

BMFT-FB-W 82-009

000207

DATE:

DCAF NO.

002637

BMFT-FB-W 82-009

PROCESSED BY  
 NASA STI FACILITY  
 ESA-SDS  AIAA

# Bundesministerium für Forschung und Technologie

(NASA-CR-169459) DATA PROCESSING FOR A N83-12036  
COSMIC RAY EXPERIMENT ONBOARD THE SOLAR  
PROBES HELIOS 1 AND 2: EXPERIMENT 6 Final  
Report, Oct. 1981 (Kiel Univ.) 154 p Unclas  
HC A08/MF A01; Fachinformationszentrum, Kar G3/93 99207

## Forschungsbericht W 82-009

### Luft- und Raumfahrt

#### - Weltraumforschung/Weltraumtechnologie -

Datenverarbeitung für ein Experiment  
zur Untersuchung der kosmischen Strahlung  
an Bord der Sonnensonden  
Helios -1 und -2  
(Experiment 6)

von

- R. Müller-Mellin
- G. Green
- B. Iwers
- H. Kunow
- G. Wibberenz
- J. Fuckner
- H. Hempe
- M. Witte

Institut für Reine und Angewandte Kernphysik  
der Christian-Albrechts-Universität Kiel

Juli 1982



Dieses Heft enthält einen Arbeitsbericht über ein vom Bundesministerium für  
Forschung und Technologie gefördertes Vorhaben.

Verantwortlich für den Inhalt dieses Berichtes sind die Autoren.

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie übernimmt keine  
Gewähr insbesondere für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit  
der Angaben sowie der Beachtung privater Rechte Dritter.

Vertrieb:



**Fach-  
informations-  
zentrum**

Energie  
Physik  
Mathematik  
GmbH  
**Karlsruhe**

7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2  
Telefon 0 72 47 / 82 46 00 / 01  
Telex 7 826 487 fize d

---

Als Manuskript gedruckt.

Preis: DM 32,50 + MwSt.

Printed in the Federal Republic of Germany

Druck: Engelhardt Offsetdruck GmbH, Himmelschlüsselstraße 39, 8000 München 50

ISSN 0170-1339

Bundesministerium für Forschung und Technologie

Forschungsbericht W 82-009  
Luft- und Raumfahrt  
- Weltraumforschung/Weltraumtechnologie -

DATENVERARBEITUNG FÜR EIN EXPERIMENT  
ZUR UNTERSUCHUNG DER KOSMISCHEN STRAHLUNG  
AN BORD DER SONNENSONDEN  
HELIOS-1 UND -2  
(Experiment 6)

von

Dipl.-Phys. Reinhold Müller-Mellin  
Dr. Günter Green  
Dipl.-Phys. Bernd Iwers  
Dipl.-Phys. Horst Kunow  
Prof. Dr. Gerd Wibberenz  
Dipl.-Phys. Joachim Fuckner  
Dr. Horst Hempe  
Dr. Manfred Witte

Institut für Reine und Angewandte Kernphysik  
der Christian-Albrechts-Universität Kiel

Vorsitzender der Leitung      Leiter der Arbeitsgruppe  
Prof. Dr. K. O. Thielheim      Extraterrestrische Physik  
Prof. Dr. G. Wibberenz

