereichsumschaltung

Das Aliasingfilter in der Bereichsumschaltung bestimmt wesentlich die Frequenzabhängigkeit der Übertragungsfunktion einer gesamten Komponente, bestehend aus Sensor, Magnetometerelektronik und Bereichsumschaltung.

Es sei  $V_F(2 \pi f)$  die Übertragungsfunktion des Filters, dann gilt für die gesamte E2B-Einheit:

$$U(2 \pi f) = - E(2 \pi f) \cdot V_F(2 \pi f) H_m(2 \pi f)$$

wobei

$$V_F(2 \pi f) = (1 + f^4/f_0^4)^{-1/2} \exp i (\pi - \arctg \frac{\sqrt{2} f/f_0}{1 - f^2/f_0^2})$$

mit  $f_0 = 4.0$  Hz.

Abb. 2.16 zeigt die Übertragungsfunktion des verwendeten Aliasingfilters, wobei Amplituden- und Phasengang getrennt dargestellt sind.

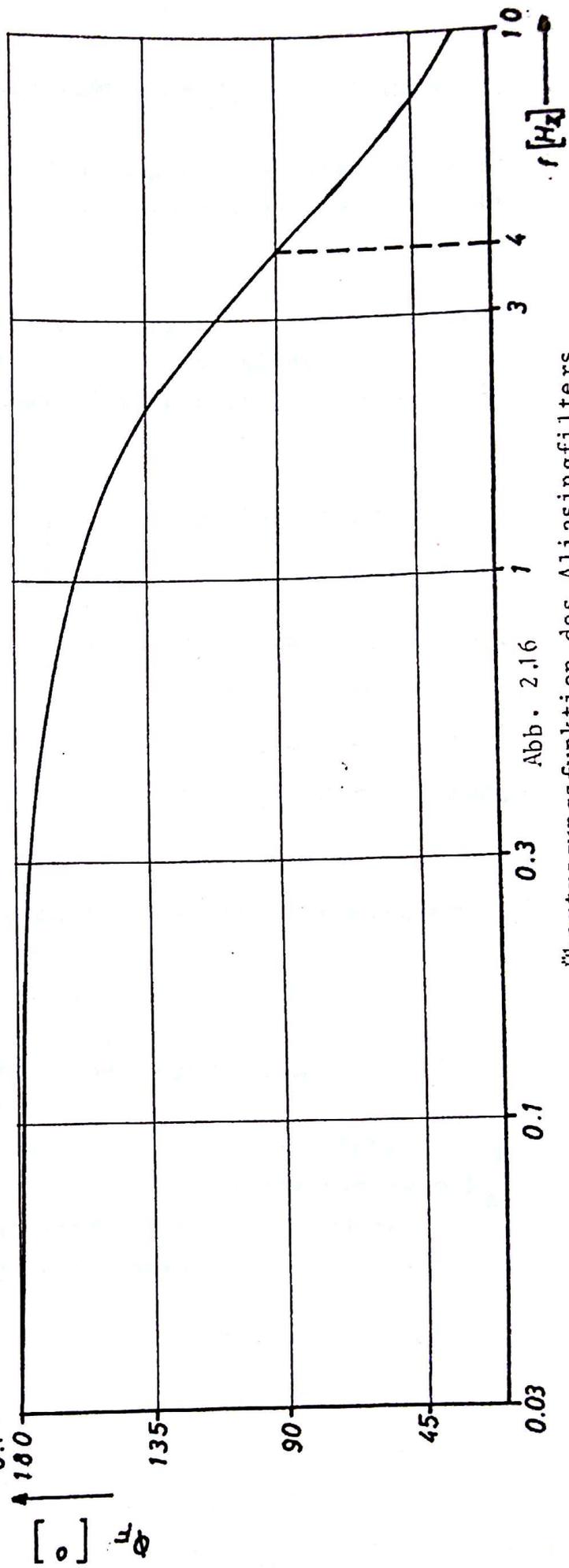
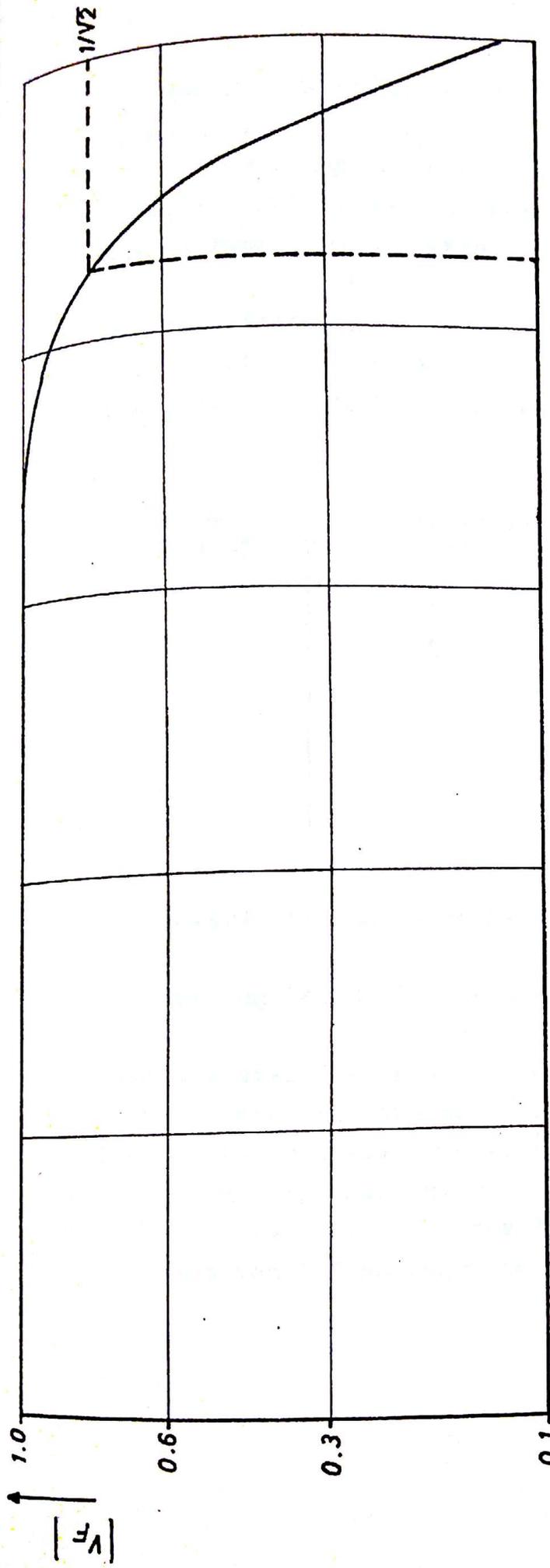


Abb. 2.16 Übertragungsfunktion des Aliasingfilters

Bei der Realisierung des Filters läßt sich  $f_0$  auf 1 % genau einhalten.

Die Kalibrierung der Bereichsumschaltung erfolgt zweckmäßigerweise mit Referenzspannungen, die auf den Eingang der Bereichsumschaltung gegeben werden.

Die Schaltschwellen liegen eingangsseitig bei 1.250 Volt bzw. 1.191 Volt. Abweichungen von  $\pm 2 \text{ ‰}$  sind zulässig.

Die Breite der Hysteresis beträgt eingangsseitig  $59 \text{ mV} \pm 5 \text{ mV}$ .

Polaritäts- anzeige	Bereichs- anzeige	Soll-Meßbereich
L	L	$- 408.0 \text{ V} < H \leq - 97.2$
L	0	$- 102.0 \text{ V} < H \leq 0.0$
0	0	$0.0 \text{ V} < H \leq +102.0$
0	L	$+ 97.2 \text{ V} < H \leq +408.0$

Die Polaritäts- und Meßbereichsanzeige erfolgt in positiver Logik.

Die Ausgänge sind LPTTL kompatibel.

Jede der drei Komponenten liefert somit am Ausgang der E2B-Einheit einen Analog- und zwei Digitalausgänge.

Die Abbildungen 2.17 und 2.18 zeigen die zeitliche Veränderung der Ausgangsspannungen, wobei ein zeitlich konstantes Feld  $H_{mo}$  senkrecht zur Spinachse des Satelliten sowie eine Spinfrequenz von 1.0 Hz zugrunde gelegt wurde.

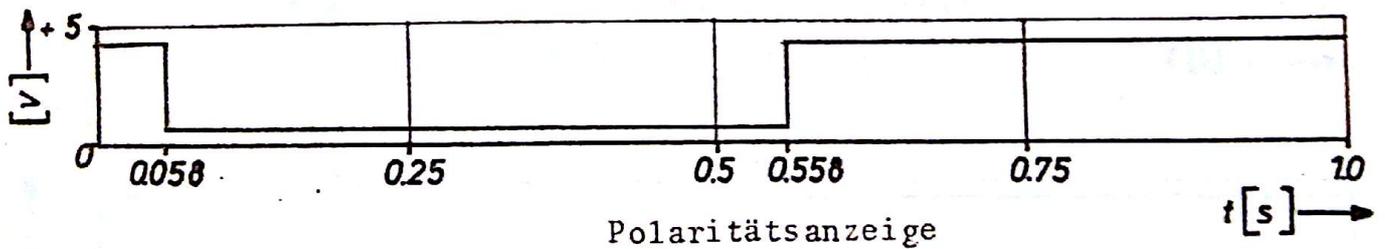
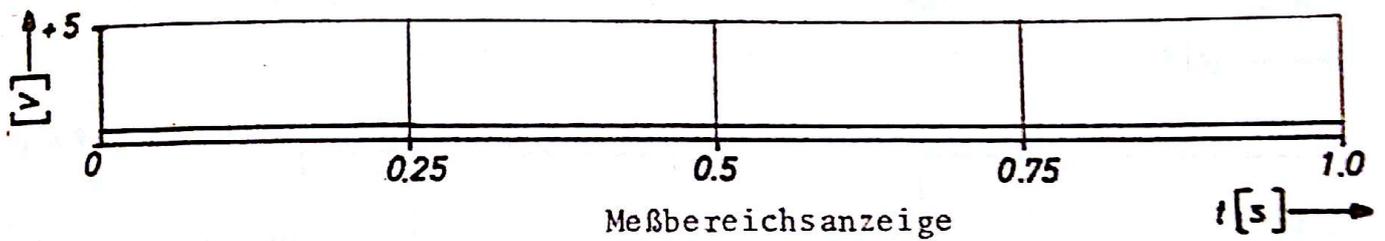
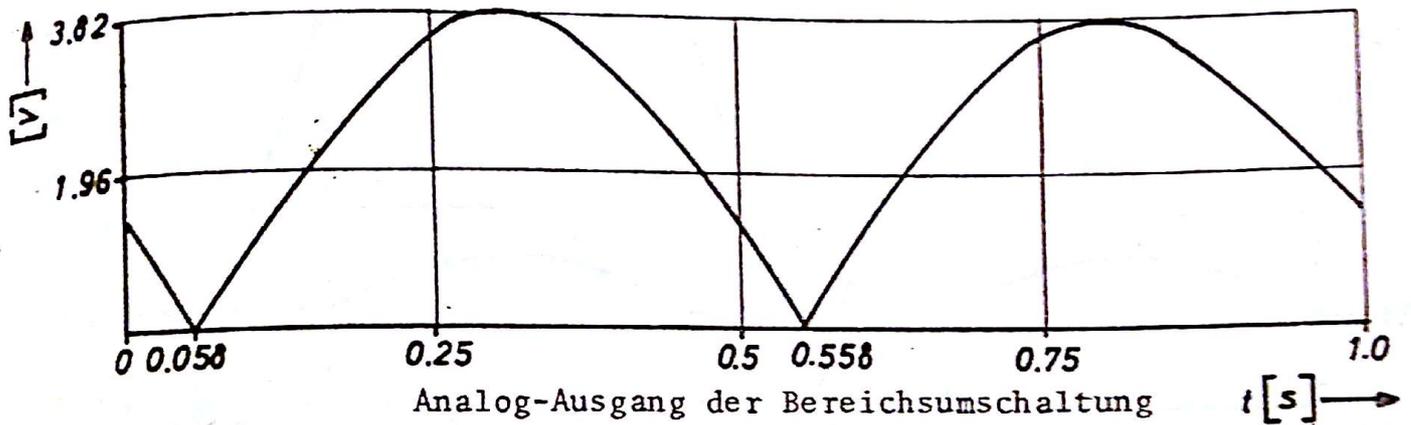
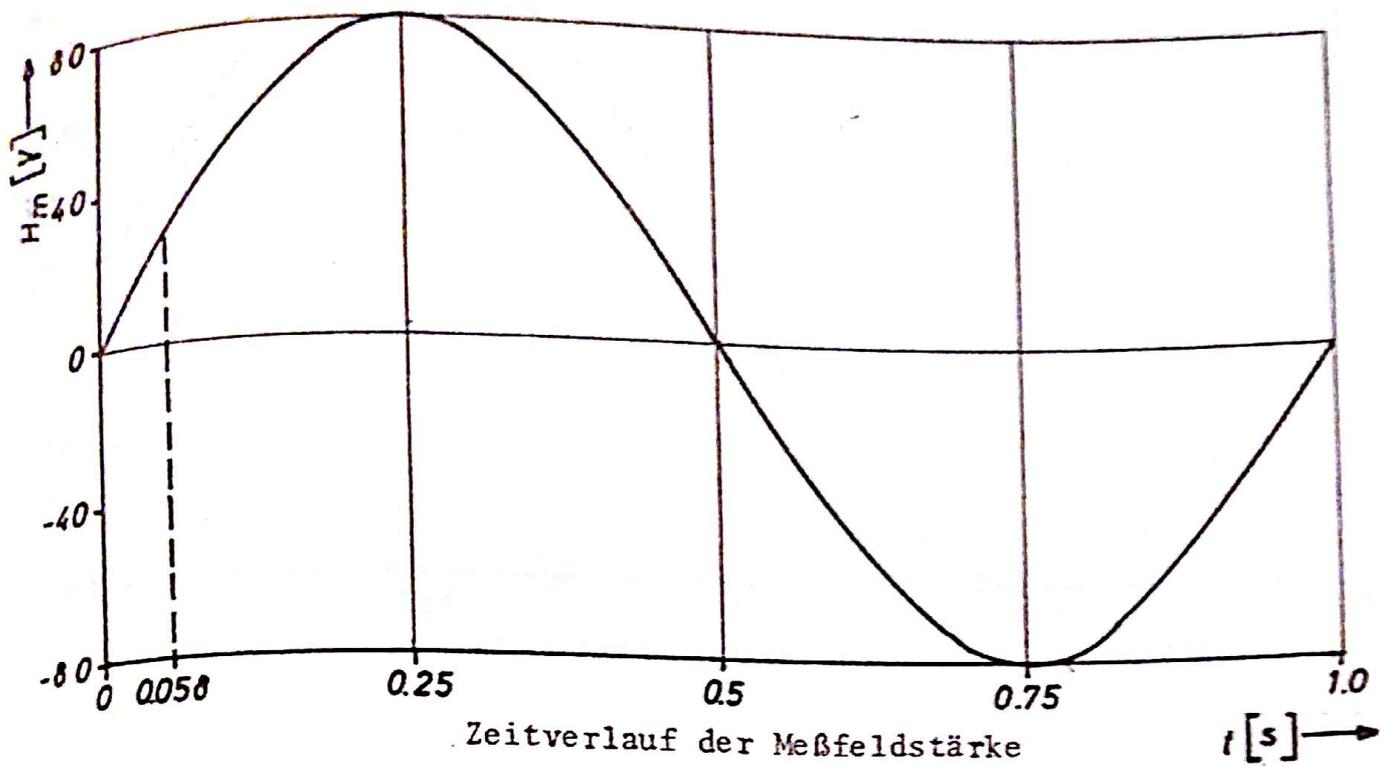


Abb. 2.17

Ausgangsspannungen der Bereichsumschaltung  
für  $H_m = H_{m0} \cdot \sin 2 \pi t$ ;  $H_{m0} = 80 \gamma$

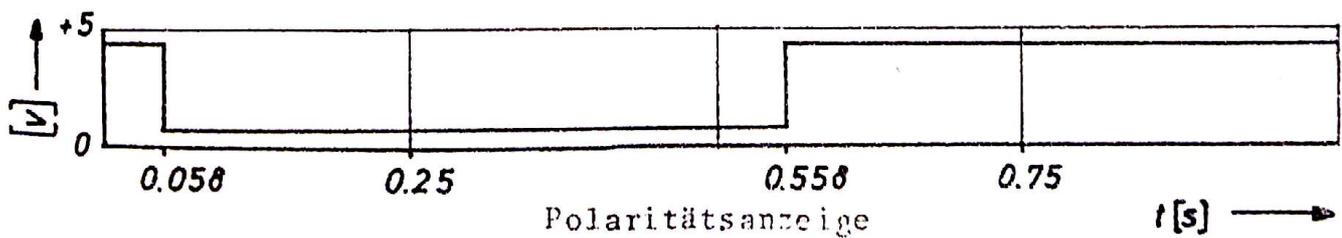
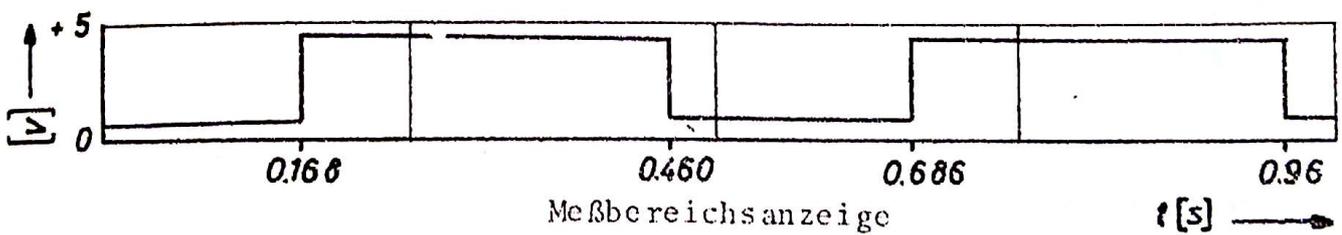
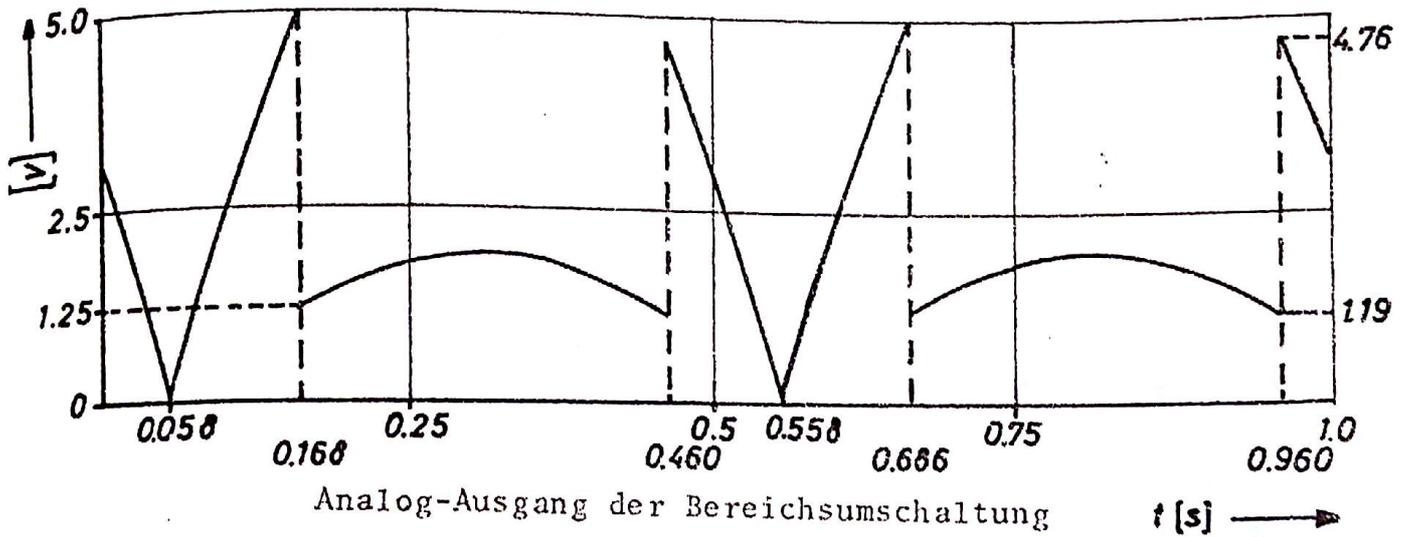
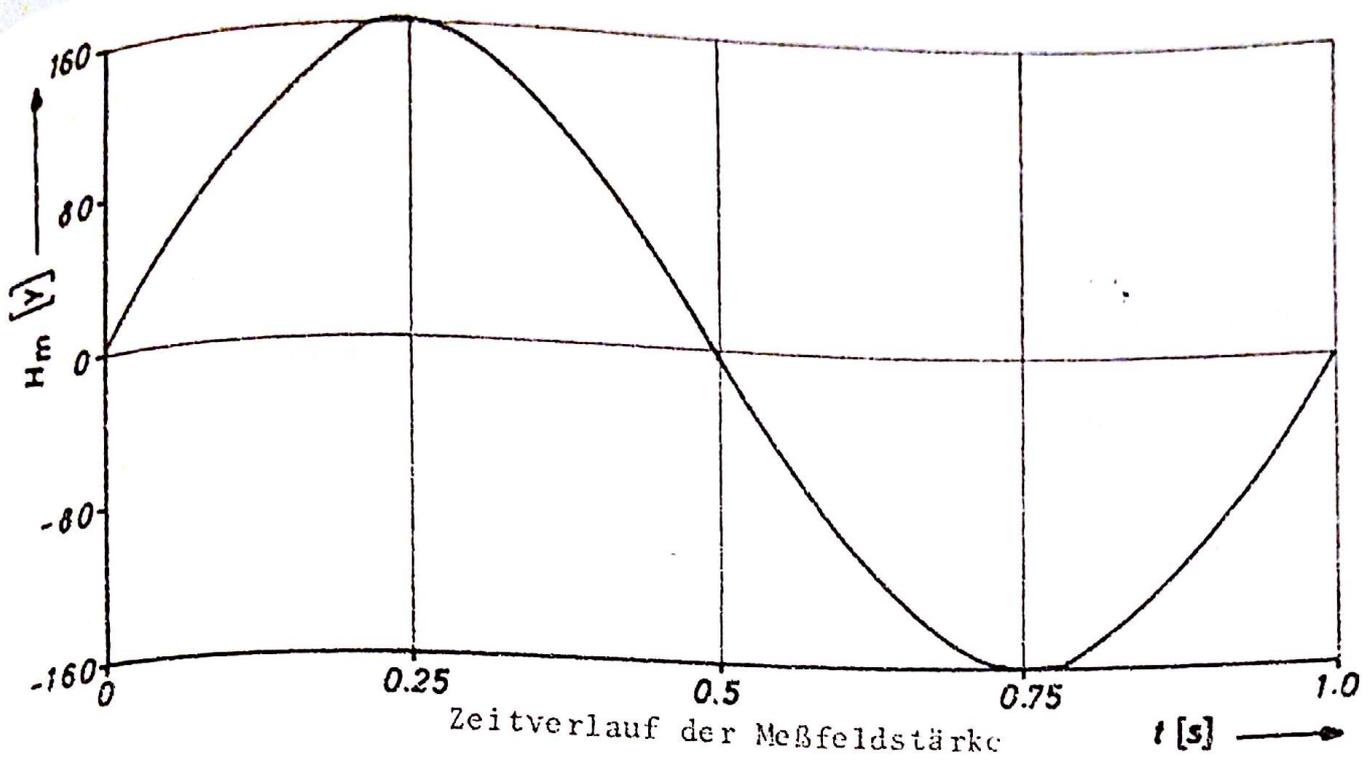


Abb. 2.18

Ausgangsspannungen der Bereichsumschaltung  
für  $H_m = H_{mo} \sin 2 \pi t$ ;  $H_{mo} = 160 \text{ V}$

### 2.4.5. Verkabelung

Das in der E2A-Einheit integrierte Sensortripel ist über einen Boomkabelbaum mit der E2B-Einheit verbunden. Auf Seiten von E2A geschieht dies über den Stecker E2A-J2 DBM 25 P.