Juli 1982

# Berichtsblatt

1. Berichtsnummer <b>BMFT-FB-W 82-009</b>	2. Berichtsart <b>Schlusßbericht</b>	3. <b>Weltraumforschung/ Weltraumtechnologie</b>
4. Titel des Berichts <b>Datenverarbeitung für ein Experiment zur Untersuchung der kosmischen Strahlung an Bord der Sonnensonden HELIOS-1 und -2 (Experiment 6)</b>		
5. Autor(en) (Name, Vorname(n)) <b>Müller-Mellin, Reinhold; Green, Günter; Iwers, Bernd; Kunow, Horst; Wibberenz, Gerd; Fuckner, Joachim; Hempe, Horst; Witte, Manfred.</b>		6. Abschlußdatum <b>Oktober 1981</b>
8. Durchführende Institution (Name, Adresse)  <b>Institut für Reine und Angewandte Kernphysik Christian-Albrechts-Universität Kiel Olshausenstr. 40 - 60  2300 K I E L 1</b>		7. Veröffentlichungsdatum <b>Juli 1982</b>
		9. Ber. Nr. Auftragnehmer
		10. Förderungskennzeichen <b>01QC086A/WRS0108I</b>
		11. Seitenzahl <b>154</b>
		13. Literaturangaben <b>64</b>
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  <b>Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) Postfach 200706  5300 Bonn 2</b>		14. Tabellen <b>2</b>
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  <b>Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) Postfach 200706  5300 Bonn 2</b>		15. Abbildungen <b>33</b>
		16. Zusätzliche Angaben
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung  Das HELIOS-Experiment 6 dient zur Messung der energiereichen geladenen Teilchenstrahlung solaren, planetaren und galaktischen Ursprungs im inneren Sonnensystem. Identische Instrumente wurden 1974 bzw. 1976 an Bord der Sonnensonden HELIOS-1 und -2 erfolgreich gestartet. Ziel des Experiments ist die Gewinnung neuer Erkenntnisse über den Ursprung und die Ausbreitung der kosmischen Strahlung. Die von der Sonde übertragenen Daten werden im Rahmen der Datenverarbeitung in mehreren Schritten aufbereitet bis sie in Form physikalischer Größen dargestellt werden können. Daran schließt sich die Datenanalyse und wissenschaftliche Datenverarbeitung an.  Nach einleitenden Bemerkungen über die wissenschaftlichen Ziele und das Instrument, wird zunächst das Datenverarbeitungsschema dargestellt. Anschließend werden kurz die einzelnen Programme zur Datenreduktion, Analyse, Darstellung und wissenschaftlichen Datenverarbeitung beschrieben. Einem Abschnitt über die Hardware und Software der Datenverarbeitungsanlagen folgt eine chronologische Darstellung des Datenverarbeitungsbetriebes. Da noch weiterhin Daten von HELIOS-1 empfangen werden, ist die wissenschaftliche Datenauswertung noch längst nicht abgeschlossen. Deshalb liegt der Schwerpunkt dieses Berichtes auf der Beschreibung der technischen Datenauswertung. Die entwickelten Verfahren und Methoden zur Datenauswertung können mit geringfügigen Modifikationen zur Auswertung anderer Experimente der Weltraumforschung angewendet werden.		
19. Schlagwörter  <b>Kosmische Strahlung, energiereiche Teilchen, Datenverarbeitung, Datenreduktion, Datenanalyse, Datendarstellung, Datenverarbeitungsanlagen, Raumsonden-Experiment, Sonnensonden HELIOS 1/2.</b>		
20.	21.	22. Preis <b>DM 32,50 + MwSt.</b>

## Document Control Sheet

1. Report No. <b>BMFT-FB- W 82-009</b>	2. Type of Report <b>Final Report</b>	3. Space Research/ Space Technology
4. Report Title <b>Data processing for a cosmic ray experiment on board the solar probes HELIOS-1 and -2 (Experiment 6)</b>		
5. Author(s) ( Family Name, First Name(s)) <b>Müller-Mellin, Reinhold; Green, Günter; Iwers, Bernd; Kunow, Horst; Wibberenz, Gerd; Fuckner, Joachim; Hempe, Horst; Witte, Manfred.</b>		6. Report Date <b>October 1981</b>
		7. Publication Date <b>July 1982</b>
8. Performing Organization (Name, Address)  <b>Institut für Reine und Angewandte Kernphysik Christian-Albrechts-Universität Kiel Olshausenstr. 40 - 60  2300 K I E L 1</b>		9. Originator's Report No.
		10. BMFT-Reference No.  <b>01QC086A/WRS0108I</b>
		11. No. of Pages  <b>154</b>
		13. No. of References  <b>64</b>
12. Sponsoring Agency (Name, Address)  <b>Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) Postfach 200706  5300 Bonn 2</b>		14. No. of Tables  <b>2</b>
		15. No. of Figures  <b>33</b>
16. Supplementary Notes		
17. Presented at (Title, Place, Date)		
18. Abstract <p>The HELIOS-Experiment 6 measures energetic charged particles of solar, planetary, and galactic origin in the inner solar system. Identical instruments have been launched successfully on board the solar probes HELIOS-1 and -2 in 1974 and 1976. Scientific goal of the experiment is the collection of new knowledge on origin and propagation of cosmic rays. The data which are received from the probe are processed in several steps until they can be displayed as physical quantities, which are the basis for data analysis and scientific data evaluation.</p> <p>Following introductory remarks on scientific goals and the instrument the data processing scheme is presented. Subsequently the different programs for data reduction, analysis, presentation, and scientific evaluation are described. A chapter on hardware and software of the data processing equipment is followed by a chronological presentation of the data processing operation. As we still receive data from HELIOS-1 the scientific data analysis is not yet finished. That is the reason for focusing on the description of the technical data analysis in this report. Procedures and methods for data analysis which have been developed can be used with minor modifications for analysis of other space research experiments.</p>		
19. Keywords <b>Cosmic rays, energetic particles, data processing, data reduction, data analysis, data presentation, data processing equipment, space probe experiment, solar probes HELIOS 1/2.</b>		
20.	21.	22. Price <b>DM 32,50</b>