Der E2B-Einheit werden die Sensorsignale getrennt nach Komponenten zugeführt, und zwar:

E2B - J1	DEM 9 S	(u-Komponente)
E2B - J3	DEM 9 S	(v-Komponente)
E2B - J5	DEM 9 S	(w-Komponente)

Die Signalausgänge an der E2B-Einheit sind ebenfalls nach Komponenten getrennt.

E2B - J2	DBM 25 P	(u-Komponente)
E2B - J4	DBM 25 P	(v-Komponente)
E2B - J6	DBM 25 P	(w-Komponente)

Alle drei Signalausgangsstecker sind über einen Kabelbaum mit der E2D-Einheit verbunden (E2D-J4 DCM 37 S).

Die Spannungsversorgung geht von E2D zunächst an die w-Komponente von E2B. Von dort aus wird sie über die v-Komponente an die u-Komponente weitergeschleift. Von der w-Komponente, die den gemeinsamen Oszillator enthält, werden die 19-kHz- und 9.5-kHz-Signale parallel der u- und v-Einheit zugeführt.

Die Pinbelegung sämtlicher zum Experiment gehöriger Stecker ist in einem Pinbelegungsplan zusammengefaßt, der dieser Experimentbeschreibung beiliegt.

### 3. Analog-Digital-Wandlung der Meßwertspannungen

Die drei analogen Meßspannungen der Magnetometer-Komponenten u, v, w werden nacheinander über einen elektronischen Umschalter (Multiplexer) dem Eingang eines Analog-Digital-Wandlers zugeführt. An den parallelen Ausgang des Wandlers ist ein Parallel-Serienregister angeschlossen, das die serielle Übergabe der Information auf einer Leitung ermöglicht (s. Abb. 3.1).

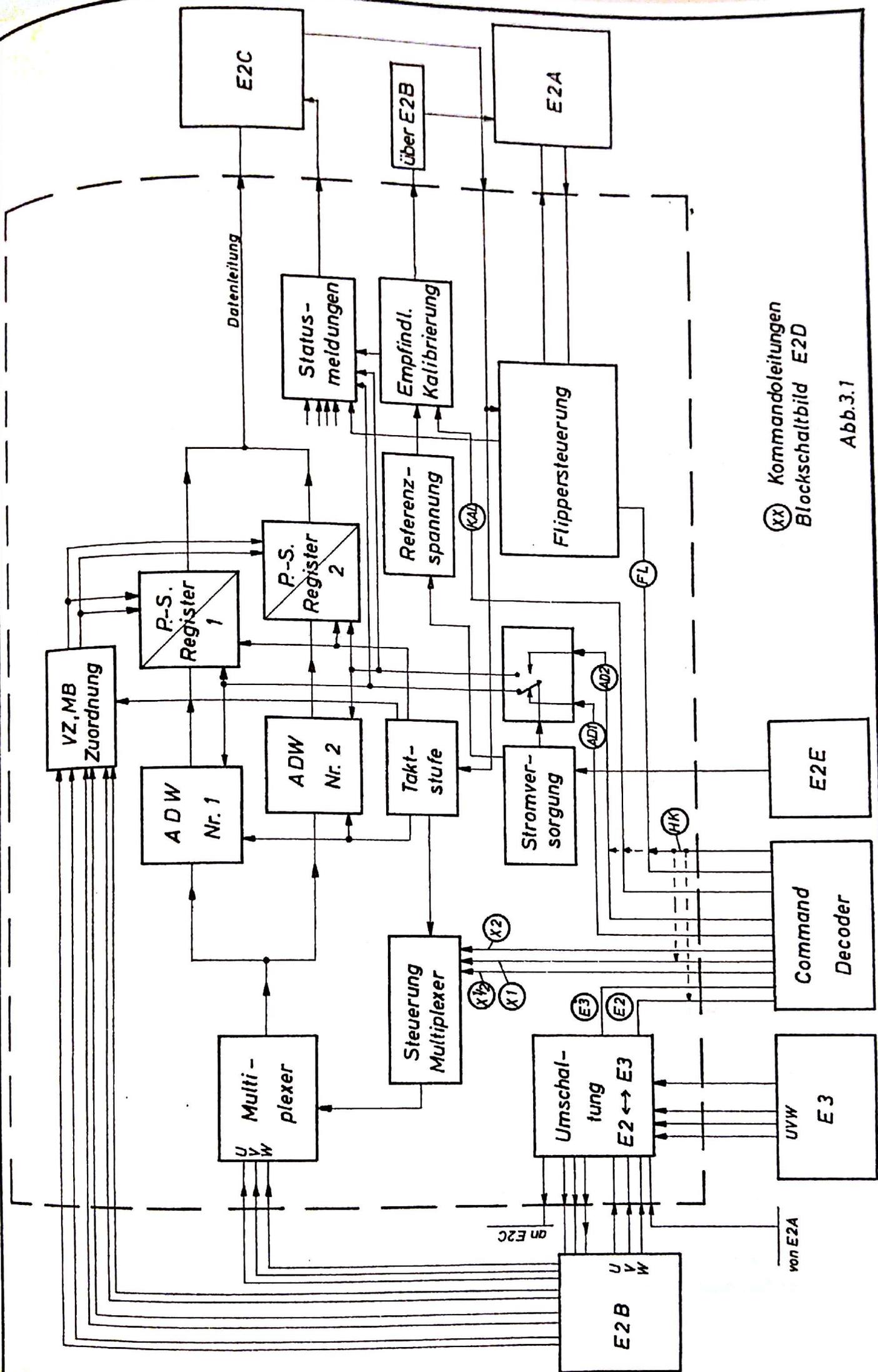
#### 3.1. Multiplexer

Die Umschaltung der Analogspannung erfolgt über 2 Zwei-Kanal-Analog-Schalter. Der vierte Umschaltkontakt ist nicht belegt, aber ein entsprechender Drei-Kanal-Schalter stand nicht zur Verfügung. Die Schaltfolge ist u, v, w. Multiplexer, Analog-Digital-Wandler und Parallel-Serienregister werden von einer speziellen Taktstufe gesteuert. Die Taktfrequenz beträgt etwa 124 kHz, die Taktperiode etwa 8  $\mu$ s. Nach dem Einschalten des Multiplexers vergehen noch 7 Takte (ca. 56  $\mu$ s) bevor der A/D-Wandler den Befehl zur Wandlung bekommt.

In dieser Zeit sind die durch Parallelkapazitäten hervorgerufenen Schwingungen der Meßspannung soweit abgeklungen, daß sie weit unterhalb der Auflösung des A/D-Wandlers liegen. Der zweite Kanal wird 32 Takte nach dem ersten Kanal eingeschaltet. Die Zeit zwischen der Wandlung des Meßwertes von u und w beträgt ca. 512  $\mu$ s. In dieser Zeit ändert das Raumfahrzeug seine Richtung, bei einer Spinrate von 1 U/s, um 11 Bogenminuten.

Die Verfälschung der Meßwerte durch die Richtungsänderung des Raumfahrzeuges während der drei aufeinanderfolgenden Messungen beträgt  $3.2 \cdot 10^{-3}$ .

Sie liegt damit auch im ungünstigsten Fall unter der Auflösungsgenauigkeit des 8-Bit-A/D-Wandlers.



⊗ Kommandoleitungen  
 Blockschaltbild E2D

Abb.3.1

### 3.2. A/D-Wandlung

Die analoge Meßspannung wird parallel auf die Eingänge von zwei 8-Bit-Analog-Digital-Wandlern gegeben. Aber nur jeweils einer wird mit Strom versorgt. Der andere dient als Reserveeinheit und kann im Bedarfsfall eingeschaltet werden (Kommando).

Bei einer vorgesehenen Spinrate von 1 U/s werden 8 Meßwerttripel pro Umdrehung gewandelt. Die Steuerung erfolgt über Impulse, die bei der Drehung des Raumfahrzeuges aus dem Durchgang der Sonne durch einen optischen Sensor abgeleitet werden. Benutzt werden die von S/C angebotenen 32 PPR-Impulse (32 Impulse pro Umdrehung). Bei höherer oder geringerer Spinrate kann diese Abtastrate (Sampling-Rate) auf Kommando halbiert oder verdoppelt werden.

Nach Beendigung der  $\omega$ -Messung wird der Analog-Digital-Wandler noch einmal gestartet und an den Eingang die Information Null gelegt. Dies bringt eine Leistungersparnis, da sonst je nach Meßwert eine mehr oder weniger große Anzahl von Flip-Flops gesetzt blieben.

### 3.3. Parallel-Serienwandler

Ebenso wie die Analog-Digital-Wandlung ist die Parallel-Serien-Wandlung redundant ausgelegt. Beim Einschalten des zweiten A/D-Wandlers wird gleichzeitig das zweite Parallel-Serien-Register mit Strom versorgt.

Das Register besteht jeweils aus zwei 6-Bit-Parallel-Serien-Wandlern, die hintereinander geschaltet sind. Zusätzlich zu der 8-Bit-Information über die Größe des Feldes werden noch je ein Bit über Vorzeichen und Meßbereich in das Parallel-Serien-Register eingespeist, so daß ein Meßwerttripel aus  $3 \times 10$  Bit besteht. Diese 30 Bit werden auf einer Leitung der E2C-Box zur Weiterverarbeitung angeboten. Die Richtungsinfo-

mation über den Drehwinkel in der Drehebene in bezug auf die Sonne wird in der E2C-Box durch zwei weitere Bits dargestellt.

### 3.4. Taktstufe

Die Taktstufe dient der Steuerung von Multiplexern, A/D-Wandlern und Parallel-Serien-Registern.

Der Grundtakt von ca. 250 kHz und einem Tastverhältnis von 1:1 wird von E2C geliefert. Dieser Takt wird im Verhältnis 1:2 geteilt. Zur Steuerung werden außerdem die 1PPR- und 32 PPR-Impulse benutzt.

In Abhängigkeit von der gewünschten Abtastrate, die über Kommandos gewählt werden kann, werden entweder 16, 8 oder 4 Startimpulse für die entsprechende Anzahl von Messungen pro Umdrehung aus den PPR-Impulsen abgeleitet.

Mit dem Startimpuls wird ein Zähler gestartet, der mit dem nächsten Takt den Multiplexer einschaltet und gleichzeitig das Übernahmesignal für den ersten Meßwert U liefert. Nach weiteren 7 Takten erhält der Analog-Digital-Wandler das Signal zur Wandlung. Nach Abschluß der Wandlung wird der Parallel-Serien-Wandler eingeschaltet (10 Takte nach: Start A/D-Wandler). Meßbereichs-Bit und Vorzeichen-Bit werden den seriellen 8 Bit der Magnetfeldgröße hinzugefügt. Gleichzeitig werden 10 Übernahmetakte parallel zur Datenleitung zur Übernahme der Information für E2C erzeugt.

Nach 32 Takten, gerechnet vom Startimpuls, wiederholt sich der Zyklus für die Messung der V-Komponente und nach weiteren 32 Takten für die W-Komponente. Anschließend wird der A/D-Wandler noch einmal gestartet, um die Information "Null" zu wandeln. Danach wird der Zähler gestoppt und erst mit dem nächsten Startimpuls wieder in Betrieb genommen.

### 3.5. Technische Daten

Der A/D-Wandler wurde für dieses Projekt von der Fa. AEG-Telefunken, Ulm, speziell entwickelt und qualifiziert.

Typ:	ADW 88L
Auflösung:	8 Bit ( $\hat{=}$ 22 mV $\equiv$ 2°)
Eingangsspannungsbereich:	0 bis + 5 V
Analoggenauigkeit:	$\pm$ 5 mV
Arbeitstemperaturbereich:	- 40°C bis + 80°C
Temperaturdrift:	besser als 5 mV über den gesamten Temperaturbereich
Eingangswiderstand:	10 M $\Omega$
Bitfolgefrequenz:	125 kHz
Gewicht:	50 p
Leistungsaufnahme + 12 V:	10.2 - 15.9 mA
(je nach Eingangsspannung)	
+ 5 V:	14.4 - 18.6 mA

Der Multiplexer besteht aus zwei identischen DG 129 A Multiplexern der Fa. Siliconix.

#### 4. Kommandoverarbeitung

Das Experiment E2 kann durch 10 verschiedene Kommandos während der Mission in seiner Arbeitsweise beeinflusst werden. Alle vom Raumfahrzeug empfangenen Kommandos für E2 werden über den Command Decoder an E2D, Stecker 71, geführt. Die Kommandos sind einzelne Impulse mit einer Länge  $t > 15$  ms.

Die elektrischen Spezifikationen sind [IS-306.1002, Rev. D.P. 53]:

Logische 0 : 2.0 - 5.5 V

Logische 1 : 0 - 0.6 V

Anstiegs-/Abfallzeit :  $\leq 1$   $\mu$ s

Jedes Kommando erscheint auf einer eigenen Leitung. Die nachfolgende Tabelle enthält die Kommando-Nummer und die Funktion der Kommandos.

Kommando-Nr.	Funktion
254	Hauptkommando ein
224	A/D-Wandler Nr. 2 ein
153	A/D-Wandler Nr. 2 aus (A/D 1 ein)
174	Flipperheizung ein
203	Empfindlichkeitskalibrierung ein
132	Umschaltung auf Experiment E3 aus (E2 ein)
266	Umschaltung auf Experiment E3 ein
111	Doppelte Abtastrate ein
307	Halbe Abtastrate ein
070	Vorgesehene Abtastrate ein

#### 4.1. Funktion der Kommandos

Im einzelnen haben die Kommandos folgende Wirkung:

Das Hauptkommando soll als erstes Kommando nach der Einschaltung des Experimentes gegeben werden. Es bringt das Experiment in folgenden Zustand:

1. A/D-Wandler Nr. 2 ein
2. Vorgesehene Abtastrate ein
3. Umschaltung auf Experiment 3 aus (E2 ein)
4. Kalibrierung aus
5. Flipperheizung aus

Kommando "A/D-Wandler Nr. 2 aus" bewirkt, daß die Stromversorgung für A/D-Wandler Nr. 1 und die zugehörige Parallel-Serien-Wandlung eingeschaltet und gleichzeitig die Stromversorgung für A/D-Wandler Nr. 2 und zugehörige Parallel-Serien-Wandlung abgeschaltet wird. Die Ströme werden über Latching-Relais geschaltet. Zur Ansteuerung der Relais wird der Kommandoimpuls verwendet. Die Wirkung des Kommandos A/D-Wandler Nr. 2 ein macht den oben beschriebenen Vorgang rückgängig.

Über Kommando "Flipperheizung ein" wird die Heizspannung von 28 V für die Balgenheizung am Flipper über ein Latching-Relais eingeschaltet. Die Abschaltung und die Umstände, unter denen das Kommando wirkungslos bleibt, sind in Kap. 5.3 beschrieben.

Falls Sensor- oder Analog-Teil von E2 ausfallen, kann über das Kommando Umschaltung auf Experiment 3 ein auf die Analog-Meßkanäle des Experimentes 3 umgeschaltet werden. Damit kann der Schock-Identifikations-Rechner weiter mit Meßdaten zur Berechnung der Schock-Eigenwerte versorgt werden. Die von Experiment 3 gelieferten Meßspannungen gehen auf die nichtinvertierenden Eingänge von Operationsverstärkern, die die durch Spannungsteiler halbierten Spannungen mit einem Faktor 2 verstärken. Dieser Aufwand ist nötig, da eine direkte Verkopplung zweier Experimente nicht erlaubt ist.

Das Kommando bewirkt eine Umschaltung von Relaiskontakten auf die Ausgangsspannungen der Operationsverstärker. Neben den drei Sensorspannungen wird die Information über die Flipperstellung von Experiment 3 übertragen.

Der Vorgang kann durch die Kommandogabe von Umschaltung auf Experiment 3 aus rückgängig gemacht werden.

Das Kommando Vorgesehene Abtastrate ein bewirkt, daß pro Umdrehung des Raumfahrzeugs 8 Wertetripel (u,v,w) gemessen werden. Für diesen Wert ist die Datenverarbeitung an Bord und die Anpassung an die Telemetrie ausgelegt. Voraussetzung ist allerdings, daß die vorgesehene Spinrate von 1 U/s in gewissen Grenzen eingehalten wird.

Falls dies nicht der Fall sein sollte, besteht die Möglichkeit, sich der tatsächlichen Umdrehungsgeschwindigkeit anzupassen. Dazu dienen die Kommandos Doppelte Abtastrate ein oder Halbe Abtastrate ein, je nachdem, ob die Spinrate nach unten oder oben überschritten wird. Mit Hilfe der Kommandos wird ausgewählt, in welchem Zyklus der Multiplexer und der nachfolgende A/D-Wandler eingeschaltet werden. Je nach Kommando werden dafür die zur Steuerung benutzten 32 PPR-Impulse (32 Impulse pro Umdrehung) heruntergeteilt.

#### 4.1.1. Empfindlichkeitskalibrierung

Die Empfindlichkeit der Sensoren kann während des Fluges durch das Kommando Empfindlichkeitskalibrierung ein überprüft werden.

Dieses Kommando bewirkt, daß mit Beginn des nächstfolgenden BTC-1-Signals der Kalibrierungszyklus beginnt. Dazu wird ein Strom eingeschaltet, der durch die hintereinandergeschalteten Kalibrierspulen der Sensoren fließt. Der Strom wird von der 8.500-V-Referenzspannung über Vorwiderstände und Spannungsteiler in zwei unterschiedlichen Stärken abgeleitet, die

außerdem über einen Operationsverstärker mit Verstärkung 1 in der inversen Polarität zur Verfügung stehen. Mit Hilfe des BTC-1-Signals werden FET-Schalter gesteuert, die nacheinander für die Dauer eines Datenblocks (Gesamtzykluszeit also 4 BTC-1-Abstände) jeweils einen Strom von  $+ 4 \mu\text{A}$ ,  $- 4 \mu\text{A}$ ,  $+ 30 \mu\text{A}$  und  $- 30 \mu\text{A}$  durch die Kalibrierspulen am Sensor fließen lassen. Mit dieser Empfindlichkeitskalibrierung kann gleichzeitig der A/D-Wandler überprüft werden, da die durch den Kalibrierungsstrom erzeugten Felder am A/D-Wandler vier definierte Spannungen erzeugen.

#### 4.2. Empfang und Statusmeldung

Für den Kommandoempfang wird die laut Experiment-Interface-Specification, Rev. D., Seite 53 vorgeschriebene Eingangsschaltung verwendet.

Zu den 10 Kommandos gehören 8 Statusmeldungen, die als Information enthalten, welches Kommando als letztes gegeben wurde und in welchem Zustand das Experiment sich befindet.

Die Statusmeldungen werden als ein serielles 8-Bit-Wort im Housekeeping-Daten-Rahmen übertragen.

Die Zuordnung der einzelnen Bits des 8-Bit-Wortes zu den Statusmeldungen ist folgende:

Bit Nr.	Statusmeldung	Spannung in V	
		0...0.4	> 2.3
0	Empfindlichkeitskalibrierung	ein	aus
1	Experiment 3	ein	aus
2	Doppelte Abtastrate	ein	aus
3	Vorgesehene Abtastrate	ein	aus
4	Halbe Abtastrate	ein	aus
5	Flipperheizung	ein	aus
6	Flipperstellung	u    y	u ⊥ y
7	A/D-Wandler Nr. 2	ein	aus

## 5. Der Flipper

### 5.1. Bedeutung des Umklappsystems

Alle Flux-gate-Magnetometer, also auch die Förstersonden, besitzen einen Nullpunktsoffset, der nicht stabil ist. Da diese Nullpunktsdrift erfahrungsgemäß in der Größenordnung eines Gammas pro Woche liegt, muß man bei einer Auflösung, die besser ist als 1 Gamma, versuchen, diese Drift zu eliminieren.

Bei rotierenden Satelliten ist dieses Problem für die Magnetometer - die senkrecht zur Spinachse liegen - leicht zu lösen, in diesem Fall also für die Komponenten V und U.

Die Komponente W, die parallel zur Spinachse liegt, siehe Abb. 5.1, muß zur Berechnung der Drift in die Drehebene, also um  $90^\circ$  um die Richtung von V gedreht werden.

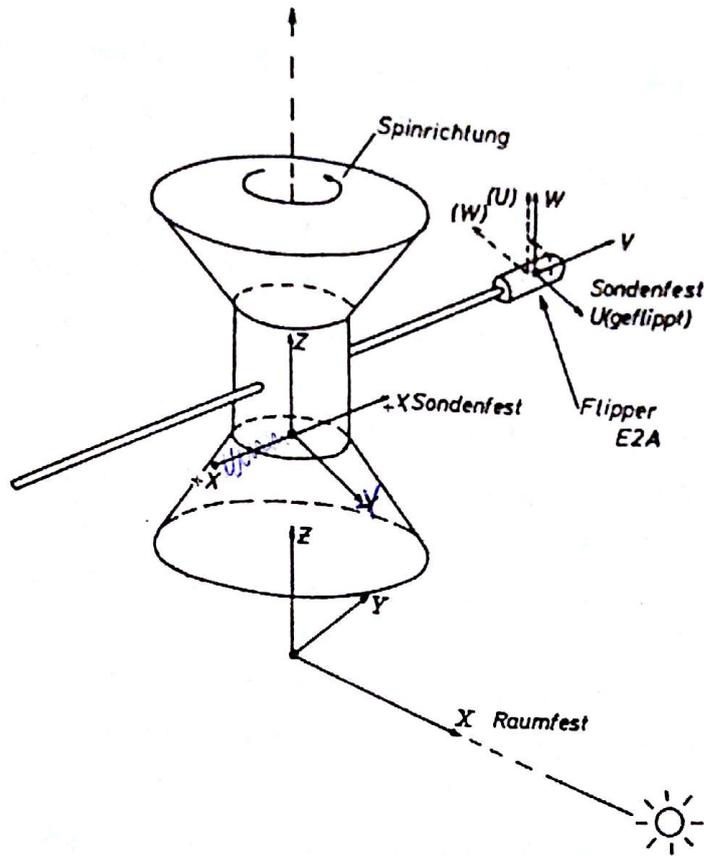


Abb. 5.1

Koordinatensystem E2

Die Nullpunkt-Abfrage der Sensoren läßt sich dann aus einer 360°-Drehung des Satelliten um die Spinachse ermitteln, wenn das äußere Feld während dieser Spinperiode konstant bleibt, sonst muß über eine längere Zeit gemittelt werden (s. Kap. 2).

Das Umklappsystem bewirkt nun das Drehen des W-Sensors um die V-Richtung um 90°, entsprechend wird gleichzeitig U parallel zur Spinachse gedreht.

Auf diese Weise kann die Nullpunktsdrift aller drei Sensoren laufend berechnet werden.

## 5.2. Mechanischer Aufbau

Der zur Sensordrehung erforderliche Mechanismus wird Flipper genannt.

Da der Flipper möglichst leistungsarm und unmagnetisch sein muß, wurde die Energie für die Drehung in Form einer gespannten Feder mitgeführt. Zur Auflösung der Drehung ist etwa ein Watt für wenige Minuten erforderlich. In Abb. 5.2 ist bei konstanter Leistungsaufnahme die Zeit gegen die Umgebungstemperatur aufgetragen, die zum Umklappen benötigt wird.

Im gespannten Anfangszustand ist die Feder ganz auf dem Antriebsrad aufgewickelt. Die Arretierung des Antriebsrades wird freigegeben, wenn eine Sensordrehung ausgeführt werden soll. Dabei entspannt sich die Feder um ein Stück, dreht das Antriebsrad und wickelt sich auf eine Rolle auf. An der Achse des Antriebsrades greift ein Umlenkmechanismus an, der aus der Drehbewegung eine hin- und hergehende Bewegung macht. Über ein Differential wird dadurch der Sensor in die eine Richtung und ein Drehmomentenausgleichsrad in die entgegengesetzte Richtung gedreht. In der neuen Stellung des Sensors ( $90^\circ$  Unterschied gegenüber der Ausgangsstellung) wirkt die Kraft der Feder über ein auf der Drehachse des Sensors befindliches Segment auf einen Zylinderstift, der eine weitere Drehung verhindert. Wenn eine Sensordrehung erfolgen soll, muß der Zylinderstift gezogen werden. Zu diesem Zweck ist er mit einem Hebel verbunden. Gegen diesen Hebel drückt ein Balg, sobald über das Kommando "Flipperheizung ein" der Heizstrom eingeschaltet wird. Der Heizstrom bewirkt eine Dampfdruckerhöhung der Balgenfüllung: (n-Heptan)+ und dehnt ihn dadurch aus. Der Zylinderstift wird so gezogen, die Feder dreht den Sensor, das auf der Drehachse sitzende Segment begrenzt die Drehung dadurch, daß es gegen den auf der gegenüberliegenden Seite sitzenden zweiten Zylinderstift schlägt. Dieser zweite Zylinderstift kann durch einen zweiten Balg gezogen werden.

Das Drehmomenten-Ausgleichsrad trägt eine Nockenscheibe mit einem doppelpoligen Umschalter, der bei der Umklappung die

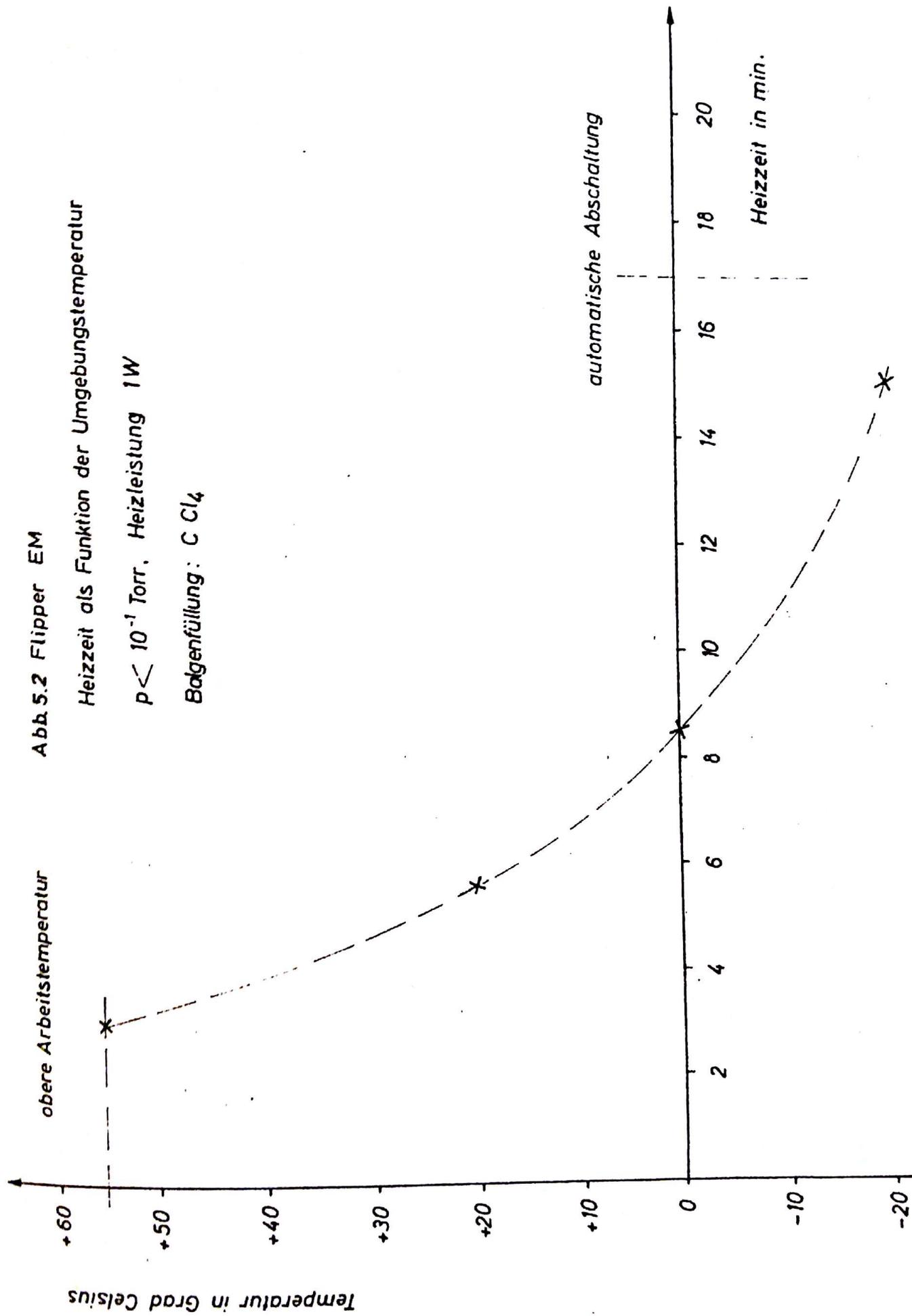
+) Bei P- und F-Einheit, bei EM:  $\text{CCl}_4$

Abb. 5.2 Flipper EM

Heizzeit als Funktion der Umgebungstemperatur

$p < 10^{-1}$  Torr, Heizleistung 1W

Balgenfüllung: C Cl<sub>4</sub>



Heizleitung auf den anderen Balg umschaltet und eine Statusmeldung über die Lage des Sensors gibt.

Hat sich die Antriebsfeder durch häufiges Umklappen (ca. 350-mal) fast vollständig auf die Aufnahmerolle aufgewickelt, wird mechanisch ein Schalterkontakt geschlossen, der die Kommandoleitung "Flipperheizung ein" unterbricht. Damit wird verhindert, daß zum Schluß der Sensor möglicherweise in einer undefinierbaren Zwischenlage stehen bleiben kann. Dann wären keine Richtungsmessungen mehr möglich.

Eine weitere Sicherung verhindert, daß beide Balgen gleichzeitig die Arretierung freigeben und damit die Antriebsfeder absputt. Dazu sind beide Balgen mechanisch durch eine Fesselung in ihrer Bewegungsfreiheit soweit begrenzt, daß immer nur ein Balg die Arretierung freigeben kann.

### 5.3. Flippersteuerung

Durch das Kommando "Flipperheizung ein" kann der Heizstrom zur Aufheizung der Balgen eingeschaltet werden. Das Kommando wird aber nur wirksam, wenn

1. die Systemtemperatur des Flippers kleiner als  $55^{\circ}$  C ist,
2. die Antriebsfeder noch nicht abgelaufen ist,
3. mehr als 2048 1PPR-Impulse nach dem letzten Kommando "Flipperheizung ein" vergangen sind.

Sind diese Bedingungen erfüllt, wird der Heizstrom über ein Relais eingeschaltet. Eine elektronische Sicherung begrenzt den Strom im Falle eines Kurzschlusses der Heizwicklung.

Gleichzeitig mit dem Einschalten des Heizstromes wird ein Zähler gestartet, der 1PPR-Impulse zählt.

Der Heizstrom kann auf verschiedene Arten abgeschaltet werden. Im Normalfall geschieht das mit dem Umklappen der Sensoren in die neue Lage. Sollte irgendeine Störung dies verhindern, oder sollte die Dauer von 1024 1PPR-Impulsen (ca. 17 min) zur Auslösung der Drehung nicht ausreichen, wird der Heizstrom durch diesen Zeitschalter abgeschaltet.

Außerdem kann die Heizung durch das Kommando "Hauptkommando ein" abgeschaltet werden.

Beim ersten Einschalten des Experiments kann es unter Umständen 2047 1PPR-Impulse dauern, bis das Kommando "Flipperheizung ein" ausgeführt wird. Das liegt am Zeitschalter, der von einer undefinierten Ausgangsstellung abläuft, und erst nach dem 2048-ten 1PPR-Impuls die Kommandoannahme freigibt.

## 6. Der Mittelwertrechner (TAC)

Der Mittelwertrechner (Time-Average-Computer-TAC) ist ein Teil der Digitalbox (E2C) des Experimentes, den anderen Teil bildet der Schock-Identifikations-Computer (SIC), der in Kap. 7 beschrieben wird.

Die Baugruppe Mittelwertrechner (Time-Average-Computer) im folgenden kurz TAC genannt - umfaßt die folgenden Komponenten (s. Blockschaltbild - Abb. 6.1):

- a) Meßwertzwischen­speicherung
- b) Mittelwertbildung
- c) Science-Daten-Speicher
- d) Schock-Daten-Speicher.

- Zu a) Der Mittelwertrechner TAC und der Schock-Identifikations-Computer SIC bilden den Inhalt der Digitalbox E2C. Beide Baugruppen verarbeiten die auf der Datenleitung angebotenen digitalen Meßwerte vom Analog-Digitalwandler und haben zur gegenseitigen Entkopplung je einen Meßwertzwischen­speicher von  $3 \times 10$  Bit Größe, der die 10-Bit-Meßwerte der drei Komponenten  $u$ ,  $v$ ,  $w$  aufnimmt. Die Datenverarbeitung der drei Komponenten  $u$ ,  $v$ ,  $w$  erfolgt unabhängig voneinander.
- Zu b) Der Komplex 'Mittelwertbildung' umfaßt drei Speicherregister von je 17 Bit Länge für die Mittelwerte der drei Komponenten ( $M_u$ ,  $M_v$ ,  $M_w$ ) sowie ein Arbeitsregister ( $Y$ ) und ein Rechenwerk. Das Rechenwerk ist in diesem Fall lediglich ein Serienaddierer, der Additionen und Subtraktionen erlaubt.
- Zu c) Der Science-Daten-Speicher ist der Zwischenspeicher, aus dem die Telemetrie die wissenschaftlichen Daten (Science Daten) abrufen. Er besteht aus fünf Registern zu je 32 Bit. Entsprechend dem in Kap. 9 beschriebenen Datenver­arbeitungsverfahren werden den ersten drei Meßwerttripeln im Datenblock je 2 Bit Richtungs­information zugesetzt. Aus diesem Grunde müssen die Daten aus dem Daten-Speicher sowohl mit als auch ohne 2 Bit Richtungs­information

Datenleitung und Steuersignale vom Experiment

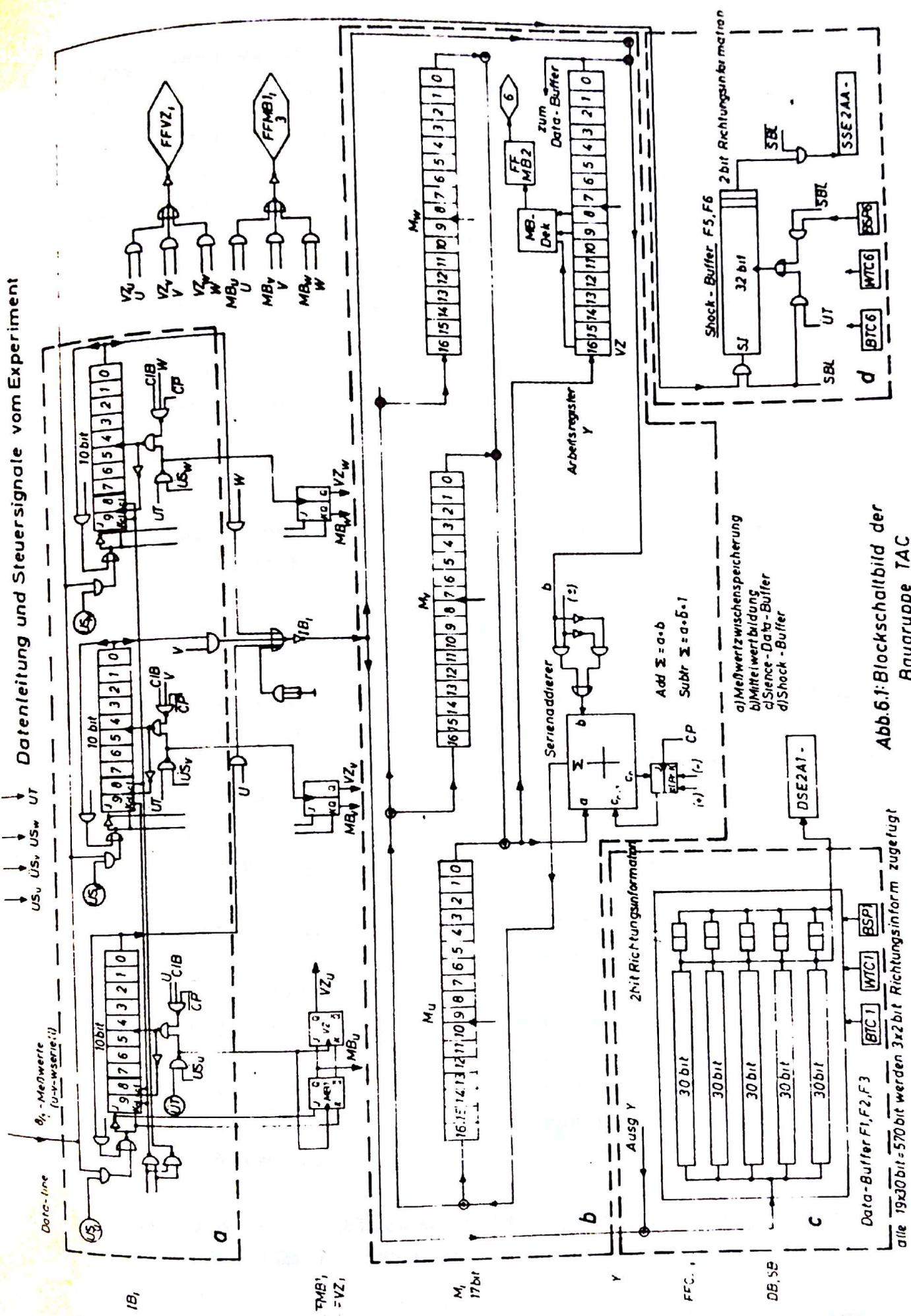


Abb.6.1:Blockschaltbild der Baugruppe TAC

alle 19x30bit=570bit werden 3x2bit Richtungsinform zugefügt

- a) Meßwertwertspeicherung
- b) Mittelwertbildung
- c) Silence-Data-Buffer
- d) Shock-Buffer

ausgelesen werden können. Die dazu erforderliche Umschaltung übernimmt die Datenspeicher-Steuerung.

Zu d) Der Schock-Speicher ist ein Register von 32 Bit Länge. Die vorderen beiden Stellen nehmen die Richtungsinformation auf (siehe Kap. 9.1). In den Telemetrieformaten 5 und 6 erfolgt die Übertragung der wissenschaftlichen Daten über den Schock-Speicher. Die Meßwerte erfahren dabei gegenüber der Dateneingabe keine Veränderung. Die Synchronisation zwischen dem Experiment und der Telemetrie bezüglich des Zugriffs auf den Schock-Speicher übernimmt eine Steuerungsschaltung.

### Zur Terminologie

Die Meßwertzwischenpeicher nehmen grundsätzlich alle 8/1-Meßwerte auf. Alle 8/1-Meßwerte können jedoch nur bei sehr hoher Telemetrie-Übertragungsrate übertragen werden. Anderenfalls erfolgt eine Selektion unter den angebotenen Meßwerten.

Die Verarbeitung von "1/1-Meßwerten" bedeutet die Verarbeitung nur eines Meßwerttripels pro Umdrehung, und zwar des Meßwerttripels aus der Sonnenrichtung. Die Verarbeitung von "4/1-Meßwerten" bedeutet die Verarbeitung von 4 Meßwerttripeln pro Umdrehung, d.h. jedes zweiten Meßwerttripels mit der entsprechenden Richtungszuordnung (dazu siehe Kap. 9, Abb. 9.6).

Eine Mittelwertbildung erfolgt nur bei 1/1-Meßwerten. Die Funktion des TAC bezüglich der Verarbeitung der angebotenen Meßdaten ist vom Telemetrieformat und von der Telemetrie-Bitrate abhängig. Ist die Bitrate genügend groß, so erfolgt keine Mittelwertbildung, sondern die Übertragung der größtmöglichen Menge von Originalmeßdaten. Die Mittelwertbildung setzt erst im Format 2 bei einer Bitrate von 256 bps ein. Sie erfolgt dann über zwei 1/1-Meßwerte.

Im Format 4 und in den Blackout-Phase (DM 5) sowie während des Storage Read Out (DM 7) arbeitet der TAC nicht.

## 6.1. Das Verfahren der Mittelwertbildung

### 6.1.1. Der Rechenalgorithmus

Der TAC benutzt zur Mittelwertbildung folgende Beziehung:

$$nM - \frac{nM}{n} + MW = nM'$$

Dabei bedeutet:

- M ... alter Mittelwert
- M' ... neuer Mittelwert
- MW ... aktueller Meßwert
- n ... Anzahl der 1/1-Meßwerte, über die gemittelt wird (Funktion der Titrante:  $2^1 \leq n \leq 2^6$ )

In den Mittelwertregistern  $M_u$ ,  $M_v$ ,  $M_w$  der Funktionsgruppe "Mittelwertbildung" (Abb. 6.1) wird der n-fache Mittelwert  $nM$  gespeichert. Die Grenzwerte für n sind oben angegeben. Unter Berücksichtigung der Vorzeichenstelle (VZ) ergibt sich damit die Minimallänge für die Mittelwertregister zu 17 Bit.

Bei der Bildung des neuen Mittelwertes ( $nM'$ ) wird vom n-fachen alten Mittelwert ( $nM$ ) der einfache alte Mittelwert (M) abgezogen und dazu der aktuelle Meßwert (MW) addiert. Das Ergebnis ist der n-fache neue Mittelwert ( $nM'$ ), der in dem entsprechenden Mittelwertregister aufbewahrt wird. Am Ende eines Mittelungsintervalls - wenn also über n 1/1-Meßwerte gemittelt wurde - wird aus  $nM'$  der einfache Mittelwert gebildet, indem der Wert von  $nM'$  durch n dividiert wird. Das Ergebnis wird an den Science-Daten-Speicher abgegeben.

Da der Wert von n - bedingt durch die Telemetrie - stets eine ganzzahlige Potenz von 2 ist ( $2^1 \leq n \leq 2^6$ ), ist zur Division durch n lediglich eine Schiebeoperation erforderlich. Ein aufwendiges Dividierwerk ist somit nicht nötig.

### 6.1.2. Datenverarbeitung

Eine Mittelwertbildung erfolgt erst in Format 2 ab einer Bitrate von 256 bps. Zur Mittelung werden nur 1/1-Meßwerte herangezogen. Bei einer höheren Bitrate als 256 bps werden sovieler Originalmeßwerte übertragen, wie die Bitrate zuläßt. Einen Überblick über die Funktion des TAC in Abhängigkeit von Telemetrieformat und -Bitrate gibt die folgende Tabelle

Format	Bitrate bps	TAC-Funktion
1	512	Übertrag.von 1/1-MW ü.DS - keine Mittelwertbildung
	1024	" " " 2/1-MW " " - " " " "
	2048	" " " 4/1-MW " " - " " " "
2	512	Übertrag.von 1/1-MW ü.DS - keine Mittelwertbildung
	256	Mittelwertbildung ü. 2 1/1-MW $n = 2 = 2^1$
	128	Mittelwertbildung ü. 4 1/1-MW $n = 4 = 2^2$
	64	Mittelwertbildung ü. 8 1/1-MW $n = 8 = 2^3$
3	64	Mittelwertbildung ü. 8 1/1-MW $n = 8 = 2^3$
	32	Mittelwertbildung ü. 16 1/1-MW $n = 16 = 2^4$
	16	Mittelwertbildung ü. 32 1/1-MW $n = 32 = 2^5$
	8	Mittelwertbildung ü. 64 1/1-MW $n = 64 = 2^6$
4		TAC arbeitet nicht
5	2048	Übertragung von 2/1-MW über SS
	4096	Übertragung von 2/1-MW über SS
6	4096	Übertragung von 4/1-MW über SS
	8192	Übertragung von 8/1-MW über SS
	16384	Übertragung von 8/1-MW über SS

Funktion des TAC in Abhängigkeit von Format und Bitrate.

MW ... Meßwert

DS ... Daten-Speicher

SS ... Schock-Speicher

## 6.2. Die logische Schaltung des TAC

### 6.2.1. Meßbereich und Zahlendarstellung

Das Magnetometer besitzt 2 Meßbereiche unterschiedlicher Empfindlichkeit. Im Fein-Meßbereich beträgt die Schrittweite 0.4  $\gamma$ , im Grob-Meßbereich 1.6  $\gamma$ . Jeder 10-Bitmeßwert setzt sich wie folgt zusammen:

8 Bit	für die binäre Darstellung des Zahlenwertes
1 Bit	für die Kennzeichnung des Meßbereichs
1 Bit	für das Vorzeichen des Meßwertes
<u>10 Bit</u>	

Die Anordnung der einzelnen Bits in dem 10-stelligen Digitalwort für den Meßwert, sowie die Zuordnung der Digitalworte zu der Meßgröße zeigt Abb. 6.2.

Das Meßbereichsbit (MB) ist folgendermaßen kodiert:

MB = Logisch "L" heißt Grob-Meßbereich

MB = Logisch "O" heißt Fein-Meßbereich

Bei der Definition des Vorzeichens ist folgendes zu beachten:

Die Zahlendarstellung im Rechenwert des TAC erfolgt im B-Komplement (siehe Zahlenkreis).