INHALT

1.	Einleitung . . . . .	7
1.1	Einführende Bemerkungen . . . . .	7
1.2	Wissenschaftliche Ziele der HELIOS-Mission . . . . .	8
1.3	Wissenschaftliche Ziele des HELIOS-Experiments 6 . . . . .	11
1.3.1	Galaktische kosmische Strahlung und 'anomale' Komponente . . . . .	13
1.3.2	Solare kosmische Strahlung . . . . .	14
1.3.2.1	Quellen der solaren kosmischen Strahlung . . . . .	14
1.3.2.2	Koronale und interplanetare Teilchenausbreitung . . . . .	14
1.3.3	Teilchenbeschleunigung an Stoßwellen . . . . .	15
1.3.4	Jupiter-Elektronen . . . . .	16
1.4	Ziele zukünftiger Arbeiten . . . . .	17
1.5	Das Instrument . . . . .	18
1.6	Datenrahmen . . . . .	21
1.7	Datenprofil . . . . .	24
2.	Datenverarbeitungsschema . . . . .	25
3.	Datenreduktion . . . . .	27
3.1	Magnetbandlese- und -schreibroutinen . . . . .	27
3.2	Magnetband-COPY- und DUMP-Programme . . . . .	27
3.3	Eingangskontrolle . . . . .	28
3.4	Programm CLEAN . . . . .	28
3.5	Programm PROFIL . . . . .	28
3.6	Programme SORT7 und MIX . . . . .	28
3.7	Katalogisierung der Daten . . . . .	30
3.8	Programm COMAND . . . . .	32
4.	Datenanalyse und -darstellung . . . . .	33
4.1	Teilchenintensitäten und -winkelverteilungen . . . . .	33
4.1.1	Programm RATTAP . . . . .	33
4.1.2	Magnetfelddaten . . . . .	34
4.1.2.1	Formatwandlung . . . . .	34
4.1.2.2	Programm BSA . . . . .	35
4.1.2.3	Programm RTB1 . . . . .	35
4.1.3	Programm RZJ1 . . . . .	36
4.1.4	Programm AO1 . . . . .	39
4.1.5	Programm ANK1 . . . . .	42
4.1.6	Programm AN45 . . . . .	43
4.1.7	Programme SPOV und AP . . . . .	47
4.1.8	Programm BVK1 . . . . .	47
4.2	Winkelverteilungen . . . . .	49
4.2.1	Programm PWD1 . . . . .	49
4.2.2	Programm AH1 . . . . .	49
4.2.3	Programm AM1 . . . . .	52
4.3	Mehrdimensionale Detektorimpulshöhenanalyse . . . . .	52
4.3.1	Programm IMPTAP . . . . .	53
4.3.2	Programm PHALPT . . . . .	53
4.3.3	Programme PHALES und PHARED . . . . .	53
4.3.4	Programme PHHOUR und PHMANA . . . . .	54
4.3.5	Programm PHADRU . . . . .	55
4.3.6	Programm ENVE . . . . .	55