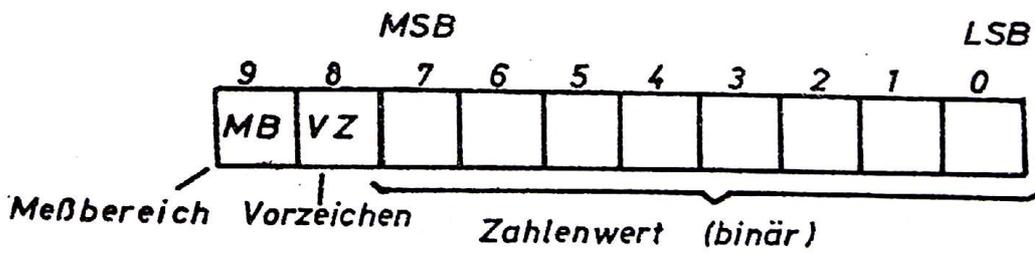
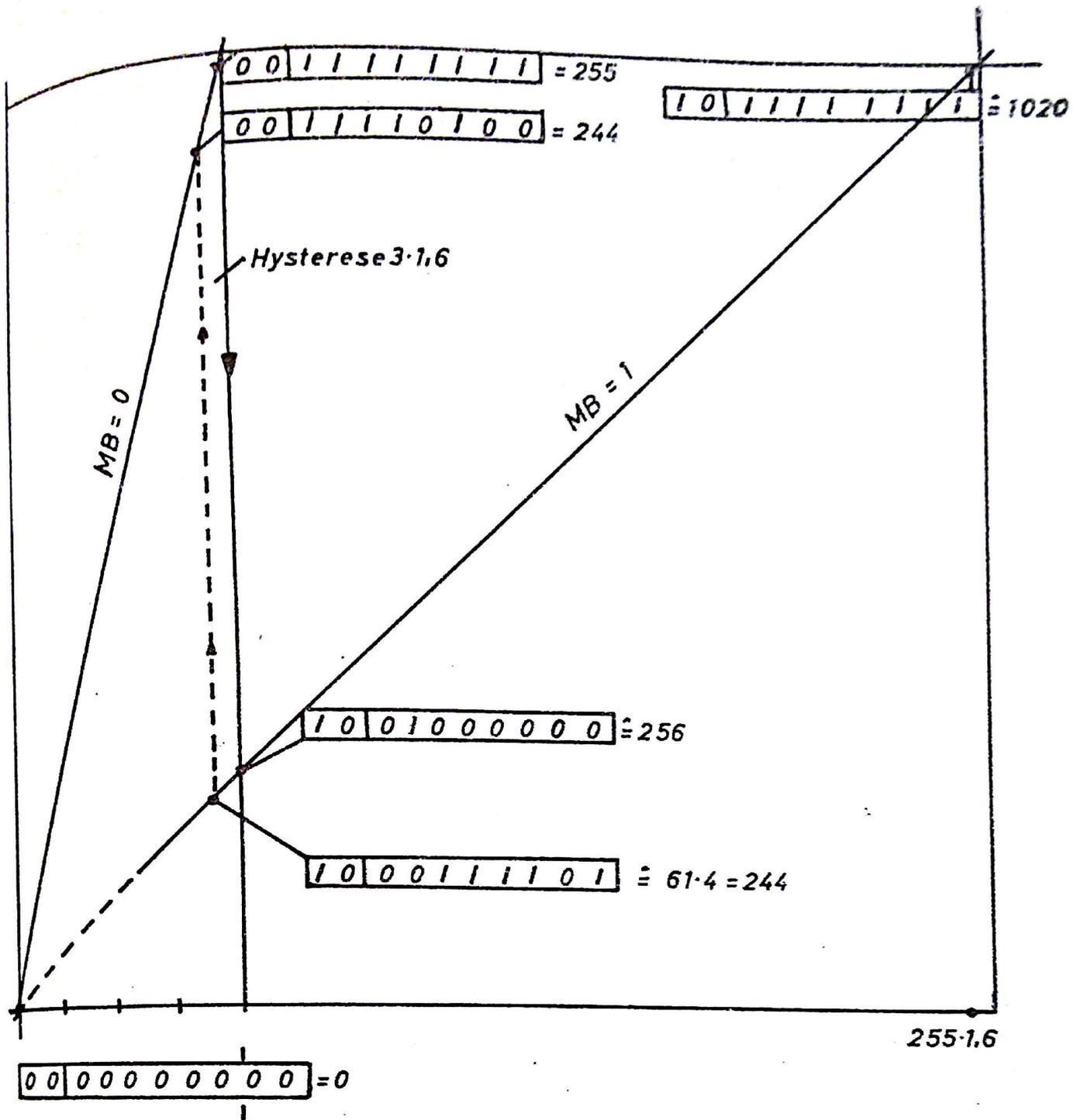
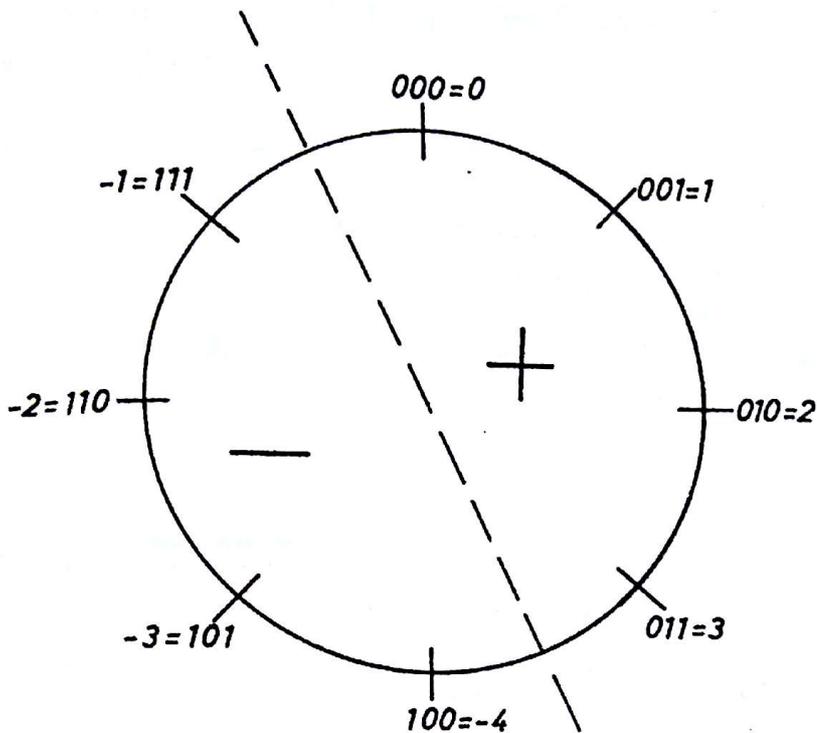


Abb.6.2: Meßbereich und Darstellung der 10bit-Meßwerte



Zahlendarstellung im B-Komplement  
(Zahlenkreis)

Die linke Stelle jedes 3-Bitwortes ist dabei als Vorzeichen-  
stelle (VZ) definiert. Demnach haben positive Zahlen in der  
Vorzeichenstelle eine "0" und negative Zahlen dort ein "1".  
Diese Vorzeichendefinition gilt auch für die Dateneingabe:

VZ = "0" heißt positive Zahl  
VZ = "1" heißt negative Zahl

Bei der Auswertung der verarbeiteten Daten ist folgendes zu  
beachten:

Überträgt der TAC lediglich Originalmeßwerte (z.B. im Format 1),  
so findet keine Veränderung der Meßwertdarstellung statt.

Bei der Bildung von Mittelwerten durchlaufen die angebotenen Meßwerte jedoch das Rechenwerk des TAC, und die Rechenergebnisse erscheinen in der B-Komplement-Darstellung. Hierzu zwei Beispiele:

1. positiver Meßwert

```

00 00000  LLL  =  +7  Dateneingabe
00 00000  LLL
00 00000  LLL      Ausgabe, wenn keine Mittelung
  / \              erfolgt (unverändert)
MB  VZ              Ausgabe bei Mittelwertbildung
                    (B-Komplement)

```

2. negativer Meßwert

```

OL 000000  LL  =  -3  Dateneingabe
OL 000000  LL
OL LLLLLL  OL      Ausgabe, wenn keine Mittelung
  / \              erfolgt (unverändert)
MB  VZ              Ausgabe bei Mittelwertbildung
                    (B-Komplement)

```

Iediglich der Zahlenwert negativer Zahlen erscheint im B-Komplement gegenüber der Dateneingabe verändert. Das letzte Bitmuster ist die Darstellung des Wertes -3 im B-Komplement.

Das Bildungsgesetz für das B-Komplement negativer Zahlen lautet folgendermaßen (vgl. obiges Beispiel):

Schritt 1 : Zahlenwert bitweise invertieren,

000000 LL — LLLLLL 00

Schritt 2 : +1 hinzuaddieren

LLLLLL 00

+          L

LLLLLL 0L = -3 im B-Komplement

Soll aus der B-Komplement-Darstellung einer negativen Zahl die normale binäre Darstellung der positiven gleichen Zahl ermittelt werden, so sind ebenfalls die beiden o.a. Schritte auszuführen.

### 6.2.2. Betriebszustände

Eine genaue Beschreibung der Betriebszustände ist bei Krupstedt, IDA-DA 72/8 zu finden.

#### Verhalten des TAC bei Mode-Change:

Tritt innerhalb eines Telemetrieblockes ein "Mode Change" auf, so werden bis zum nächsten Blockanfang "0"-Signale (Füllnullen) abgegeben. (Aus verarbeitungstechnischen Gründen erhält die Telemetrie alle Signale auf den Leistungen DSE2A1 - und DSE2AA - invertiert.) Andererseits werden aber entsprechend dem neuen Mode weiter Meßdaten verarbeitet und zyklisch in den Daten-Speicher eingeschrieben. Hier stehen dann bei Anfang des neuen Blockes die unmittelbar letzten aktuellen Meßwerte einschließlich der Richtungsinformation zum Auslesen zur Verfügung. Weiteres hierzu ist dem Abschnitt 6.2.4 (Datenspeicherung) zu entnehmen.

#### Arbeitspausen des Mittelwertrechners

In Format 4 und während DM5 (Blackout) und DM7 (Storage Readout) findet keine Datenverarbeitung durch TAC statt. Der Rechner bleibt bei diesen Format- und Distribution-Modes in der Ruhestellung.

### 6.2.3. Steuerwerk

Das Steuerwerk bestimmt die Ablauffolge der Programmezustände in Abhängigkeit vom jeweiligen logischen Zustand der "Bedingungen". Es realisiert die zeitliche Aufeinanderfolge der Operationen, und es stellt die für diese Operationen notwendigen Steuersignale zur Verfügung. Eine Detailbeschreibung des Steuerwerkes findet man wiederum bei Krupstedt, IDA-DA 72/8.

An Speicherelementen enthält das Steuerwerk den Programmzustandszähler - kurz Programmzähler (ZP) genannt - und den Bitzähler (ZB).

### 6.2.4. Datenspeicherung und Ausgabe

Der Science-Daten-Speicher ist der Pufferspeicher zwischen dem Mittelwertrechner und der Telemetrie. Über ihn laufen die Daten in den Formaten 1 bis 3. Der Ausgang aus dem Science-Daten-Speicher ist die Science-Daten-Leitung DSE2A1. Entsprechend der Struktur der zu verarbeitenden Meßwerte ist der Speicher aus fünf Zeilen zu je 32 Bit aufgebaut. Von den 32 Bit einer Speicherzeile entfallen 3 x 10 Bit auf die Meßwerte der drei Komponenten u, v und w.

Zwei Bit sind zur Speicherung der Richtungsinformation des jeweiligen Meßwerttripels vorgesehen. Es erfolgt eine Übertragung der Richtungsinformation nur bei den ersten drei Meßwerttripeln (siehe Kap. 9). Im restlichen Teil des Blockes werden die Meßwerttripel ohne Richtungsinformation übertragen. Dadurch wird die Blocklänge von 576 Bit vollständig ausgenutzt.

Zur Steuerung dieses Speichers gehört weiterhin ein Zähler, der die ersten drei Meßwerttripel des Telemetrieblockes zählt, und der Telemetrie-Bitzähler.

Die Speichergröße von 160 Bit (5 Zeilen à 32 Bit) resultiert aus den Telemetriebedingungen. Von der Telemetrie werden bei

den einzelnen Formaten in bestimmten Zeitabständen eine definierte Zahl von Telemetrieworten aus dem Pufferspeicher abgeholt. Sowohl das Auslesen aus dem Pufferspeicher durch die Telemetrie als auch das Einlesen in den Speicher durch den Mittelwertrechner geschieht periodisch, jedoch erfolgen diese beiden Vorgänge jeder für sich mit einem anderen Zeitabstand und einer unterschiedlich großen Datenmenge. In Format 1 bei einer Bitrate von 512 bps werden von der Telemetrie alle  $2 \frac{1}{4}$  sec 9 Worte à 8 Bit = 72 Bit ausgelesen. Der TAC dagegen schreibt in konstanter Folge jede Sekunde ein neues Meßwerttripel (30 Bit) in den Speicher ein. Die Größe des Pufferspeichers ist nun so zu wählen, daß er alle zwischen zwei Auslesezeitpunkten angelieferten Daten aufnehmen kann, ohne daß es zu einem "Überlaufen" des Speichers kommt. Im letzten Fall gingen Meßdaten verloren, was vermieden werden muß. Je nach Telemetrie-bitrate trifft der TAC eine Meßwertselektion in der Weise, daß im Mittel stets mehr Daten von der Telemetrie ausgelesen werden, als vom TAC in den Pufferspeicher eingeschrieben werden. Je geringer hierbei die Differenz ist, um so besser sind die von der Telemetrie gegebenen Verhältnisse ausgenutzt. An dieser Stelle ist jedoch auch die Spintoleranz zu berücksichtigen. Der kritische Fall ist die Erhöhung der Spinzahl, da hierbei die Einleserate in den Pufferspeicher steigt und man sich somit dem verbotenen Fall des Speicherüberlaufs nähert.

Zur Steuerung des Science-Daten-Speichers gehören neben den schon erwähnten Zählern die Zeilenzähler. Da im Mittel mehr Daten aus- als eingelesen werden, tritt von Zeit zu Zeit der Fall der vollständigen Pufferspeicherentleerung auf.

In diesem Fall erscheinen im Datenblock Füllnullen. Damit die Daten trotz Füllnullen auswertbar bleiben, müssen die Füllnullen anstelle eines vollständigen Datentripels treten, d.h. es dürfen nur Blöcke von 30 oder 32 Füllnullen auftreten. Das wird durch die Pufferspeicherung sichergestellt. Wird ein Meßwerttripel in eine Pufferspeicherzeile eingeschrieben, so wird in den zwei Richtungsinformationsspeicherzellen stets die dem Meßwert zugehörige Richtungsinformation mit aufgenommen. Ob diese Richtungsinformation später mit ausgelesen wird, hängt

davon ab, ob beim Auslesezeitpunkt der Blockanfang vorliegt oder nicht.

Im Falle eines "Mode Change" innerhalb eines Blockes erscheinen bis zum Anfang des neuen Blockes ausschließlich Füllnullen.

Ein Datenblock hat eine Länge von 576 Bit (siehe Kap. 9). Die ersten drei Meßwerttripel tragen je zwei Bit Richtungsinformation, die restlichen 16 Meßwerttripel nicht.

Die Datenausgabe erfolgt in geschlossenen Meßwerttripeln, die von Füllnullgruppen (30 oder 32 Füllnullen) unterbrochen sein können. Die Daten werden in folgender Reihenfolge ausgegeben (von links nach rechts):

(Richtungsinformation) - LSB ... MSB - VZ - MB

- LSB ... Least Significant Bit
- MSB ... Most Significant Bit
- VZ ... Vorzeichen
- MB ... Meßbereich

Bei der Datenauswertung sind die Vorzeichendefinition und gegebenenfalls die Zahlendarstellung im B-Komplement zu beachten (vgl. Kap. 6.2.1).

Wichtige Anmerkung:

Aufgrund der getroffenen Definition bei der Dateneingabe bezüglich Meßwert und Vorzeichen (Kap. 6.2.1) gibt es bei der Darstellung des Meßwertes "- 256" durch den Mittelwertrechner eine Besonderheit. Es ist eine Eigentümlichkeit des B-Komplementes, daß sich bei gegebenem Zahlenumfang im negativen Bereich ein Meßwert mehr darstellen läßt als im positiven Bereich, da die Null allein dem positiven Bereich zugeordnet wird.

Der Wert "- 256" mit dem Bitmuster

MB	VZ	MSB	LSB
L	L	0	L 0 0 0 0 0 0

ist per Definition der kleinste Meßwert im groben Meßbereich (ohne Berücksichtigung der Hysterese); er wird vom Mittelwertrechner jedoch als größter Meßwert des feinen Meßbereiches erkannt und mit folgendem Bitmuster ausgegeben:

MB	VZ	MSB						LSB	
0	L	0	0	0	0	0	0	0	$\hat{=}$ - 256

Dieses Bitmuster ist eindeutig interpretierbar, da es einen Wert  $-0$ , den dieses Bitmuster bei der Dateneingabe darstellen würde, bei der Zahlendarstellung im B-Komplement nicht gibt.

Würde das obige Bitmuster als Eingabewert erscheinen, so lieferte der TAC den Wert Null mit dem Bitmuster

MB	VZ	MSB						LSB	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\hat{=}$ + 0

Bei "Mode Change" erscheinen bis zum nächsten Blockanfang Füllnullen. Der Speicher wird jedoch weiterhin mit aktuellen Meßwerten versorgt. Alte Meßwerte werden dabei zyklisch durch die jeweils neuesten überschrieben. Die Steuerung erfolgt derart, daß stets die letzten drei aktuellen Meßwerttripel zum Auslesen zur Verfügung stehen. Das geschieht dann unmittelbar am Anfang des neuen Blockes, wobei die drei Meßwerttripel durch die Richtungsinformation ergänzt werden.

Tritt ein "Mode Change" unmittelbar vor einem neuen Blockanfang auf, so können am Blockanfang Füllnullen auftreten. Die Datenauswertung muß sich dann gegebenenfalls am vorherigen Block orientieren, da in diesem Fall auch keine Richtungsinformation erscheint.

### 6.2.5. Schock-Speicher

Der Schock-Speicher besteht aus einem 32-Bit-LPTTL-Register. In Format 5 und Format 6 werden die Meßdaten über den Schockkanal übertragen. Hierbei wird stets die Richtungsinformation zugefügt. Die Schock-Speicher-Steuerung übernimmt die Meßwertselektion in Abhängigkeit von der jeweiligen Bitrate und sorgt für die notwendige Entkopplung zwischen Telemetrie und TAC zum Zugriff auf den Speicher. Findet die Telemetrie beim Auslesen einen bereits leeren Speicher vor, so erscheint ein Block = 32 Bit mit Füllnullen.

In Format 5 wird jeder vierte 8/1-Meßwert, in Format 6 bei 4.096 bps jeder zweite und in Format 6 bei 8 Kbps und 16 Kbps wird jeder 8/1-Meßwert übertragen.

Die Ausgangsleitung aus dem Schock-Speicher heißt SSE2AA.

Die Datenausgabe erfolgt wie im Science-Kanal (vgl. Kap. 6.2.4), d.h. in der zeitlichen Reihenfolge wie folgt von links nach rechts):

Richtungsinformation - LSB ... MSB - VZ - MB.

### 6.3. Technische Daten des TAC

Der TAC enthält 182 IC's. Der rechnerische Leistungsverbrauch beträgt 885 mW. Gemessen wurde ein Verbrauch von 900 mW bei 5 V Versorgungsspannung (25°C).

Das Gewicht des TAC ohne Gehäuse und Steckeranteilen beträgt ca. 300 g. In diesem Gewicht sind jedoch 80-Polige Mil-Strip-Stecker der Platinen enthalten. Diese Stecker entfallen bei den Prototypen und Flugeinheiten.

Die Baugruppe "Mittelwertrechner" besteht aus fünf Tochterplatinen und einer Mutterplatine. Die Tochterplatinen sind

6 Lagen-Multilayer. Auf ihnen befinden sich die IC's und einige diskrete Bauteile. Die Mutterplatine ist eine 2 Lagen-Platine. Sie trägt die Verbindungsleitungen der Tochterplatten untereinander und ebenfalls noch einige diskrete Bauteile.

Eine ausführliche Testbeschreibung findet man ebenfalls bei Krupstedt, IDA/DA 72/8.

Eine Prüfvorschrift im Zusammenspiel mit den anderen Boxen des Experimentes und dem Experiment-Check-out-Gerät findet man in der Testvorschrift "HELIOS Magnetometerexperiment E2 - Komponententest" (Institut für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig).

## 7. Stoßwellenerkennungslogik (SIC)

Die Digitalelektronik (E2C) enthält neben dem Mittelwertrechner eine sog. Stoßwellenerkennungslogik. Die Stoßwellenerkennungslogik (SIC: shock identification computer) ist ein kleiner Rechner mit festverdrahtetem Programm, der aus den angebotenen Meßdaten nach vorgegebenen Kriterien

1. die Nullpunktsdrift der Sensoren bestimmt und
2. errechnet, ob eine Stoßwelle vorliegt oder nicht.

### 7.1. Das Verfahren

#### 7.1.1. Nullpunktseichung

Das Sensortripel mit den Sensoren u, v, w (siehe Abb. 7.1) wird so zum Raumfahrzeug hin ausgerichtet, daß der w-Sensor parallel zur Spin-Achse (z-Achse) liegt. Durch ein Kommando kann diese Anordnung geflippt, d.h. um  $90^{\circ}$  gedreht werden, so daß der w-Sensor in die Drehebene des Satelliten klappt. Für die in der Drehebene befindlichen Sensoren kann die Nullpunktsdrift bestimmt werden (siehe Abb. 7.2):

Bei konstantem äußeren Feld ist die Analogspannung U an einem Sensor in der Drehebene des Satelliten sinusförmig (1 Periode/ Umdrehung). Diese Spannung wird 8mal pro Umdrehung abgetastet. Bei Vorhandensein einer Nullpunktsdrift  $U_{\text{offset}}$  ergibt sich als Summe dieser 8 Meßwerte

$$\sum_1^8 U_{\text{meß}} = 4 (U_{\text{wahr}} + U_{\text{offset}}) - 4 (U_{\text{wahr}} - U_{\text{offset}}) = 8 U_{\text{offset}}$$

(7.1)

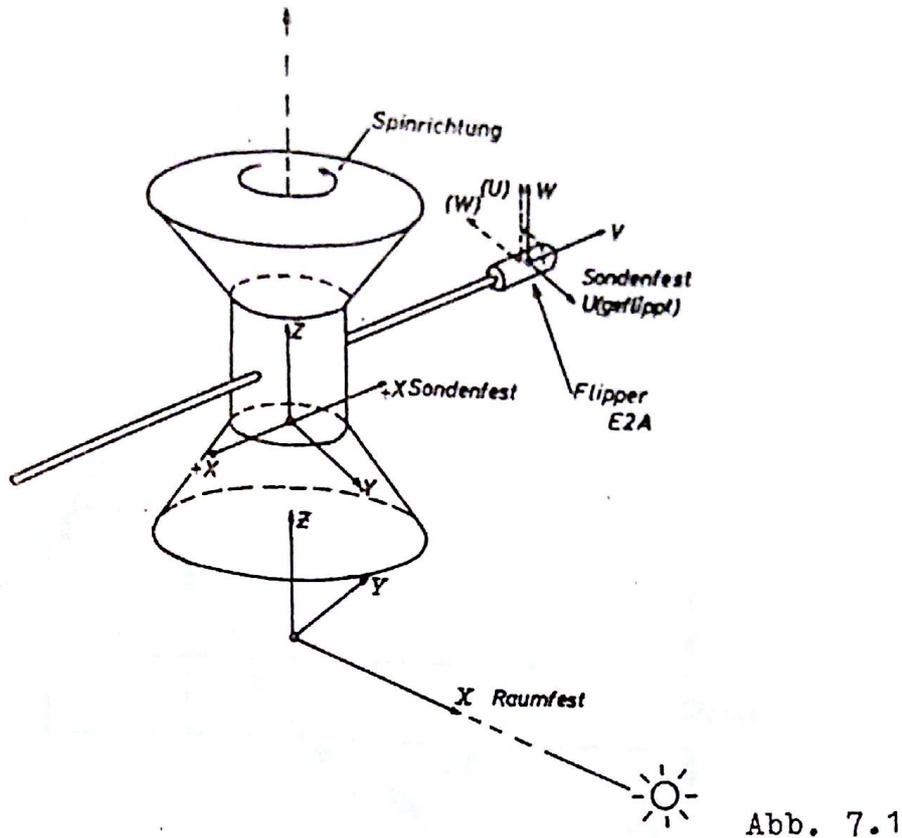


Abb. 7.1

Koordinatensystem

$U_{\text{offset}}$  ergibt sich also als Ergebnis einer arithmetischen Mittelung. Damit nun Änderungen des Feldes sowie Störungen nicht sofort den errechneten Wert der Nullpunktsdrift verfälschen, muß man lediglich genügend lange mitteln. Gewählt wurde eine Anzahl von  $2^{15}$  Abtastungen, entsprechend

$$\frac{2^{15}}{8} \text{ sec bei Spin } 1 \text{ U/sec} = 2^{12} \hat{=} 4096 \text{ sec} \approx \underline{1.14 \text{ Std.}} \quad (7.2)$$

Für den Sensor, der sich gerade senkrecht zur Drehebene befindet, wird der Nullpunktsdriftwert benutzt, der sich für diesen Sensor vor dem letzten Flippen ergeben hatte. Der Nullpunktsdriftwert wird aus den digitalen Meßwerten als  $NE_i$  ( $i = u, v$ , nach Gl. (7.3) berechnet:

$$2^{15} NE_{i,n} = 2^{15} NE_{i,n-1} - \frac{1}{2^{15}} 2^{15} NE_{i,n-1} + B_{i,n} \quad (7.3)$$

$B_{i,n}$  = Meßwert der Komponente  $i$

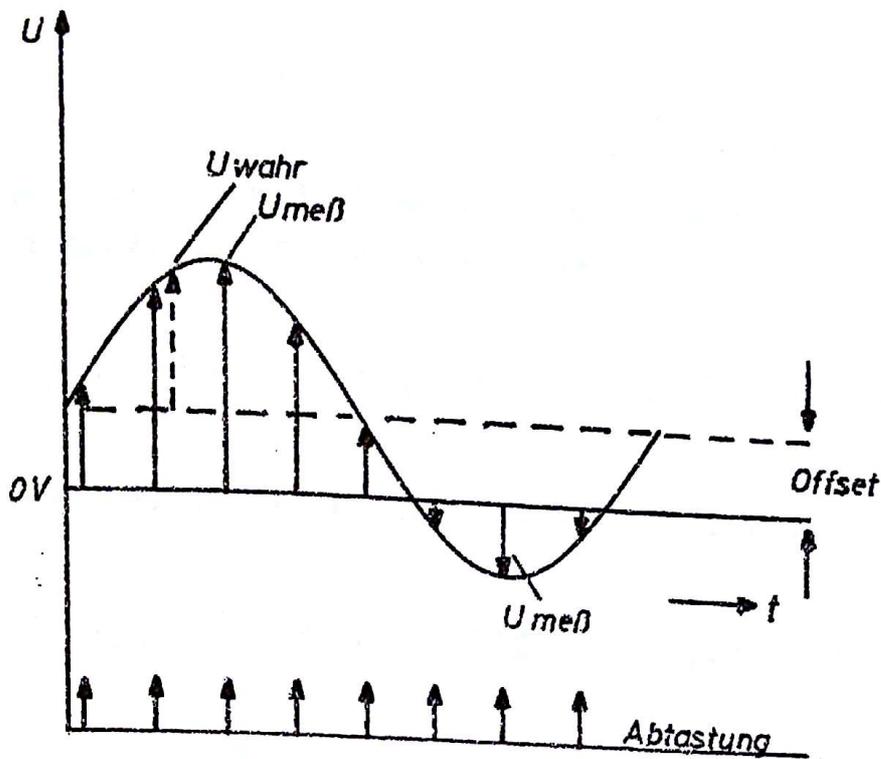


Abb. 7.2 Bestimmung der Nullpunktsdrift

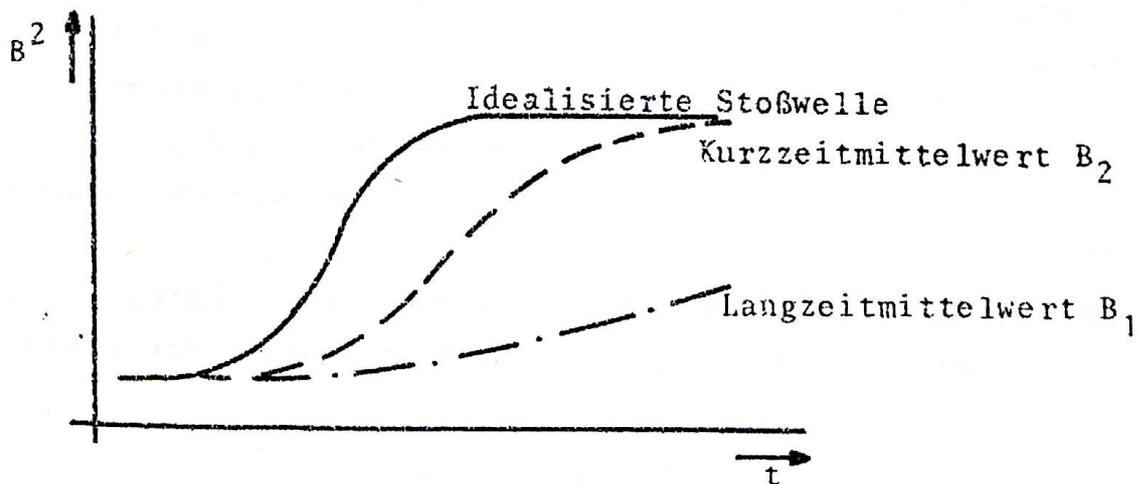


Abb. 7.3 Beispiel einer Stoßwelle

### 7.1.2. Stoßwellenerkennung

Abb. 7.3 zeigt das vereinfachte Beispiel einer Stoßwelle, die aus den Meßdaten erkannt werden soll. Dazu wird zunächst das Betragsquadrat der magnetischen Feldstärke gebildet:

$$|B|^2 = B_u^2 + B_v^2 + B_w^2 \quad (7.4)$$

Aus dem Betragsquadrat werden 2 Mittelwerte unterschiedlicher Mittelungszeit errechnet, und zwar der Kurzzeitmittelwert  $B_2$

$$8 B_{2,n} = 8 B_{2,n-1} - \frac{1}{8} 8 B_{2,n-1} + |B|^2 \quad (7.5)$$

nach Gl. (7.4) über 8 Meßwerte und der Langzeitmittelwert  $B_1$

$$256 B_{1,n} = 256 B_{1,n-1} - \frac{1}{256} 256 B_{1,n-1} + B_{2,n} \quad (7.6)$$

über 256 Meßwerte. Die Berechnungsverfahren nach Gl. (7.5) und (7.6) haben den Vorteil des geringen Speicherplatzbedarfs gegenüber einer konventionellen arithmetischen Mittelung, für die 8 bzw. 256 Meßwerte gespeichert werden müßten. Zusätzlich wird das 8- bzw. 256fache der Mittelwerte gespeichert, damit die Meßgröße vollständig addiert werden kann (sonst wären die letzten 3 bzw. 8 Bits nicht signifikant). Als Eingangsgröße für  $B_1$  findet  $B_2$  Verwendung, um eine zusätzliche Beruhigung der sich ergebenden Funktionen (hintereinandergeschaltete Tiefpässe) zu erreichen.

Abb. 7.3 zeigt zur Stoßwelle den Verlauf von  $B_2$  und  $B_1$ . Die Differenz von  $B_2$  und  $B_1$  wird in der normierten Form

$$A_1 = \frac{B_2 - B_1}{B_2} \quad (7.7)$$

als Stoßwellenerkennungskriterium benutzt und  $A_1$  als dynamischer Wert der Stoßwellenerkennung bezeichnet.

$A_1$  wird vom SIC alle  $1/8$  Umdrehung errechnet. Dabei findet ein Vergleich statt mit einer Schwelle  $A_2$ , die den bisher größten  $A_1$ -Wert beinhaltet:

$$A_{2,n} = \text{Max}_{0 \rightarrow n} \{A_1\} \quad (7.8)$$

Ist  $A_1$  größer  $A_2$ , so wird  $A_2 = A_1$  gesetzt und ein Schockimpuls ausgegeben.

Der Schockimpuls wird von dem Schockspeicher empfangen.

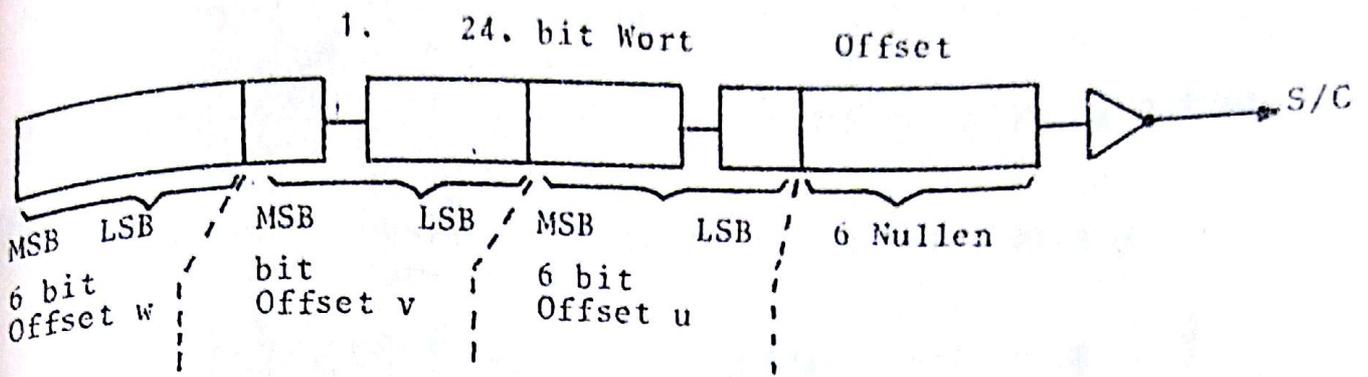
Der Speicher besteht im Prinzip aus 3 Teilen : A, B und C. In A (oder B) wird ständig überschreibend Format 6 eingelesen. Kommt ein Schockimpuls, wird das Einlesen in A (oder B) gestoppt. C wird vollgeschrieben, und das ständig überschreibende Einlesen beginnt in B (oder A). A (oder B) enthält so die Vorgeschichte der Stoßwelle (da der Schockpuls erst bei Überschreiten der Schwelle  $A_2$  ausgegeben wird, ergibt sich eine Verzögerung gegenüber der Flanke der Stoßwelle), C die Nachgeschichte. Damit das Einlesen in Teil C des Speichers nach einem Schockpuls nicht gestört wird, tritt im SIC für die Länge einer Einleseperiode eine Sperre in Kraft, die die Ausgabe weiterer Schockpulse in dieser Zeit verhindert.

Da F6 mit 3 verschiedenen Bitraten läuft, die Einleseperiode also unterschiedliche Länge hat, wird zur Bestimmung der Dauer der Sperre der BTC 6E2- herangezogen. Die Gesamtkapazität des Schockspeichers beträgt 468 Rahmen f6: Teil A und B je 108, Teil C 252 Rahmen. Experiment 2 liefert in F6 zwei Blöcke pro Rahmen, es ergibt sich für die Einleseperiode in Teil C

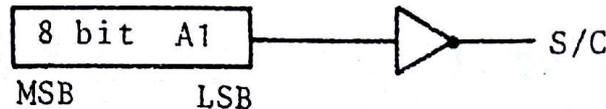
$$252 \times 2 = 504 \text{ Pulse BTC 6E2-} \quad (7.9)$$

### Datenausgänge

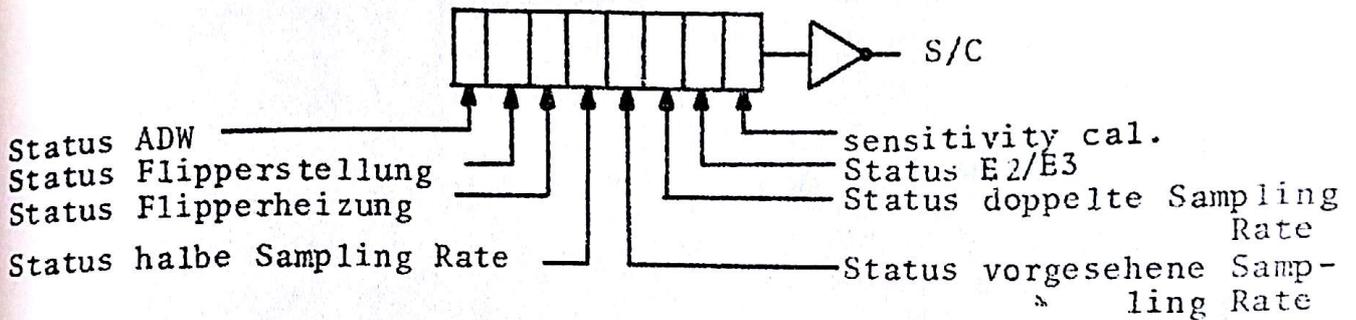
An die Telemetrie (S/C) des Raumfahrzeugs liefert der SIC für Format 4 (s. Abb. 7.4):



2. Dynamischer Schockerkennungswert A1



3. Command Status



4. Shock-Identification-Pulse

Länge 8  $\mu$ s mit der Genauigkeit der BSP 6 Pulse, 1 Puls pro Schockereignis, nach Ausgabe erfolgt für 504 Blöcke des E2 in F6 (504 BTC 6-Pulse) eine Ausgabesperre (Einlesezeit in den Schockspeicher).

5. Schockschwelle A2  
(Spitzenwert von A1)

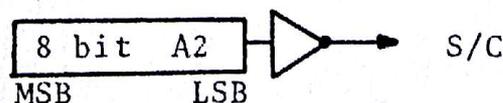


Abb. 7.4 Datenausgänge des SIC

1. 24 Bit Offset der Sensoren u, v, w auf der Leitung DSE2A4- (WTC 4 E2 - A, B, C)
2. Dynamischer Schockerkennungswert  $A_1$  auf der Leitung DSE2A2- (WTC 4 E2 - E)
3. Command Status auf der Leitung DSE2B4 - (WTC 4 E2 - D)
4. Shock-identification-pulse auf der Leitung SIDA E2 -

Format 6

Schockschwelle  $A_2$  auf der Leitung SSE2AS - (WTC 6 A2)

## 7.2. Aufbau des SIC (Abb. 7.5)

Die wesentlichen Teile des SIC sind:

1. Eingangsspeicher
2. Rechenwerk
3. COS/MOS-Speicher
4. Steuerwerk
5. Telemetriespeicher (Kommando-Status, 24 Bit Offset, Schockpuls,  $A_2$ ,  $A_1$ ).

In den Eingangsspeichern werden die 10-Bit-Meßwerte gespeichert. Parallel liegende Flipflops halten Vorzeichen und Meßbereichsbit zusätzlich fest. Die Verarbeitung erfolgt nach der Meßwertübernahme in folgenden Schritten:

1. Auswertung des Meßbereichsbits (dabei werden in den 10 Bit-Registern MB und VZ gelöscht)
2. Berechnung der Offset-Werte für die beiden Komponenten in der Drehebene
3. Korrektur der Meßwerte durch die Offset-Werte (für den Sensor in z-Richtung wird der Offset-Wert benutzt, der zuletzt errechnet wurde)

Eingangsspeicher

von E2 D

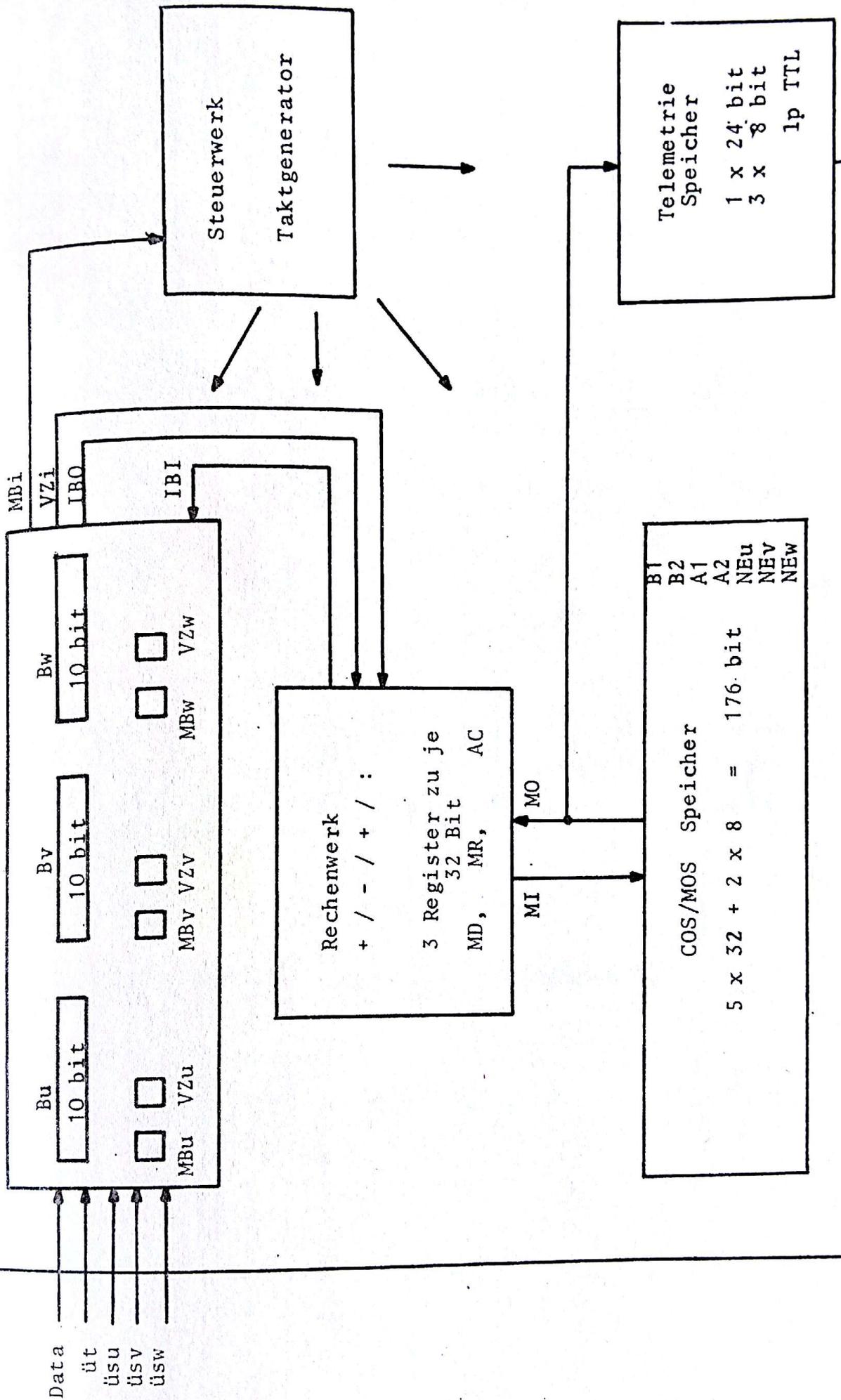


Abb. 7.5

Blockstruktur SIC

4. Berechnung des Betragsquadrates

$$B^2 = B_u^2 + B_v^2 + B_w^2$$

5. Berechnung des Kurzzeitmittelwertes  $B_2$

$$8 B_{2,n} = 8 B_{2,n-1} - \frac{1}{8} 8 B_{2,n-1} + (B_u^2 + B_v^2 + B_w^2)$$

6. Berechnung des Langzeitmittelwertes  $B_1$

$$256 B_{1,n} = 256 B_{1,n-1} - \frac{1}{256} 256 B_{1,n-1} + B_2$$

7. Berechnung des dynamischen Schockerkennungswertes  $A_1$

$$A_1 = \frac{B_2 - B_1}{B_2}$$

8. Vergleich  $A_2/A_1$ :

Ist  $A_2$  kleiner als  $A_1$ , wird  $A_2 = A_1$  gesetzt und ein Schockpuls ausgegeben, sofern nicht bereits in einer Zeit vorher, die 504 Blöcke F6 lang ist, ein Puls abgegeben wurde.

9. Nachladen der Telemetrie-Speicher

10. Ruhestellung, Warten auf neuen Meßwert.

### 7.3. Das Rechenwerk

Im Rechenwerk werden die Operationen

1. Multiplizieren
2. Dividieren mit
  - a) Normieren
  - b) Dividieren
  - c) Rücknormieren
3. Addition und Subtraktion

durchgeführt. Die Aufgaben des Rechenwerkes sind im speziellen Fall:

1. Multiplikation von 2 10-Bit-Worten
2. Division

$$\frac{B_2 - B_1}{B_2}, \quad B_2 - B_1 > 0$$

(Wortlänge:  $B_1$ : 30 Bit,  $B_2$ : 25 Bit)

3. Addition und Subtraktion von maximal 30 Bit-Worten.

Auf eine Beschreibung der durchgeführten Operationen sowohl prinzipiell wie auch Hardware-mäßig soll an dieser Stelle verzichtet werden. Eine ausführliche Beschreibung ist bei Kugel IDA DA-72/9 gegeben. Eine genaue Testvorschrift für den Schock-Identifikations-Computer im Zusammenspiel mit den anderen Komponenten des Experimentes und dem Experiment-Check-Out-Gerät befindet sich in der Testvorschrift HELIOS E2 Komponententest (Institut für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig).

## 8. Der DC-DC-Wandler

Vom Raumfahrzeug werden dem Experiment 28 V Gleichspannung zur Verfügung gestellt.

Mit Hilfe des DC-DC-Wandlers wird diese Gleichspannung in die für das Experiment benötigten Gleichspannungen: +12 V, -12 V und +5 V umgeformt.

### 8.1. Technische Beschreibung

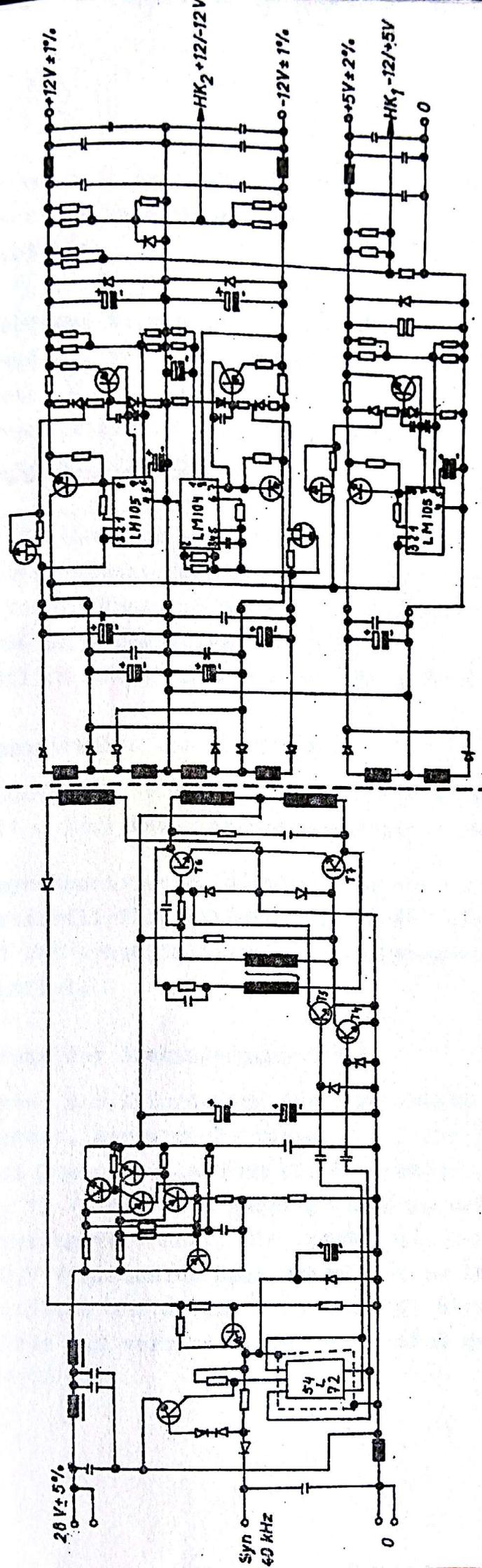
Der im Experiment eingebaute Gegentakt Gleichspannungswandler (Fa. MBB) arbeitet mit zwei Transformatoren. Ein kleiner Treibertrafo wird zur Auslösung des Umschaltvorganges bis ins Sättigungsgebiet betrieben und ein großer linear arbeitender Ausgangstrafo überträgt die Leistung an die Last. Auf diese Weise vermeidet man, daß bei geringer Belastung hohe Kollektorströme fließen.

Die Abb. 8.1 zeigt die Schaltung des DC-DC-Wandlers.

Der entwickelte DC-Converter besteht im wesentlichen aus den bereits erwähnten 2 Übertragern und zwei Schalttransistoren. Die Wirkungsweise der Schaltung ist folgende:

Bei Anlegen der Eingangsspannung wird bevorzugt Transistor  $T_7$  leitend, da seine Basis direkt über dem Widerstand  $R_{14}$  an der Eingangsspannung liegt. Damit verbunden steigt der Magnetisierungsstrom in der Primärwicklung des Treibertransformators an. Sobald der Kern seine Sättigungsmagnetisierung erreicht hat, wächst der Strom im Transformator sehr rasch.

Am Widerstand  $R_{13}$  entsteht dadurch ein erhöhter Spannungsabfall, so daß die Steuerspannung am Treibertransformator stark vermindert wird. Der Strom im leitenden Transistor  $T_7$  beginnt abzunehmen, wodurch der Umschaltvorgang ausgelöst wird, bei dem die Stromführung von  $T_7$  auf  $T_6$  übergeht und die Polaritäten sämtlicher Transformatorspannungen wechseln. Damit beginnt



Schaltbild des DC-DC-Wandlers (P, F)

Abb. 8.1

die nächste Halbperiode und dauert an, bis der Treibertransformator die Sättigungsmagnetisierung in umgekehrter Richtung erreicht hat.

Die Frequenz wird durch den Treibertransformator und den Widerstand  $R_{13}$  bestimmt. Durch die Verwendung von Kernmaterial mit guten Rechteckverhalten erzielt man ein schnelles Schalten der Transistoren  $\leq 1 \mu\text{sec}$  und reduziert die Magnetisierungsverluste auf ein Minimum.

Durch die Auswahl von Transistoren (2N5154) mit schnellem Umschaltverhalten, geringer Kollektorsättigungsspannung und hoher Stromverstärkung, läßt sich mit der entwickelten Schaltung ein Optimum an Wirkungsgrad erreichen.

Wesentlich trägt dazu die Art der Anschwingschaltung bei.

Synchronisation des Converters:

Der Converter schwingt ohne Synchronisation mit einer Frequenz von 11 - 18.5 kHz. Die Schwingfrequenz ist einstellbar.

Für synchronisierten Betrieb wird der Converter über ein Untersetzerflipflop, welches mit 39.947 kHz getaktet wird, auf 19.97 kHz synchronisiert. Die Eingangsschaltung ist TTL-Logik kompatibel.

Regelung der Ausgangsspannungen:

Aufgrund der Anforderung des Experiments an eine hohe Regelgenauigkeit, geringen Restbrumm, geringen Innenwiderstand und Schutz gegen Überlastung bei Kurzschluß, wurden zur Regelung der  $\pm 12 \text{ V}$  und  $+ 5 \text{ V}$  Ausgangsspannung Serienregler mit Strombegrenzung verwendet. Die entwickelte Schaltung benötigte nur ca. 0.7 V minimalen Spannungsabfall am Längstransistor, einschließlich der Strombegrenzung. Die Strombegrenzung ist einstellbar und vermindert bei Kurzschluß den Ausgangsstrom auf ca. = 50 mA.