4.4	Ergänzende HELIOS-Daten	57
4.4.1	Plasmadaten	58
4.4.1.1	Programm PLALE	58
4.4.1.2	Programm PLAPE	60
4.4.2	HELIOS-Bahndaten	60
4.4.2.1	Programm OASE	60
4.4.2.2	Programm ORBIT	62
4.4.2.3	Programm OPA	64
4.4.3	Experiment-6-Housekeeping-Daten	65
4.4.4	Grafische Darstellung ergänzender Daten	66
4.4.5	Hilfsprogramme zum Zeichnen ergänzender Daten	69
4.4.5.1	Darstellungen über der Carrington-Länge	70
4.4.5.2	Korrekturverfahren für P-A-Verhältnisse	70
4.5	Aufbereitung von HELIOS-Exp.-6-Daten für das NSSDC	71
5.	Dateninterpretation	72
5.1	Allgemeines	72
5.2	Analyse solarer Ereignisse	77
5.3	Interplanetare Beschleunigung	85
5.4	Solare Modulation galaktischer Teilchen	88
6.	Datenverarbeitungsanlagen	91
6.1	Hardware	91
6.1.1	PDP-11	91
6.2	Betriebssysteme	93
6.2.1	Papertape Software	93
6.2.2	DOS/Batch	93
6.2.3	RSX11M	93
7.	Datenverarbeitungsbetrieb	95
8.	Schlußbemerkungen	102
9.	Danksagung	104
10.	Literatur	106
	Anhang A	112
	Anhang B	120
	Anhang C	126
	Anhang D	129
	Anhang E	136
	Anhang F	142
	Anhang G	149
	Anhang H	152

## KAPITEL 1

### EINLEITUNG

#### 1.1 Einführende Bemerkungen

Mit den Starts der Sonnensonden HELIOS 1 am 10. Dezember 1974 und HELIOS 2 am 15. Januar 1976 erreichte das bis dahin anspruchsvollste Projekt der deutschen Weltraumforschung erste Höhepunkte. Voraus gingen viele Jahre, in denen deutsche und amerikanische Wissenschaftler, Techniker und Verwaltungsfachleute in Industrie, Forschungszentren und Universitäten gemeinsam das Raumsondensystem mit allen Untersystemen, Starteinrichtungen und Empfangssystemen entwickelt, aufgebaut und geprüft haben. Für viele Mitarbeiter am Projekt war der Anfang des Fluges der HELIOS-Sonden zugleich auch das Ende ihrer Arbeiten am Projekt. Für die beteiligten Wissenschaftler jedoch begann mit dem Start ihre eigentliche Arbeit. Der Strom der wissenschaftlichen Daten, der von der Sonde zur Erde gefunkt wird, enthält die Informationen über den Zustand des interplanetaren Raumes, seine Teilchen- und Wellenpopulationen sowie ihre räumlichen und zeitlichen Änderungen. Der Vergleich mit Vorhersagen bestehender Modelle gestattet eine kritische Überprüfung theoretischer Vorstellungen. In vielen Fällen jedoch wird eine Änderung oder sogar die Erarbeitung völlig neuer Theorien für die Vorgänge auf der Sonne und im interplanetaren Raum erforderlich.

Die Auswertarbeiten sind auch fast sieben Jahre nach dem Start von HELIOS 1 längst nicht abgeschlossen. Erstens liefert HELIOS 1 weiterhin sehr interessante neue Daten hervorragender Qualität, die zu immer neuen Erkenntnissen führen (wie aus der Analyse von Ereignissen des Jahres 1980 und 1981 belegt werden kann), zweitens muß die große Zahl von Datenbändern nach den verschiedensten Kriterien überprüft und ausgewertet werden, eine Arbeit, die auch Jahre nach dem Empfang des letzten Datenbits aus dem Weltraum noch nicht abgeschlossen sein wird.