### Einschaltstrombegrenzung und Kurzschlußsicherung:

Die entwickelte Schaltung weist eingangsseitig eine elektrische Einschaltstrombegrenzung bzw. Kurzschlußsicherung auf.

Die Wirkungsweise der Schaltung ist so, daß bei Überschreitung des Eingangsstromes um einen bestimmten Wert eine Strombegrenzung einsetzt. Bei Kurzschluß stellt sich ein Strom von ca. 10 - 40 mA ein, der erheblich unter dem Maximalstrom liegt. Bei Beseitigung des Kurzschlusses erfolgt eine automatische Aufhebung der Begrenzung. Dieses negative Begrenzungsverhalten der Sicherung verhindert eine Überlastung der Längstransistoren. Aus Gründen der Zuverlässigkeit sind zwei Längstransistoren vorgesehen.

Zusätzlich besitzt der DC-DC-Wandler noch zwei Housekeeping-Ausgänge zur Spannungsüberwachung.

HK<sub>1</sub> ist ein Spannungsteilerabgriff zwischen +12 V und +5 V;

HK<sub>2</sub> ist ein Spannungsteilerabgriff zwischen -12 V und +12 V

$$HK_1 \approx 3.6 \text{ V} \quad (\text{Pin 1})$$

$$HK_2 \approx 2.2 \text{ V} \quad (\text{Pin 2})$$

### 8.2. Technische Daten:

- Betriebsspannung	28 V $\pm$ 2 %
- Regelbereich	28 V $\pm$ 5 %
- Zerhackfrequenz:	
freilaufend	11 - 18.5 kHz
synchronisiert	19.973 kHz

- Einschalt - Stromaufnahme 1.5 - 2.5  $J_{\text{Nenn}}$
- Sekundärseitige Kurzschlußstrombegrenzung 1.5 - 2.0  $J_A$
- Eingang - Ausgang galvanisch getrennt
- ← Gehäuse-Isolation  $R = 1M\Omega$
- Betriebstemperaturbereich mit spez. Toleranzen - 35°C ... + 70°C
- Lagertemperatur - 55°C bis +125°C
- Wirkungsgrad bei
  - + 12 V 120 mA
  - 12 V 80 mA
  - + 5 V 710 mA $\eta = 70 - 73 \%$
- Toleranzen der Ausgangsspannungen
  - $\pm 12 \text{ V } \pm 1 \%$
  - + 5 V  $\pm 2 \%$
- Eingangsstromtripel  $\leq 20 \text{ mA}$  bei Vollast (bzw. Spezifikation DS 306.0012)
- Ausgangsbrummspannung an
  - $\pm 12 \text{ V } / + 5 \text{ V}$
  - = 15 m Vss
- Gewicht 260 p

## 9. Datenverarbeitungssystem

Zwischen dem Experiment und der Sonde (S/C) besteht ein Interface, das für den Betrieb des Experimentes und für die Datenübernahme notwendig ist.

In Abb. 9.1 sind alle Signalleitungen eingezeichnet, die das Interface zwischen dem Experiment und dem S/C bilden.

Eine Beschreibung der Spezifikationen aller Signale findet man in dem

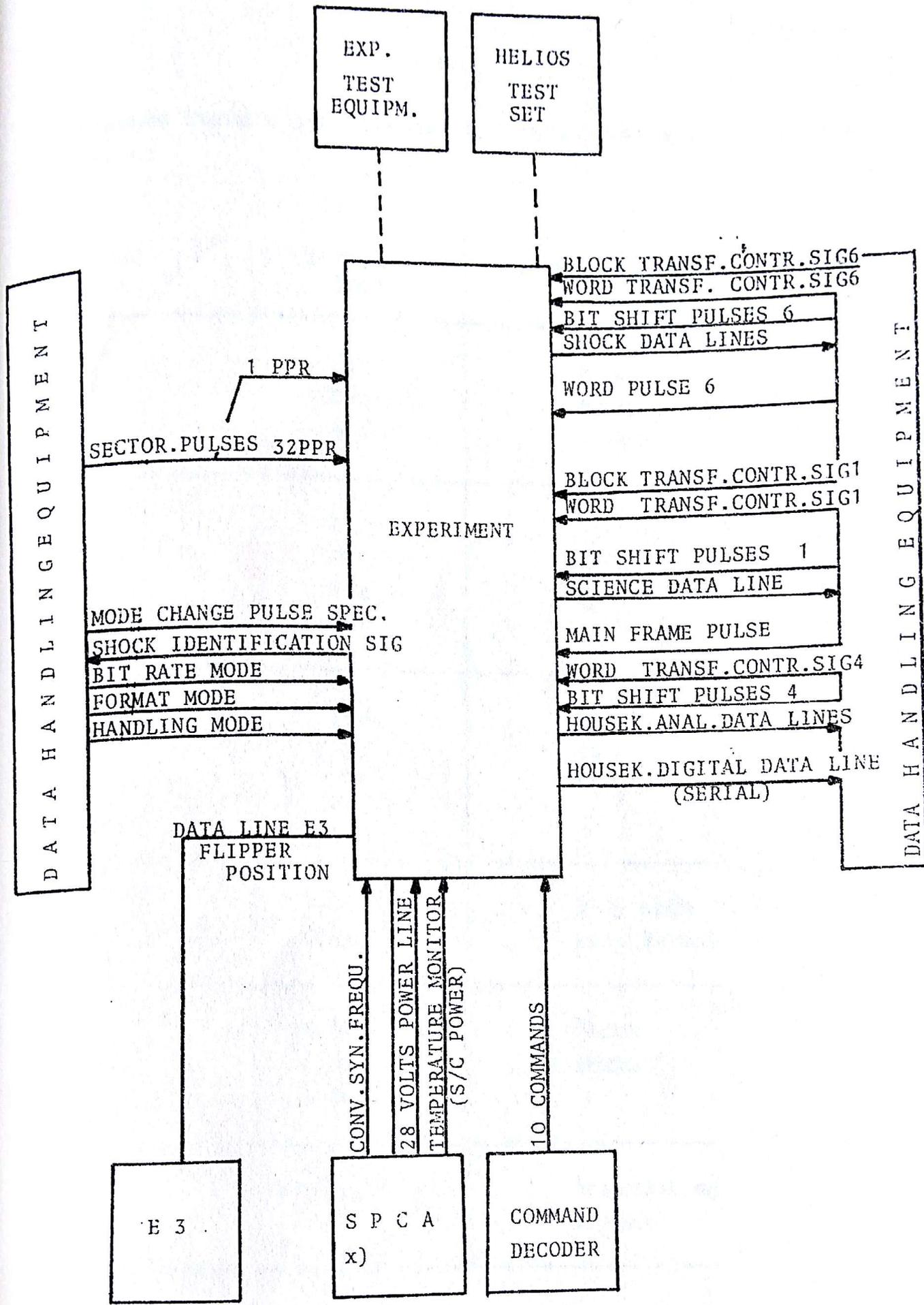
"Experiment Interface Specification für  
Experiment2"

Nach diesem Dokument ist es möglich, die Datenübertragung zur Erde in sieben verschiedenen Zuständen zu geben.

Dies geschieht mit dem sog. "Handling Mode Signal" (DM)

DM 0	Real Time Übertragung
DM 1	Real Time Übertragung mit gleichzeitigem Schockdateneinlesens mit 4096 bps
DM 2	Wie DM 1, jedoch mit 8192 bps
DM 3	Wie DM 1, jedoch mit 16384 bps
DM 4	Format 4 (Housekeeping) wird übertragen
DM 5	Black Out Phase Not-Format 3 wird gespeichert
DM 7	Speicher auslesen

Daraus ist schon ersichtlich, daß die Datenverarbeitung an Bord in verschiedenen Formaten mit verschiedenen Bitraten möglich ist.



x) SIGNAL AND POWER CONDITIONING ASSEMBLY

Abb. 9.1

Folgende Formate und Bitraten können auf Kommando geschaltet werden:

Format (FM)	Bitrate (BM)	Bezeichnung
1	2.048 1.024 512	High rate Format
2	512 256 128 64	Normal rate Format
3	64 32 16 8	Reduced rate Format
5	4.096 2.048	Very high rate Format
6	16.384 8.192 4.096	Shock Format
4	8 - 4.096	Engineering Format

9.1. Lage der E2-Daten in den Formaten 1 - 6

Format 1:

s. Abb. 9.2

Format 2:

s. Abb. 9.3

Format 3:

s. Abb. 9.4

Die Länge eines vom Experimentator definierten Blocks in den Formaten 1, 2 und 3 ist 72 Worte, also 576 Bit.

Das heißt, da jede Komponente mit 10 Bit Auflösung (2 Bit davon sind Vorzeichen bzw. Meßbereich) gemessen wird, daß 19 Magnetfeldvektoren (19 x 3 x 10 Bit) in einem Block stehen. Vor den ersten drei Vektoren stehen dann jeweils noch 2 Bit Richtungsinformation jeder Spindrehung.

Ein Datenblock in den Formaten 1, 2 und 3 hat damit folgendes Aussehen:

Abb. 9.5

Lage der Daten von Experiment 2 in Format 1

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
00	SYNC/4				E3/4				E7/6				E1/10										
01	E1/18																						
02	E6/4		E3/4		E5a/16																		
03	FN	ID	TIME/2	E5c/20																			
04	E5b/4		E3/4		E5b/3			E8/5		E4/8													
05	E4/8		E9		E10		E2/9				ENG/4												

Wortlänge : 8 Bit      Worte pro Rahmen : 9  
 Rahmenlänge: 144 Worte      Subcommutationrate: 8  
 Formatlänge: 72 Rahmen

Abb. 9.2

Lage der Daten von Experiment 2 in Format 2

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
00	SYNC/4				E3/4				E7/6				E1/10											
01	E1/24																							
02	E1/4		E3/4				E5a/4				E5c/5				E5b/4				E9/2					
03	FN	ID	TIME/2		E4/4				E7/6				E8/5				E10/5							
04	E10	E1/3		E3/4				E1/7				E6/9				ENG/8								
05	E6/4				E2/12												ENG/8							

Wortlänge : 8 Bit      Worte pro Rahmen : 12  
 Rahmenlänge: 144 Worte      Subcommutationrate: 6  
 Formatlänge: 72 Rahmen

Abb. 9.3

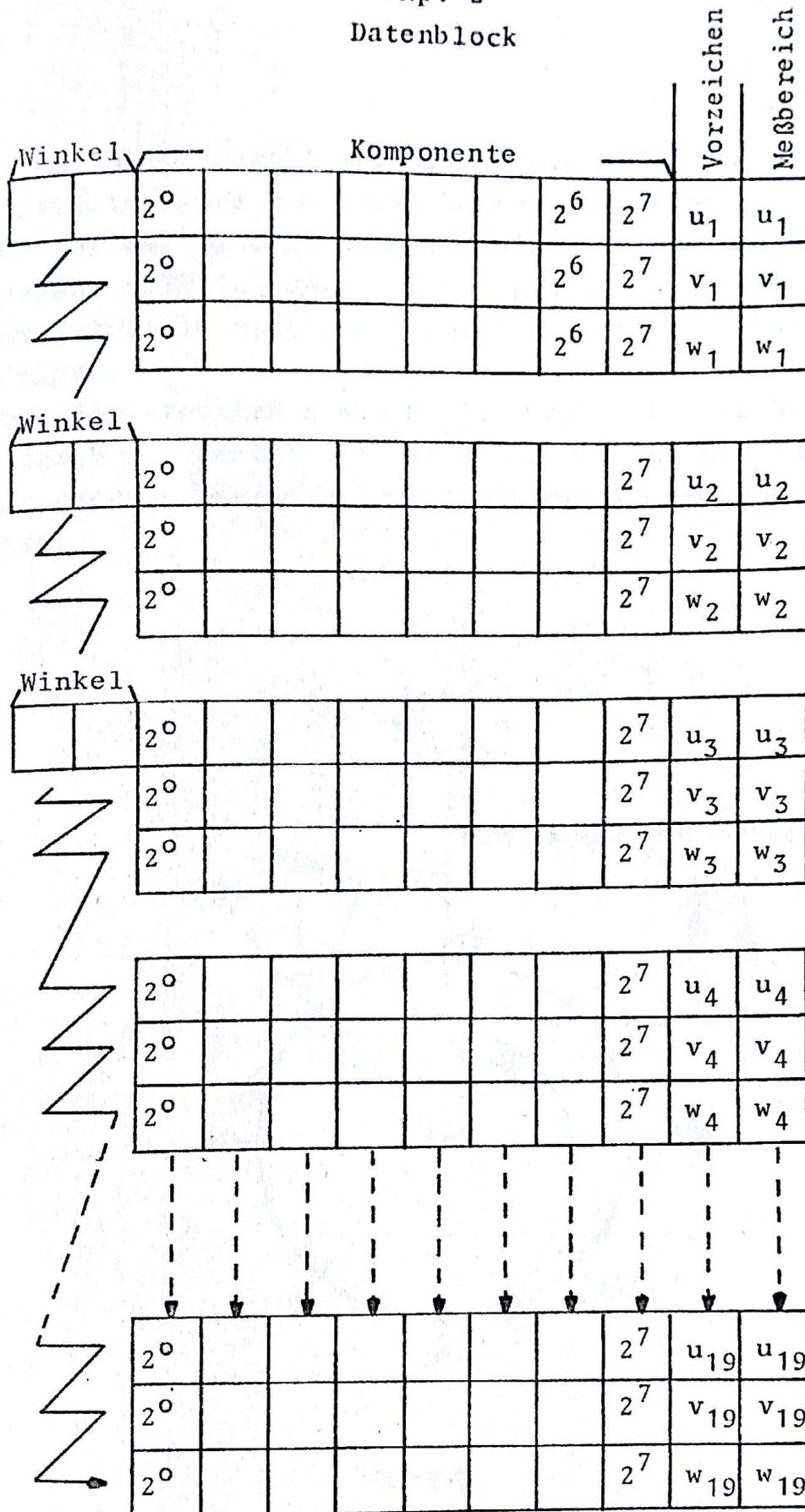
Lage der Daten von Experiment 2 in Format 3

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
00	SYNC/4				E3/4				E7/6				E1/10														
01	E1/14																										
02	E6/4		E3/4				E10/6				E8/10																
03	FN	ID	TIME/2		E4/4				E7/6				E5c/3				E5b/7										
04	E5c/2		E3/4				E2/9											E9/7									
05	E5a/8											ENG/16															

Wortlänge : 8 Bit      Worte pro Rahmen : 9  
 Rahmenlänge: 144 Worte      Subcommutationrate: 8  
 Formatlänge: 72 Rahmen

Abb. 9.4

Exp. 2  
Datenblock



Exp. 2 Format 1, 2 und 3 Science Data Block  
 1 Block = 72 Words = 576 bit  
 (Three components u, v, w of 19 Vectors)

Bei normaler "Sampling Rate" werden pro Umdrehung der Sonde in zeitlich gleichmäßigem Abstand 8 Meßwerttripel (8 x 30 Bit) auf der Datenleitung von E2D nach E2C angeboten (d.h. ungefähr alle 125 msec). Die Richtungskennzeichnung eines Meßwerttripels kann somit durch Zusatz von 3 Bit ( $2^3 = 8$ ) erfolgen.

Durch den stetigen Drehsinn der Sonde ist die Meßwertfolge zwangsläufig festgelegt, so daß 2 Bit zur Richtungskennzeichnung genügen; nur die beiden höchstwertigen Bits werden benutzt.

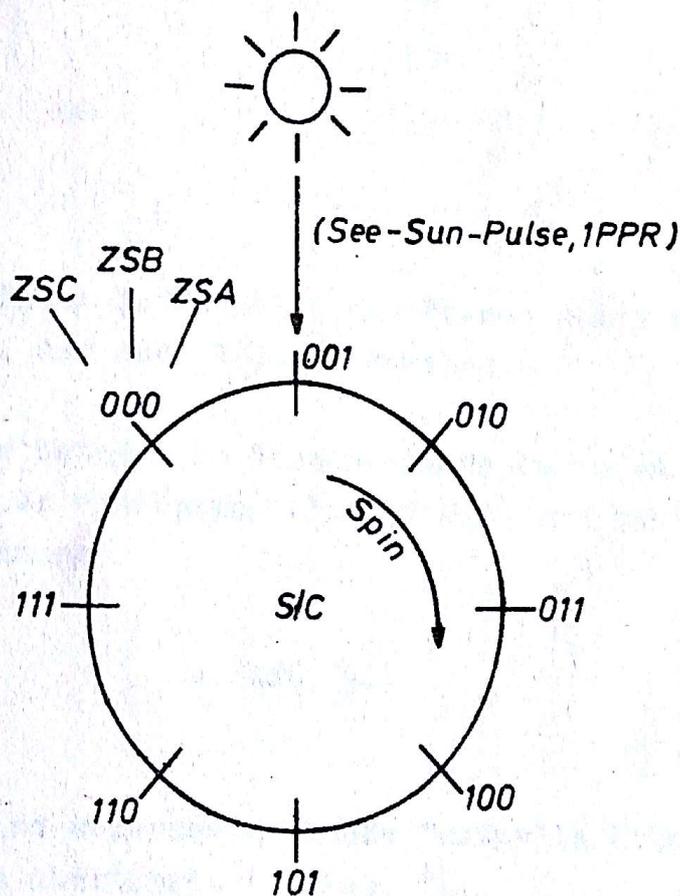


Abb.9.6

Kodierung der Winkelinformation

Die Kodierung der 2 Bit Richtungskennzeichnung ist somit:

	Bitfolge	Winkel (rel. zur Sonne)
stetige Reihenfolge	00	0°
	01	45°
	01	90°
	10	135°
	10	180°
	11	225°
	11	270°
	00	315°

Die Lage der Daten in Format 5 und Format 6 ist aus der Abb. 9.7 bzw. der Abb. 9.8 zu ersehen.

Die Blocklänge beträgt in diesen beiden Formaten nur 32 Bit, d.h. jeweils nur ein Vektor (3 x 10 Bit) und zwei Bits für Richtungserkennung

s. Abb. 9.9

In Format 6 wird außerdem noch die "aktuelle Schockschwelle A2" als 8-Bit-Wort übertragen (s. Kap. 7).

Lage der Daten von Experiment 2 in Format 5

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
00		SYNC/4			E5bS/2		E4aS/3			E5a	E3S/2	
01	E3S/2		E1/2		E5bS/2		E4aS/3			E5c/3		
02	E5c	E1/2	E5a		E5bS/2		E4aS/3			E7/3		
03		E2S/4			E5bS/2		E4aS/3			E5a	E3S/2	
04	E3S/2		E1/2		E5bS/2		E4aS/6					
05	E4bS	E1/2	E5a		E5bS/2		E4aS/3			E1/3		
06	EN	ID	TIME/2		E5bS/2		E4aS/3			E5a	E3S/2	
07	E3S/2		E8/2		E5bS/2		E4aS/3			E5c/3		
08	E5c	E6/2	E5a		E5bS/2		E4aS/3			E6/3		
09		E2S/4			E5bS/2		E4aS/3			E5a	E3S/2	
10	E3S/2	E9	E10		E5bS/2		E4aS/3			E1/3		
11	E5c/2		E5a		E5bS/2		E4aS/4				ENG/2	

Wortlänge : 8 Bit                      Worte pro Rahmen : 8  
 Rahmenlänge: 144 Worte              Subcommutationrate: 1/2  
 Formatlänge: 72 Rahmen

Lage der Daten von Experiment 2 in Format 6

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
00		SYNC/4			E5bS/2	E4aS/3	E4aS/3	E4aS/3	E5aS/2	E4bS/2	E4bS/2	E4bS/2	E5bS/2	E5bS/2	E4aS/3			
01		E3S/4			E5bS/2	E4aS/3	E4aS/3	E4aS/3	E5aS/2	E4bS/2	E4bS/2	E4bS/2	E5bS/2	E5bS/2	E4aS/3			
02		E2S/4			E5bS/2	E4aS/3	E4aS/3	E4aS/3	E5aS/2	E4bS/2	E4bS/2	E4bS/2	E5bS/2	E5bS/2	E4aS/3			
03		E3S/4			E5bS/2	E4aS/3	E4aS/3	E4aS/3	E5aS/2	E2A	E4S	E4S	E5bS/2	E5bS/2	E4aS/3			
04	FN	ID	TIME/2		E5bS/2	E4aS/3	E4aS/3	E4aS/3	E5aS/2	E4bS/2	E4bS/2	E4bS/2	E5bS/2	E5bS/2	E4aS/3			
05		E3S/4			E5bS/2	E4aS/3	E4aS/3	E4aS/3	E5aS/2	E4bS/2	E4bS/2	E4bS/2	E5bS/2	E5bS/2	E4aS/3			
06		E2S/4			E5bS/2	E4aS/3	E4aS/3	E4aS/3	E5aS/2	E4bS/2	E4bS/2	E4bS/2	E5bS/2	E5bS/2	E4aS/3			
07		E3S/4			E5bS/2	E4aS/3	E4aS/3	E4aS/3	E5aS/2	E5b	E4bS	E5b	E4bS	E5bS/2	E4aS/3			

Wortlänge : 8 Bit  
 Wortlänge : 144 Wörter  
 Rahmenlänge : 1 Rahmen  
 Wörter pro Rahmen : 8 (S); 1 (A)  
 Subcommutationrate: 1/2 (S); 1 (A)

Abb. 9.8

Rahmenzeiten E2

Format	Bitrate (bps)	Rahmendauer (s)	H.R.-Dauer (s)	Blockdauer (s)	Blockperiode (s)	Meßrate (VpU)
1	2048	0.563	40.5	3.97	4.50	4
1	1024	1.125	1m21s	7.94	9.0	2
1	512	2.25	2m42s	15.9	18.0	1
2	512	2.25	2m42s	11.4	13.5	$\frac{1}{2}$ *
2	256	4.50	5m24s	22.9	27.0	$\frac{1}{4}$
2	128	9.0	10m48s	45.7	54	$\frac{1}{8}$
2	64	18.0	21m36s	1m31.5s	1m48s	$\frac{1}{8}$
3	64	18	21m36s	2m7.1s	2m24s	$\frac{1}{8}$
3	32	36	43m12s	4m14.3s	4m48s	$\frac{1}{16}$
3	16	1m12s	1h26m24s	8m28.5s	9m36s	$\frac{1}{32}$
3	8	2m24s	2h52m48s	16m57s	19m12s	$\frac{1}{64}$
5	4096	0.281	20.25	7.82ms	0.141	4
5	2048	0.563	40.5	15.64ms	0.070	2
6	16384	0.070	0.070	1.96ms	0.035	8
6	8192	0.141	0.141	3.91ms	0.070	8
6	4096	0.281	0.281	7.82ms	0.141	4

Abb. 9.10

\* Die Striche über den Zahlen bedeuten, daß Mittelwerte über 2, 4, .... 64 1/1 Meßwerte übertragen werden.

Exp. 2

Datenblock in Format 5 und 6

Winkel		Komponente						Vorzeichen	Meßbereich	
		$2^0$					$2^6$	$2^7$	$u_1$	$u_1$
		$2^0$					$2^6$	$2^7$	$v_1$	$v_1$
		$2^0$					$2^6$	$2^7$	$w_1$	$w_1$

Abb. 9.9

Aus der Tabelle (Abb. 9.10) kann man die Rahmenzeiten in den einzelnen Formaten ablesen. Zusätzlich ist dort die Dauer eines Blockes und dessen Wiederholungsperiode angegeben.

Eine weitere Spalte zeigt die Anzahl der übertragenen Vektoren pro Umdrehung in Abhängigkeit von der Bitrate bzw. die Anzahl der Vektoren, über die gemittelt wird.

9.2. Housekeeping-Daten (Format 4)

In der Abb. 9.11 ist der Housekeepingrahmen dargestellt. Die stark umrandeten Worte zeigen die Lage der Daten vom Experiment 2, wobei folgender Code gilt:

- C 0 = Kommandoverifikation 8 Bit
- C 1, C 2, C 3 = Nullpunktsoffset U, V, W 24 Bit
- A 1 = Dynamischer Schockerkennungswert 8 Bit
  
- C 25 = Housekeeping 1 (+12/+5 V)
- C 26 = Housekeeping 2 (+12/-12V)
- C 27 = Housekeeping 3 (+ 5V)
  
- D 62 = Temperatur TEE 201 (Sensor)
- D 63 = Temperatur TEE 202 (E2B)

Die Bedeutung der einzelnen Worte ist folgende:

C 0 ist die 8 Bit Kommandoverifikation mit folgender Zuordnung:

C 0

Bit Nr.	CMD-Verifikation "1"		CMD-Verifikation "0"	
0	Empf. Kalibr.	ON	Empf. Kalibr.	OFF
1	Signal E3	ON	Signal E2	ON
2	-Doppelte Sampling Rate	ON	Doppelte Sampling Rate	OFF
3	Vorges. Sampling Rate	ON	Vorges. Sampling Rate	OFF
4	Halbe Sampling Rate	ON	Halbe Sampling Rate	OFF
5	Flipper Heizung	ON	Flipper Heizung	OFF
6	U in -Y W in +Z	V in +X	U in +Z W in +Y	V in +X
7	ADW 2	ON	ADW 1	ON

negative Logik

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
SYNC/4				C0...C3				B0...B 7								D0...D 5				A0	A1		
C4	C5...C7			C8...C11				B8...B15								D6...D 11				A2	A3		
C12...C19				B16...B23								D12...D 17											
FN	ID	TI/2		C20...C23				B24...B31								D18...D 23							
C25		C26	C27					B32...B39								D24...D 29							
C32...C35				C36...C39				B40...B47								D30...D 35							
SYNC/4				C40...C43												D36...D 41							
C44...C51												D42...D 47											
C52...C59												D48...D 53											
FN	ID	TI/2		C60...C63												D54...D 59							
C64...C71																D62		D63					
C72...C79												D66...D 71											
SYNC/4												D72...D 77											
												D78...D 83											
												D84...D 89											
FN	ID	TI/2														D90...D 95							
												D96...D101											
												D102..D107											
SYNC/4												D108..D113											
												D114..D119											
												D120..D125											
FN	ID	TI/2														D126..D131							
												D132..D137											
												D138..D143											

A-3 samples/frame or 12 samples/main frame  
 B-1 sample /frame or 4 samples/main frame  
 C-2 samples/main frame  
 D-1 sample /main frame  
 Word Länge : 8 bit  
 Frame Länge : 144 words  
 Format Länge: 4 frames

Lage von Experiment 2  
 in Format Nr. 4  
 (Housekeeping Daten)

Abb. 9.11

Gemäß Interface Spezifikation Seite -43- sind die Ausgänge in negativer Logik ausgeführt, d.h.

logisch "1" entspricht ca. 0 Volt  
logisch "0" entspricht 2.3 ... 5.5 Volt.

Die Worte C1, C2, C3 geben die im Experiment berechnete Nullpunktsoffsetspannung der drei Sensoren U,V,W an.

Jeder Wert wird dabei jedoch nur mit einer Genauigkeit von 6 Bit berechnet, so daß die ersten 6 Bit (Bit Nr. 0 ... 5) der Worte C1, C2, C3 keine Bedeutung haben, sie sind auf Null gesetzt. Bit Nr. 6 ist in negativer Logik das LSB ( $2^0$ ) der U-Komponente.

Entsprechend ist das Bit Nr. 4 von C2 das LSB der V-Komponente und Bit Nr. 2 des C3 Wertes das LSB der W-Komponente. (LSB = Least Significant Bit).

Die 8 Bit des A1 Wortes (Bit Nr. 0 ... 7) stellen den dynamischen Schockerkennungswert dar, wobei Bit Nr. 0 wiederum das LSB ist.

C25, C26 und C27 sind die Housekeeping-Werte, mit denen die Spannungsversorgung kontrolliert wird.

Diese Werte liegen im Experiment in analoger Form vor (Spannungen zwischen 0 ... 5 V), sie werden jedoch im S/C digitalisiert.

C25 (housekeeping 1) ist eine am DC/DC Wandler (E2E) gemessene Spannung zwischen der +12 V und +5 V Versorgung, während C26 (housekeeping 2) ein Spannungsabgriff zwischen +12 V und -12 V ist (Spannungsteilerabgriff).

C27 (housekeeping 3) ist eine Meßstelle der +5 V Spannungsversorgung in der E2C-Box (diese wird direkt angezeigt).

Die Kalibrierungskurven sind aus den Meßprotokollen zu ersehen.

Die Meßwerte D62 und D63 sind Temperaturwerte, die in analoger Form vom Experiment angeboten werden.

D62 (TEE 201) ist der Temperaturfühler am Sensor E2A, während D63 (TEE 202) eine Temperaturmeßstelle in der E2B-Box ist.

Die Kalibrierungskurven sind wiederum aus den Meßprotokollen jeder Einheit zu entnehmen.

## 10. Thermalkontrolle

Aufgrund der thermischen Berechnung für das Magnetometertripel mit dem Flipper ergeben sich in Abhängigkeit von der Entfernung: Sonne - Sonnensonde am Ort der Flipperoberfläche folgende maximalen negativen Temperaturwerte:

$$\begin{array}{l} 1 \quad \text{AU} : \pm x \text{ Fläche: } - 73^{\circ}; \pm y: - 180^{\circ}; + z : - 125^{\circ}; \\ \qquad - z : - 160^{\circ} \\ \\ 0.25 \text{ AU} : \pm x \text{ Fläche: } 195^{\circ}; \pm y: 180^{\circ}; + z : 43^{\circ}; \\ \qquad - z : - 160^{\circ} \end{array}$$

(in  $^{\circ}\text{C}$  berechnet)

Die Arbeitstemperatur des Magnetometers und des Umklappmechanismus ist jedoch beschränkt auf:

Operating limits:  $- 20^{\circ}\text{C}$  bis  $+ 55^{\circ}\text{C}$

Während die Lagertemperatur

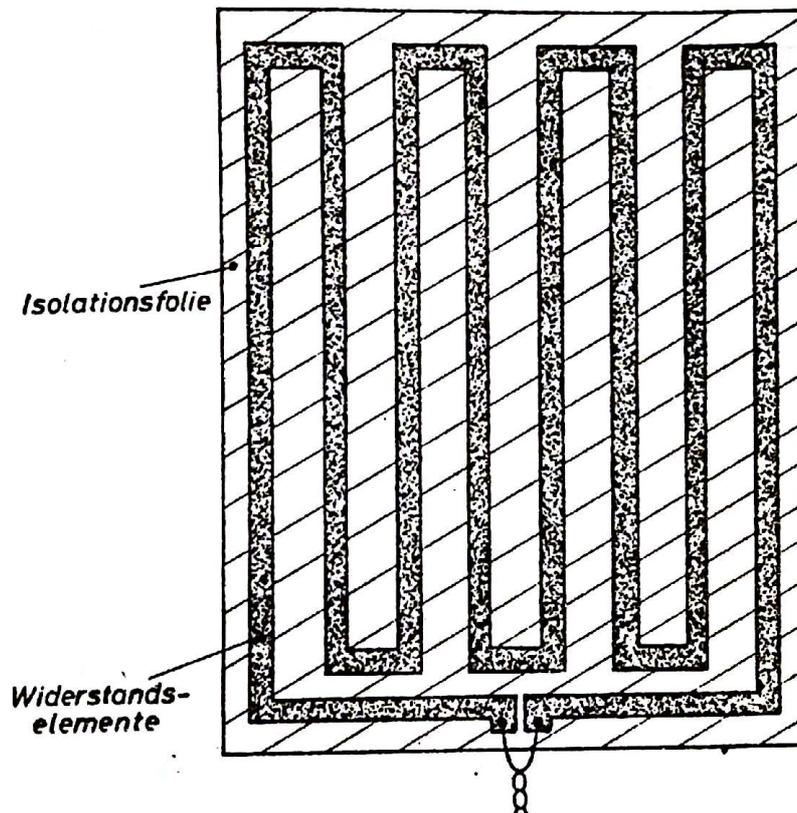
Storage limits:  $- 50^{\circ}\text{C}$  bis  $+ 70^{\circ}\text{C}$

nicht überschreiten darf.

Wegen des beschränkten Arbeitstemperaturbereiches ist eine aktive Thermalkontrolle (bei einer Entfernung Sonne - Sonnensonde von 1 AU) am Flipper notwendig.

Bei Annäherung an die Sonne muß dieses Heizungssystem ausgeschaltet werden.

Das Heizungssystem, das ungefähr 2.2 W verbraucht (im eingeschalteten Zustand), besteht aus zwei Heizungsfolien und einem Thermostat, die am Flippergehäuse angebracht sind (s. Abb. 10.1).



Flipper Heizungsfolie

Abb.101

Die Heizungsfolien bestehen aus unmagnetischen mäanderförmigen Leiterbahnen, die auf Kaptonfolien als Isolator aufgeklebt sind. Der Arbeitstemperaturbereich der Folien beträgt  $-65^{\circ}\text{C}$  bis  $+200^{\circ}\text{C}$ . Eine magnetische Vermessung des Heizungssystems im Betrieb hat ergeben, daß das erzeugte Streufeld am Orte der Sensoren (ca. 5 cm Abstand) kleiner als  $0.4 \gamma$  ist. Die Temperaturverteilung mit Thermalkontrolle ist aus der Abb. 10.2 zu ersehen. ERNO - QC 31-00 / LE.

Technische Daten:

Heizungsfolien:

Befestigung an der +Y und -Y - Seite des Flippers

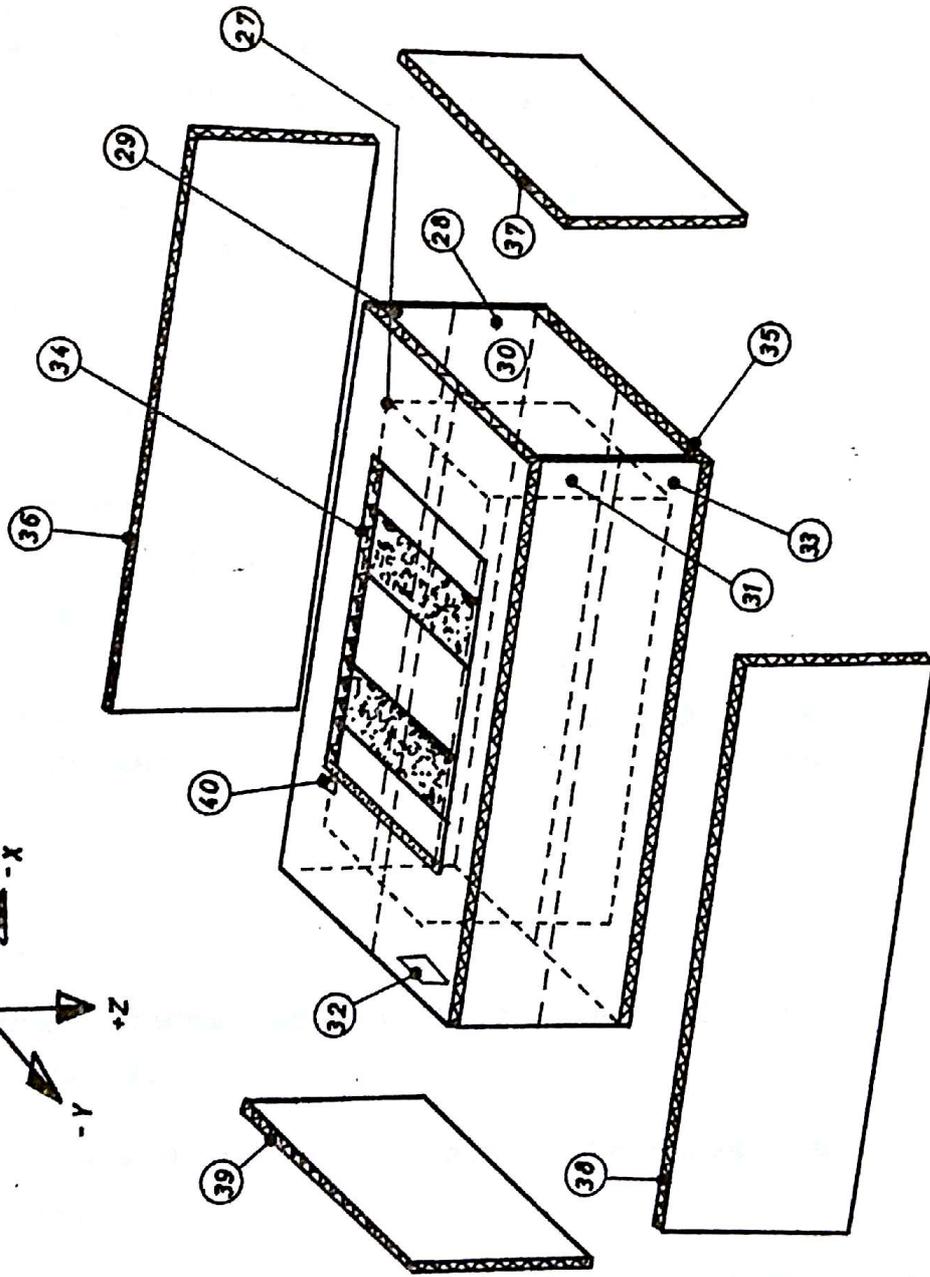
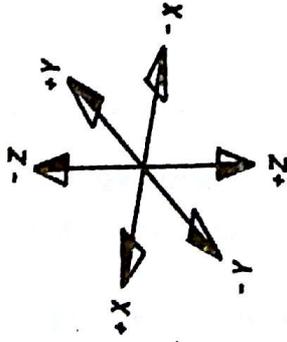
<u>Menge:</u>	2
<u>Dimensionen:</u>	110 x 260 mm
<u>Betriebsspannung:</u>	28 V DC
<u>Leistung:</u>	2.2 Watt (1.1 Watt pro Einheit)
<u>Widerstand:</u>	436 $\Omega$ (je 872 $\Omega$ )

Nähere Angaben siehe:

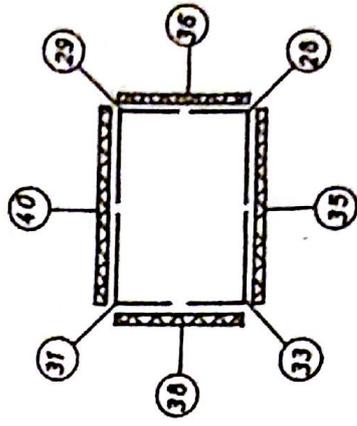
ERNO - Aktennotiz T/T - 1.3 Nr.192/72

ERNO - Doc. QC - 31-00 / LE

Thermal Analysis of -x Boom for E2A



Punkt	Bezeichnung	TEMPERATUR °C	
		0,9 SC	16,0 SC
27	FLIPPER	-4,0	41,5
28	GEHÄUSE +Y+Z	9,4	37,5
29	" +Y-Z	1,3	25,3
30	" -X	2,4	36,3
31	" -Y-Z	1,3	25,3
32	" +X	2,4	36,3
33	" -Y+Z	9,4	37,5
34	RADIATOR -Z	-33	19,5
35	ISOLATION +Z	-125,2	42,7
36	" +Y	-79,6	179,7
37	" -X	-73,2	195,6
38	" -Y	-79,6	179,7
39	" +X	-72,2	193,8
40	" -Z	-159,3	-159,3
HEIZUNG 2,2 W bei 0,9 SC			
HEIZUNG 0 W bei 16,0 SC			



Temperaturverteilung Flipper

Abb.10.2

11. Steckerbelegungspläne E2

Steckerbelegungsplan E2A  
(Flipper)

---

E2A - J1 DAM 15 P NMC

Pin			Pin
1	Testpin, Checkout Thermistor	a	n.c.
2	Testpin, Checkout Thermistor	b	n.c.
3	Spare	E2D - J5	3
4	Abschirmung	E2D - J5	4
5	Systemthermistor	a E2D - J5	5
6	Systemthermistor	b E2D - J5	6
7	+ 5 Volt	E2D - J5	7
8	Signal Ground	E2D - J5	8
9	+ 28 Volt	E2D - J5	9
10	Power Ground	E2D - J5	10
11	Mech.Flipperstellung	0° E2D - J5	11
12	Mech.Flipperstellung	90° E2D - J5	12
13	Signal Ground	E2D - J5	13
14	Federende	E2D - J5	14
15	Chassis Ground	E2A E2D - J5	15

Bemerkungen:

1. Gesamtabschirmung für Kabelbaum E2A-J1-E2D-J5 ist vorzusehen.
2. Leitungen 9 - 9 und 10 - 10 sind miteinander zu verdrillen.
3. Leitungen 7 - 7, 8 - 8 und 13 - 13 sind miteinander zu verdrillen.

Steckerbelegungsplan E2A  
(Flipper)

---

E 2 A - J 2 NMC (D) DBM 25 P

Pin					Pin
1	Feldspule	a U	an	E2B - J 1	1
2	GK-Spule	a U	an	E2B - J 1	2
3	Meßspule	a U	an	E2B - J 1	3
4	Abschirm.	U	an	E2B - J 1	5
5	Feldspule	a V	an	E2B - J 3	1
6	GK-Spule	a V	an	E2B - J 3	2
7	Meßspule	a V	an	E2B - J 3	3
8	Therm.	a Sensor	an	E2B - J 3	4
9	Feldspule	a W	an	E2B - J 5	1
10	GK-Spule	a W	an	E2B - J 5	2
11	Meßspule	a W	an	E2B - J 5	3
12	Kalibr.-Spule	a	an	E2B - J 5	4
13	Abschirm.	W	an	E2B - J 5	5
14	Feldspule	b U	an	E2B - J 1	6
15	GK-Spule	b U	an	E2B - J 1	7
16	Meßspule	b U	an	E2B - J 1	8
17	Feldspule	b V	an	E2B - J 3	6
18	GK-Spule	b V	an	E2B - J 3	7
19	Meßspule	b V	an	E2B - J 3	8
20	Therm.	b Sensor	an	E2B - J 3	9
21	Abschirm.	V	an	E2B - J 3	5
22	Feldspule	b W	an	E2B - J 5	6
23	GK-Spule	b W	an	E2B - J 5	7
24	Meßspule	b W	an	E2B - J 5	8
25	Kalibr.-Spule	b	an	E2B - J 5	9

Bemerkungen:

Abschirmungen siehe Boomkabelbaum-  
zeichnung.

Steckerbelegungsplan E2A  
(Flipper)

---

Experiment Teststecker

---

E 2 A - J 3                      DEM 9 P    NMC

Pin 1	Komp. Spule	U				
Pin 2	Komp. Spule	U V W				
Pin 3	n.c.					
Pin 4	Komp. Spule	V				
Pin 5	Signal Cond.	Ground (W)	von E2A - J 2	Pin 10	GK-W (a)	
Pin 6	Signal Cond.	U	von E2A - J 2	Pin 15	GK-U (b)	
Pin 7	Komp. Spule	W				
Pin 8	Signal Cond.	V	von E2A - J 2	Pin 18	GK-V (b)	
Pin 9	Signal Cond.	W	von E2A - J 2	Pin 23	GK-W (b)	

Steckerbelegungsplan E2B  
(Analogelektronik U)

---

1. U-Elektronik  
E 2 B - J 1                      NMB      DEM 9 S

---

Pin				Pin
1	Feldspule	a U	von E2A - J 2	1
2	GK-Spule	a U	von E2A - J 2	2
3	Meßspule	a U	von E2A - J 2	3
4	n. c.			
5	Abschirmung	U	von E2A - J 2	4
6	Feldspule	b U	von E2A - J 2	14
7	GK-Spule	b U	von E2A - J 2	15
8	Meßspule	b U	von E2A - J 2	16
9	n. c.			

Bemerkungen:

Abschirmung siehe Boomkabelbaumzeichnung

Steckerbelegungsplan E2B  
(Analogelektronik U)

E 2 B - J 2	NMB	DBM A 25 P	Pin
1 + 12 Volt		von E2B - J 4	14
2 + 5 Volt		von E2B - J 4	15
3 - 12 Volt		von E2B - J 4	16
4 + 8.5 Volt Ref.		von E2B - J 4	17
5 Signal Ground		an E2D - J 4	20
6 9.5 kHz		von E2B - J 6	7
7 n.c.			
8 Thermistor a Elektr.		an E2D - J 4	3
9 Magn.Ausgang U an Relais		an E2D - J 4	11
10 Vorzeichen U		an E2D - J 4	14
11 Ausgang U zum A/D		an E2D - J 4	25
12 19 kHz		von E2B - J 6	12
13 Testpin Chassis Ground U (E2B)			
14 Testpin + 12 Volt			
15 Testpin + 5 Volt			
16 Testpin - 12 Volt			
17 Testpin + 8.5 Volt Ref.			
18 Testpin Signal Ground U intern verbunden mit Pin 5			
19 n.c.			
20 Testpin Ali.-Ausgang U			
21 Thermistor b Elektr.		an E2D - J 4	4
22 Ali.-Eing. U von Relais		E2D - J 4	21
23 Meßbereich U		an E2D - J 4	17
24 n.c.			
25 n.c.			

Bemerkungen:

1. Abschirmung siehe Kabelbaumzeichnung E2B - E2D.
2. Die Leitungen 1 - 14 und 3 - 16 sind miteinander zu verdrillen.

Steckerbelegungsplan E2B  
(Analogelektronik V)

---

E 2 B - J3

NMB

DEM 9 S

---

Pin					Pin
1	Feldspule	a V	von	E2A - J 2	5
2	GK-Spule	a V	von	E2A - J 2	6
3	Meßspule	a V	von	E2A - J 2	7
4	Thermistor	a Sensor	von	E2A - J 2	8
5	Abschirmung	V	von	E2A - J 2	21
6	Feldspule	b V	von	E2A - J 2	17
7	GK-Spule	b V	von	E2A - J 2	18
8	Meßspule	b V	von	E2A - J 2	19
9	Thermistor	b Sensor	von	E2A - J 2	20

Bemerkungen:

Abschirmung siehe Boom-Kabelbaumzeichnung.

Steckerbelegungsplan E2B  
(Analogelektronik V)

E 2 B - J 4		NMB	DBM A 25 P
Pin			Pin
1	+ 12 Volt	von E2B - J 6	14
2	+ 5 Volt	von E2B - J 6	15
3	- 12 Volt	von E2B - J 6	16
4	+ 8.5 Volt Ref.	von E2B - J 6	17
5	Signal Ground V	an E2D - J 4	24
6	9.5 kHz	von E2B - J 6	6
7	n.c.		
8	Thermistor a. Sensor	an E2D - J 4	1
9	Magn.-Ausg. V an Relais	an E2D - J 4	12
10	Vorzeichen V	an E2D - J 4	15
11	Ausgang zum A/D	an E2D - J 4	26
12	19 kHz	von E2B - J 6	25
13	Testpin Chassis Ground V (E2B)		
14	+ 12 Volt	an E2B - J 2	1
15	+ 5 Volt	an E2B - J 2	2
16	- 12 Volt	an E2B - J 2	3
17	+ 8.5 Volt Ref.	an E2B - J 2	4
18	Testpin Signal Ground V		
19	n.c.		
20	Testpin Ali.-Ausgang V		
21	Thermistor b Sensor	an E2D - J 4	2
22	Ali.-Eing. V von Relais	E2D - J 4	22
23	Meßbereich V	an E2D - J 4	18
24	n.c.		
25	n.c.		

Bemerkungen:

1. Abschirmungen siehe Kabelbaumzeichnung E2B - E2D
2. Die Leitungen 1 - 14 und 3 - 16 sind miteinander zu verdrillen.
3. Die Leitungen 14 - 1 und 16 - 3 sind miteinander zu verdrillen.

Steckerbelegungsplan E2B  
(Analogelektronik W)

---

E 2 B - J 5

NMB

DEM 9 S

---

Pin					Pin
1	Feldspule	a W	von	E2A - J 2	9
2	GK-Spule	a W	von	E2A - J 2	10
3	Meßspule	a W	von	E2A - J 2	11
4	Kalibr.Spule	a	von	E2A - J 2	12
5	Abschirmung	W		E2A - J 2	13
6	Feldspule	b W	von	E2A - J 2	22
7	GK-Spule	b W	von	E2A - J 2	23
8	Meßspule	b W	von	E2A - J 2	24
9	Kalibr.Spule	b	von	E2A - J 2	25

Bemerkungen:

Abschirmung siehe Boom-Kabelbaumzeichnung

Steckerbelegungsplan E2B  
(Analogelektronik W)

E 2 B - J 6

NMB (W)

DBM A 25 P

Pin			Pin
1	+ 12 Volt	von E2D - J 4	7
2	+ 5 Volt	von E2D - J 4	9
3	- 12 Volt	von E2D - J 4	8
4	+ 8.5 Volt Ref.	von E2D - J 4	29
5	Signal Ground W	von E2D - J 4	28
6	9.5 kHz	an E2B - J 4	6
7	9.5 kHz	an E2B - J 2	6
8	Kalibr.Spule a	an E2D - J 4	5
9	Magn.Ausg. W an Relais	E2D - J 4	13
10	Vorzeichen W	E2D - J 4	16
11	Ausgang W zum A/D	an E2D - J 4	27
12	19 kHz	an E2B - J 2	12
13	Chassis Ground W (E2B)	an E2D - J 4	37
14	+ 12 Volt	an E2B - J 4	1
15	+ 5 Volt	an E2B - J 4	2
16	- 12 Volt	an E2B - J 4	3
17	+ 8.5 Volt Ref.	an E2B - J 4	4
18	Gesamtabschirmung W		
19	Abschirmung 9.5 kHz		
20	Testpin Ali.-Ausgang W		
21	Kalibr.Spule b	an E2D - J 4	6
22	Ali.-Eing. W von Relais	E2D - J 4	23
23	Meßbereich W	an E2D - J 4	19
24	Abschirmung 19 kHz		
25	19 kHz	an E2B - J 4	12

Bemerkungen:

1. Abschirmungen siehe Kabelbaumzeichnung E2B - E2D
2. Die Leitungen 1 - 7, 3 - 8, 2 - 9 und 5 - 28 sind miteinander zu verdrillen.
3. Die Leitungen 14 - 1 und 16 - 3 sind miteinander zu verdrillen.

Steckerbelegungsplan E2C  
(Digital Electronics)

---

E 2 C - J 1

DCM 37 S NMB

---

Pin

1	+ 5 Volt	
2	Signal Ground	
3	Status ADC	
4	Status Flipper Heizung	
5	Status mech.Fl.Stellung "L" bei U + Richtung	
6	Status vorgeseh. Sampling Rate	
7	Status halbe Sampling Rate	
8	Status doppelte Sampling Rate	
9	Status Empfindlichkeit "L" bei Ein	
10	Status E2/E3 "L" bei Ein	
11	ÜS U	
12	ÜS V	
13	ÜS W	von E2D - J 3
14	Signalleitung U V W	Steckerbelegung
15	ÜT Übernahmetakt	identisch
16	BTC1 Positiv für Eichzyklus an E2D	
17	1 PPR negativ	
18	32 PPR negativ	
19	ADC Wandlungstakt	
20	Signal Ground	
21	- 12 Volt /	Housekeeping 1
22	+ 12 Volt/ + 5 V	Housekeeping 2
23	Housekeeping 3	
24	Signal Ground	
25	TEE 201	
26	Return Line TEE 201	Thermistor von E2A
27	TEE 202	
28	Return Line TEE 202	Thermistor von E2B
29	1 PPR negativ	
30	n.c.	

b.w.

E 2 C - J 1

DCM 37 S NMB

---

Pin	
31	n.c.
32	n.c.
33	n.c.
34	Gesamtabschirmung E2C - E2D
35	Abschirmung Signalleitung UVW
36	Abschirmung ADC Takt
37	n.c.

Bemerkungen:

1. Die Leitungen 1 - 1 und 2 - 2 sind miteinander zu verdrillen.
2. Leitung 14 - 14 erhält Einzelabschirmung.
3. Leitung 19 - 19 erhält Einzelabschirmung.
4. Kabelbaum E 2 D - J 3 - E 2 C - J 1 erhält eine Gesamtabschirmung.

Steckerbelegungsplan E2C  
(Digital Electronics)

E 2 C - J 2

DBM 25 P

NMB

Pin				
1	BTC 1	E 2 -		from Encoder
2	WTC 1	E 2 -		from Encoder
3	BSP 1	E 2 -		from Encoder
4	MFP 1	E 2 -		from Encoder
5	MCP S	E 2 -		from Telemetry Contr. Unit
6	WTC 4	E 2 - A		from Encoder
7	WTC 4	E 2 - B		from Encoder
8	WTC 4	E 2 - C		from Encoder
9	WTC 4	E 2 - D		from Encoder
10	WTC 4	E 2 - E		from Encoder
11	BSP 4	E 2 -		from Encoder
12	Signal Ground			
13	Signal Ground			
14	BTC 6	E 2 -		from Encoder
15	WTC 6	E 2 - A		from Encoder
16	WTC 6	E 2 - S		from Encoder
17	BSP 6	E 2 -		from Encoder
18	WPA 6	E 2 -		from Encoder
19	SPE 2	0 0 -		from Telemetry Contr. Unit
20	SPE 2	0 5 -		from Telemetry Contr. Unit
21	TEE 2	0 1		to Electr. Integr. Ass.
22	Return Line	TEE 2	0 1	to Electr. Integr. Ass.
23	TEE 2	0 2		to Electr. Integr. Ass.
24	Return Line	TEE 2	0 2	to Electr. Integr. Ass.
25	n.c.			

Steckerbelegungsplan E2C  
(Digital Electronics)

Stand: 1.12.1971

E 2 C - J 3

DBM 25 P

NMB

Pin			
1	BTC 1	E 2 -	
2	WTC 1	E 2 -	
3	BSP 1	E 2 -	
4	MFP 1	E 2 -	
5	MCP S	E 2 -	
6	WTC 4	E 2 - A	
7	WTC 4	E 2 - B	
8	WTC 4	E 2 - C	
9	WTC 4	E 2 - D	
10	WTC 4	E 2 - E	
11	BSP 4	E 2 -	
12	Signal Ground		
13	Signal Ground		
14	BTC 6	E 2 -	
15	WTC 6	E 2 - A	
16	WTC 6	E 2 - S	
17	BSP 6	E 2 -	
18	WPA 6	E 2 -	
19	SPE 2	0 0 -	
20	SPE 2	0 5 -	
21	TEE 2	0 1	
22	Return Line	TEE 2	0 1
23	TEE 2	0 2	
24	Return Line	TEE 2	0 2
25	Spare		

Bemerkungen:

E2C - J 3 ist ein Teststecker.

Ausgänge 1 - 17 gegen-  
über J 2  
gemäß Interface Specs.  
invertiert.

Steckerbelegungsplan E2C  
(Digital Electronics)

---

E 2 C - J 4

DAM 15 S

NMB

---

Pin

1	Signal Ground		
2	Signal Ground		
3	SID A	E 2 -	to Telemetry Contr. Unit
4	DSE 2	A 1 -	to Encoder
5	SSE 2	A A -	to Encoder
6	SSE 2	A S -	to Encoder
7	DSE 2	A 4 -	to Encoder
8	DSE 2	B 4 -	to Encoder
9	DSE 2	A 2 -	to Encoder
10	ASE 2	V 1 +	to Encoder
11	ASE 2	V 2 +	to Encoder
12	ASE 2	V 3 +	to Encoder
13	Signal Ground		
14	n.c.		
15	n.c.		

Stand: 1.12.1971

Steckerbelegungsplan E2C  
(Digital Electronics)

---

E 2 C - J 5

DAM 15 S NMB

---

Pin

1	Signal Ground	
2	Signal Ground	
3	SID A	E 2 -
4	DSE 2	A 1 -
5	SSE 2	A A -
6	SSE 2	A S -
7	DSE 2	A 4 -
8	DSE 2	B 4 -
9	DSE 2	A 2 -
10	ASE 2/Housekeeping 1	V 1 +
11	ASE 2/Housekeeping 2	V 2 +
12	ASE 2/Signal Ground	V 3 +
13	Signal Ground	
14	Memory input	
15	<u>ZS1</u>	

Bemerkungen:

E2C - J 5 ist ein Teststecker.

Alle Ausgänge gegenüber E2C - J 4  
sind nicht invertiert.

Steckerbelegungsplan E2C  
(Digital Electronics)

---

E 2 C - J 6

DAM 15 P

---

Pin				
1	BME	2	0 3 +	from Telemetry Contr. Unit
2	BME	2	0 2 +	from Telemetry Contr. Unit
3	BME	2	0 1 +	from Telemetry Contr. Unit
4	BME	2	0 0 +	from Telemetry Contr. Unit
5	FME	2	0 2 +	from Telemetry Contr. Unit
6	FME	2	0 1 +	from Telemetry Contr. Unit
7	FME	2	0 0 +	from Telemetry Contr. Unit
8	DME	2	0 2 +	from Telemetry Contr. Unit
9	DME	2	0 1 +	from Telemetry Contr. Unit
10	DME	2	0 0 +	from Telemetry Contr. Unit
11	Signal Ground			
12	Signal Ground			
13	Chassis Ground E2C			
14	n.c.			
15	n.c.			

Steckerbelegungsplan E2D  
(A/D - Wandler)

---

E 2 D - J 1

DAM 15 P

NMB

---

Pin

1	Preassigned Status ON	from S/C Command Dec.
2	ADC Nr. 2 ON	from S/C Command Dec.
3	ADC Nr. 2 OFF	from S/C Command Dec.
4	Signal Ground	from S/C Command Dec.
5	Analog Signals from E3 to E2 ON	from S/C Command Dec.
6	Analog Signals from E3 to E2 OFF	from S/C Command Dec.
7	Flipper ON	from S/C Command Dec.
8	Signal Ground	
9	Devide Sampling Rate	from S/C Command Dec.
10	Preassigned Sampling Rate	from S/C Command Dec.
11	Double Sampling Rate	from S/C Command Dec.
12	Sensitivity Calibration ON	from S/C Command Dec.
13	Chassis Ground E 2 B	
14	Chassis Ground E 2 D, E 2 A	
15	Common Screening	

Steckerbelegungsplan E2D  
(A/D - Wandler)

---

E 2 D - J 2

DBM 25 S

NMC

---

Pin	
1	Status ADC
2	Status Heizung
3	Status mech. Flipper Stellung
4	Status vorgesehene Sampling Rate
5	Status halbe Sampling Rate
6	Status doppelte Sampling Rate
7	Status E2/E3
8	Status Empfindlichkeitseichung
9	250 kHz
10	ÜS U
11	ÜS V
12	ÜS W
13	Signalleitung U V W
14	ÜT Positiv
15	Signal Ground
16	U
17	V Analog für Testzwecke
18	W
19	Signal Ground
20	Thermistor E2D
21	
22	Synchron für Zähler (Clear)
23	8.5 Volt
24	n.c.
25	n.c.

Bemerkung:

E2D - J 2 ist ein Teststecker.

Steckerbelegungsplan E2D  
(A/D - Wandler)

E 2 D - J 3

DCM 37 P

NMB

Pin

- 1 + 5 Volt
- 2 Signal Ground
- 3 Status ADC
- 4 Status Flipper Heizung
- 5 Status mech. Fl.Stellung "L" bei U + Richtung
- 6 Status vorgeseh. Sampling Rate
- 7 Status halbe Sampling Rate
- 8 Status doppelte Sampling Rate
- 9 Status Empfindlichkeit "L" bei Ein
- 10 Status E2/E3 "L" bei Ein
- 11 ÜS U
- 12 ÜS V
- 13 ÜS W
- 14 Signalleitung UVW
- 15 ÜT Übernahmetakt
- 16 BTC Positiv für Eichzyklus an E2D
- 17 1 PPR negativ von S/C über E 2 C
- 18 32 PPR negativ von S/C über E 2 C
- 19 ADC Wandlungstakt von E 2 C
- 20 Signal Ground
- 21 - 12 Volt / Housekeeping 1
- 22 + 12 Volt / + 5 V Housekeeping 2
- 23 Housekeeping 3
- 24 Signal Ground
- 25 TEE 201
- 26 TEE 201 Return Line
- 27 TEE 202
- 28 TEE 202 Return Line
- 29 1 PPR negativ an E 2 C
- 30 n.c.

an E 2 C - J 1  
Steckerbelegung  
identisch

b.w.

Pin

31	n.c.
32	n.c.
33	n.c.
34	Gesamtabschirmung Kabelbaum E2C - E2D
35	Abschirmung Signalleitung UVW
36	Abschirmung ADC Takt
37	n.c.

Bemerkungen:

1. Die Leitungen 1 - 1 und 2 - 2 sind miteinander zu verdrillen.
2. Leitung 14 - 14 erhält Einzelabschirmung.
3. Leitung 19 - 19 erhält Einzelabschirmung.
4. Kabelbaum E 2 D - J 3 - E 2 C - J 1 erhält eine Gesamtabschirmung.

Steckerbelegungsplan E2D  
(A/D - Wandler)

E 2 D - J 4

DCM 37 S

NMB

Pin			Pin
1	Thermistor a Sensor	von E2B - J 4	8
2	Thermistor b Sensor	von E2B - J 4	21
3	Thermistor a Elektr.	von E2B - J 2	8
4	Thermistor b Elektr.	von E2B - J 2	21
5	Kalibr.-Spule a	von E2B - J 6	8
6	Kalibr.-Spule b	von E2B - J 6	21
7	+ 12 Volt	an E2B - J 6	1
8	- 12 Volt	an E2B - J 6	3
9	+ 5 Volt	an E2B - J 6	2
10	Testpin           Signal Ground		
11	Magnetometerausgang U zum Relais E2-E3	von E2B - J 2	9
12	Magnetometerausgang V zum Relais E2-E3	von E2B - J 4	9
13	Magnetometerausgang W zum Relais E2-E3	von E2B - J 6	9
14	Vorzeichen U	von E2B - J 2	10
15	Vorzeichen V	von E2B - J 4	10
16	Vorzeichen W	von E2B - J 6	10
17	Meßbereich U	von E2B - J 2	23
18	Meßbereich V	von E2B - J 4	23
19	Meßbereich W	von E2B - J 6	23
20	Signal Ground U	von E2B - J 2	5
21	Ali.-Eingang U von Relais an E2B	an E2B - J 2	22
22	Ali.-Eingang V von Relais an E2B	an E2B - J 4	22
23	Ali.-Eingang W von Relais an E2B	an E2B - J 6	22
24	Signal Ground V	von E2B - J 4	5
25	Ausgang U zum ADC	von E2B - J 2	11
26	Ausgang V zum ADC	von E2B - J 4	11
27	Ausgang W zum ADC	von E2B - J 6	11
28	Signal Ground W	von E2B - J 6	5
29	8.5 Volt Referenzspannung	an E2B - J 6	4
30	n.c.		
31	n.c.		

E 2 D - J 4 - Fortsetzung

Pin		Pin
32	n.c.	
33	n.c.	
34	n.c.	
35	n.c.	
36	Gesamtabschirmung	E2B - J 6 18
37	Chassis Ground E2B	von E2B - J 6 13

Bemerkungen:

1. Die E2B - Box besteht aus 3 aufeinandergesetzten Gehäusen U, V, W, die leitend miteinander verbunden sein müssen.
2. Die Leitungen 7 - 1, 8 - 3, 9 - 2 und 28 - 5 sind miteinander zu verdrillen.
3. Abschirmung siehe Kabelbaumzeichnung E2B - E2D.

Steckerbelegungsplan E2D  
(A/D - Wandler)

E 2 D - J 5

NMB

DAM 15 S

Pin				Pin
1	n.c.			1
2	n.c.			2
3	Spare	an	E2A - J 1	3
4	Abschirmung	an	E2A - J 1	4
5	Systemthermistor a	an	E2A - J 1	5
6	Systemthermistor b	an	E2A - J 1	6
7	+ 5 Volt	an	E2A - J 1	7
8	Signal Ground	an	E2A - J 1	8
9	+ 28 Volt	an	E2A - J 1	9
10	Power Ground	an	E2A - J 1	10
11	Mechanische Flipper-Stellung 0°	an	E2A - J 1	11
12	Mechanische Flipper-Stellung 90°	an	E2A - J 1	12
13	Signal Ground	an	E2A - J 1	13
14	Federende	an	E2A - J 1	14
15	Chassis Ground E2A	an	E2A - J 1	15

Bemerkungen:

1. Gesamtabschirmung für Kabelbaum E2A - J 1 — E2D - J 5 ist vorzusehen.
2. Leitungen 9 - 9 und 10 - 10 sind miteinander zu verdrillen.
3. Leitungen 7 - 7, 8 - 8 und 13 - 13 sind miteinander zu verdrillen.

Steckerbelegungsplan E2D  
(A/D - Wandler)

---

E 2 D - J 6

DAM 15 P

NMB

Pin				Pin
1	+ 12 Volt	an	E2E - J 2	3
2	- 12 Volt	an	E2E - J 2	7
3	+ 5 Volt	an	E2E - J 2	5
4	Signal Ground	an	E2E - J 2	12
5	Housekeeping 1 (-12 V)	an	E2E - J 2	1
6	Housekeeping 2 (+12 V/ + 5 V)	an	E2E - J 2	2
7	Signal Ground	an	E2E - J 2	13
8	Signal Ground	an	E2E - J 2	14
9	+ 12 Volt	an	E2E - J 2	4
10	- 12 Volt	an	E2E - J 2	8
11	+ 5 Volt	an	E2E - J 2	6
12	Signal Ground	an	E2E - J 2	15
13	+ 28 Volt für	an	E2E - J 2	10
14	Power Ground Flipper- Heizung	an	E2E - J 2	9
15	Gesamtabschirmung	an	E2E - J 2	11

Bemerkungen:

1. Gesamtabschirmung für Kabelbaum E2E - E2D ist vorzusehen.
2. Die Leitungen 1 - 3, 2 - 7, 3 - 5, 4 - 12 und 7 - 13 sind miteinander zu verdrillen.
3. Die Leitungen 8 - 14, 9 - 4, 10 - 8, 11 - 6 und 12 - 15 sind miteinander zu verdrillen.
4. Die Leitungen 5 - 1 und 6 - 2 sind miteinander zu verdrillen.
5. Die Leitungen 12 - 15 und 13 - 10 sind miteinander zu verdrillen.

Steckerbelegungsplan E2D  
(A/D - Wandler)

---

E 2 D - J 7

DEM 9 S

NMB

---

Pin

1	AS E 2	3 A +	from E 3
2	AS E 2	3 B +	from E 3
3	AS E 2	3 C +	from E 3
4	Signal Return Line A		from E 3
5	Signal Return Line B		from E 3
6	Signal Return Line C		from E 3
7	Flipper Position E 3		from E 3
8	Flipper Pos. Return Line		from E 3
9	Common Screening		from E 3

Steckerbelegungsplan E2E  
(DC-DC-Wandler)

---

E 2 E - J 1

DEM 9 P

NMB

---

Pin			
1	POE 201	+ 28 Volt	from Electr.Integr.Assembly
2	POE 202	+ 28 Volt	from Electr.Integr.Assembly
3	Chassis Ground E2E		from Electr.Integr.Assembly
4	CSE 2 A1	(Synch)	from Electr.Integr.Assembly
5	n.c.		
6	Return Line	(Power)	from Electr.Integr.Assembly
7	Return Line	(Power)	from Electr.Integr.Assembly
8	n.c.		
9	Return Line	(Synch)	from Electr.Integr.Assembly

According to Interface Specs.Rev.D

Steckerbelegungsplan E2E  
(DC-DC-Wandler)

---

E 2 E - J 2		DAM 15 S		NMB	
Pin					Pin
1	Housekeeping 1 (- 12 V)	an	E2D - J 6		5
2	Housekeeping 2 (+ 12 V/+ 5 V)	an	E2D - J 6		6
3	+ 12 Volt	an	E2D - J 6		1
4	+ 12 Volt	an	E2D - J 6		9
5	+ 5 Volt	an	E2D - J 6		3
6	+ 5 Volt	an	E2D - J 6		11
7	- 12 Volt	an	E2D - J 6		2
8	- 12 Volt	an	E2D - J 6		10
9	Power Ground	an	E2D - J 6		14
10	+ 28 Volt	an	E2D - J 6		13
11	Gesamtabschirmung	an	E2D - J 6		15
12	Signal Ground	an	E2D - J 6		4
13	Signal Ground	an	E2D - J 6		7
14	Signal Ground	an	E2D - J 6		8
15	Signal Ground	an	E2D - J 6		12

Bemerkungen:

1. Gesamtabschirmung für Kabelbaum E2E - E2D ist vorzusehen.
2. Die Leitungen 3 - 1, 5 - 3, 7 - 2, 12 - 4 und 13 - 7 sind miteinander zu verdrillen.
3. Die Leitungen 4 - 9, 6 - 11, 8 - 10, 14 - 8 und 15 - 12 sind miteinander zu verdrillen.

# PROJECT HELIOS TECHNICAL STATUS REPORT

EM at Delivery date März 1972

		E2A	E2B	E2C	E2D	E2E
Total mass of Exp. 2 (kg)		5,55	5,55	5,55	5,55	5,55
Total Peak Power of Exp. 2 (W)		6,97	6,97	6,97	6,97	6,97
Configuration Drawing	Number	03/1/9e	01/4/2a	01/4/3b	01/4/1c	01/4/4a
	Date	6.3.72	29.2.72	29.2.72	29.2.72	29.2.72
Mass	(kg)	1,959	1,349	1,170	0,815	0,261
Max Length	(mm)	280	140,6	126	151,8	80
Max Width	(mm)	110	140,6	120	151,8	60
Max Height	(mm)	132	140,6	107,5	62,7	43
X <sub>B</sub> of CG	(mm) C1	82,3	63,5	43	67	37
Y <sub>B</sub> of CG	(mm) C2	38	62	64,5	28	25,5
Z <sub>B</sub> of CG	(mm) C3	74	71,5	69	72	31
J <sub>X<sub>B</sub>X<sub>B</sub></sub>	of Mom. of In. (kg cm <sup>2</sup> )	36	41	35	21,5	2
J <sub>Y<sub>B</sub>Y<sub>B</sub></sub>	of Mom. of In. (kg cm <sup>2</sup> )	123	52	35	35,5	2
J <sub>Z<sub>B</sub>Z<sub>B</sub></sub>	of Mom. of In. (kg cm <sup>2</sup> )	119	42	34	20	2
Operating Temperature Min (°C)		-20	-20	-20	-20	-20
Operating Temperature Max (°C)		+55	+55	+55	+55	+55
Electrical heat dissipation (W)	max.	1,1	0,87	2,3	0,9	1,8
	min.	0,1	0,78	2,3	0,9	1,8
Magn.Field Post Deperm X <sub>B</sub> Dir (γ) <sup>x</sup>		0	+4/-2	0	+2/-2	-1/+1
Magn.Field Post Deperm Y <sub>B</sub> Dir (γ) <sup>x</sup>		0	-7/+10	0	-2/+3	0
Magn.Field Post Deperm Z <sub>B</sub> Dir (γ) <sup>x</sup>		0	-3/+3	0	-2/+2	0/+2
Magn.Field Post Perm X <sub>B</sub> Dir (γ) <sup>x</sup>		-	+12/-10	+54/-38	+53/-37	+2/-1
Magn.Field Post Perm Y <sub>B</sub> Dir (γ) <sup>x</sup>		-	+6/-2	+2/-1	+5/-5	+4/-1
Magn.Field Post Perm Z <sub>B</sub> Dir (γ) <sup>x</sup>		-	+3/-8	+86/-38	+49/-39	0

<sup>x</sup> at 45cm from Geom. Center

13. Literaturverzeichnis

- Neubauer, F.M.,      Das Förstersonden- und das Induktions-  
spulenexperiment der Sonnensonde  
HELIOS Teil I, GAMMA 8, Braunschweig, 1969.
- Krupstedt, U.,      Mittelwertrechner im HELIOS-Förster-  
sonden-Magnetometerexperiment E2,  
DA-72/8, Braunschweig, Institut für  
Datenverarbeitung, 1972.
- Kugel, R.P.,      Die Stoßwellenerkennungslogik im HELIOS  
Experiment 2,  
DA-72/9, Braunschweig, Institut für  
Datenverarbeitung, 1972.
- ERNO-Doc.,      T/T-1.3 Nr. 192/71  
HELIOS Thermal Control, Bremen, 1972.
- ERNO-Doc.,      QC-31-00/LE  
Thermal Analysis of -X-Boom for  
E2A and E4A, Bremen, 1972.
- GfW-Doc.,      TN 71/2 - Experiment Data and Command  
Handling Requirements, Bonn, 1971.
- MBB-Doc.,      No IS-306.1002  
Experiment Interface Specification for  
Experiment 2, Rev. D, München, 1971.