Der vorliegende Abschlußbericht über die technische Datenauswertung des HELIOS-Experiments 6 zur Messung der kosmischen Strahlung im interplanetaren Raum zwischen Sonne und Erde beschreibt deshalb im wesentlichen das Handwerkszeug, das uns zur Analyse der Daten unseres Experiments auf den beiden HELIOS-Sonden zur Verfügung steht. Nach einigen weiteren einleitenden Absätzen über die wissenschaftliche Zielsetzung,



das Instrument und seinen Datenrahmen folgen Beschreibungen des gesamten Datenverarbeitungssystems, der einzelnen Programmpakete und Programme zur Datenreduktion, Datenanalyse und Dateninterpretation, der Datenverarbeitungsanlagen und des Datenverarbeitungsbetriebes. Beschrieben wird die Datenverarbeitung für das HELIOS-Experiment 6 auf dem Stand vom Oktober 1981, der selbstverständlich im Sinne von notwendigen Korrekturen, Erweiterungen und der Anpassung an sich verändernde wissenschaftliche Fragen weiterentwickelt wird.

## 1.2 Wissenschaftliche Ziele der HELIOS-Mission

Wissenschaftliches Ziel der Mission HELIOS ist die Erforschung der physikalischen Phänomene im inneren Sonnensystem sowie die Beobachtung von Vorgängen in der Sonnenatmosphäre. Dies wird ermöglicht durch zwei praktisch identische Raumsonden, die in stark exzentrischen elliptischen Bahnen um die Sonne geschickt wurden. Abbildung 1.2-1 zeigt die Bahnen von HELIOS 1 und HELIOS 2 im siderischen Koordinatensystem. Die Umlaufzeit um die Sonne beträgt für HELIOS 1 190 Tage und für HELIOS 2 185 Tage. Im sonnennächsten Punkt der Bahn (Perihel) beträgt der Abstand von der Sonne 0.3095 AE für HELIOS 1 und 0.290 AE für HELIOS 2. In den sonnenfernsten Punkten der Umlaufbahn betragen die Abstände 0.98 AE. (Eine astronomische Einheit AE ist der mittlere Abstand der Erde von der Sonne. Er beträgt 150 Millionen km). Zur Korrelation der HELIOS-Daten mit Beobachtungen aus Erdnähe ist eine Darstellung der Bahn in einem Koordinatensystem mit fester Erde-Sonne-Linie günstiger. Abb. 1.2-2 zeigt die Bahn in dieser Art für die Jahre 1974 bis 1981.

Zur Untersuchung der physikalischen Eigenschaften des interplanetaren Mediums im inneren Sonnensystem und zur direkteren Beobachtung der Sonnenatmosphäre befinden sich 10 wissenschaftliche Instrumente an Bord beider HELIOS-Raumsonden, die gut aufeinander abgestimmt sind und sich gegenseitig nahezu optimal ergänzen. Die Instrumente an Bord lassen sich in drei Gruppen mit folgenden Meßaufgaben unterteilen:

Fünf Experimente dienen der Untersuchung von interplanetarem Plasma und Feldern. Sie haben folgende Meßaufgaben:

1. Untersuchungen an Elektronen, Protonen und Alphateilchen des interplanetaren Plasmas, Messung ihres Energiespektrums und ihrer dreidimensionalen Verteilung,
2. Messung von drei Komponenten des magnetischen Feldes bis zu Frequenzen von 5 Hz,
3. Messung von Magnetfeldoszillationen bis zu Frequenzen von 2 kHz,
4. Messung von Oszillationen des elektrischen Feldes und von Wellen bis zu 3 MHz.

Drei Experimente untersuchen die kosmische Strahlung im inneren Sonnensystem. Ihre Meßaufgaben sind:

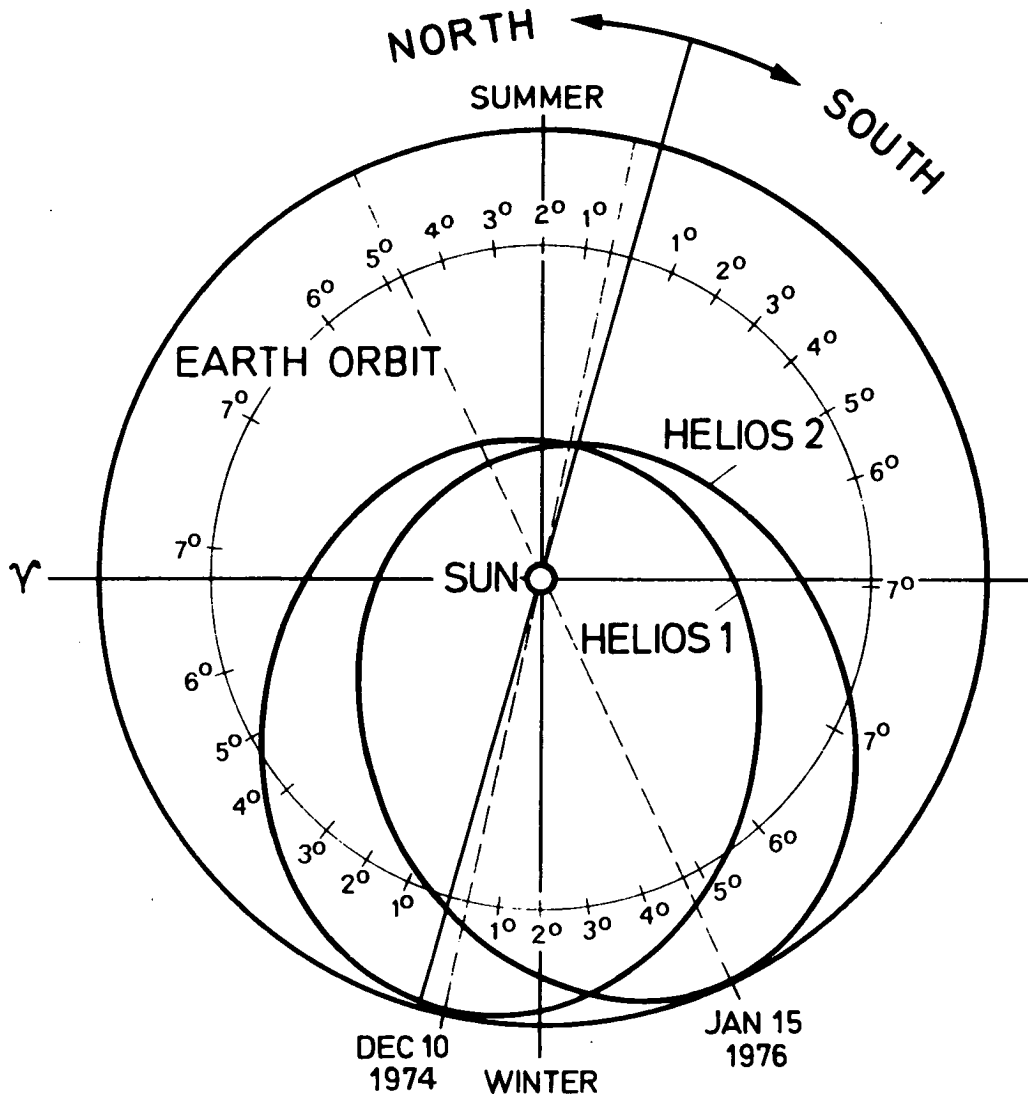


Abb. 1.2-1: Die Umlaufbahnen von HELIOS 1 und 2 im siderischen Koordinatensystem. Die solareklptische Breite an jedem Bahnpunkt läßt sich am inneren Kreis ablesen. Alle Bahnpunkte rechts von der Sonnenäquator-knotenlinie sind südlich des Sonnenäquators, alle Bahnpunkte links davon sind nördlich.

1. Messungen von Massen- und Energiespektren der kosmischen Teilchenstrahlung,
2. Bestimmung der Winkelverteilung der kosmischen Teilchenstrahlung,
3. Überwachung der solaren Röntgenstrahlungsaktivität,
4. Registrierung galaktischer und extragalaktischer Gammastrahlungsausbrüche (nur für HELIOS 2).

Zwei Experimente untersuchen Mikrometeoriten und Staub im inneren Sonnensystem. Ihre Aufgabenstellung besteht in:

1. Messung der Intensität und der Polarisation des Zodiaklichtes unter Winkeln von 16 Grad, 31 Grad und 90 Grad in Bezug auf die Umlaufebene.
2. Bestimmung der Intensität von Staubteilchen im interplanetaren Raum.

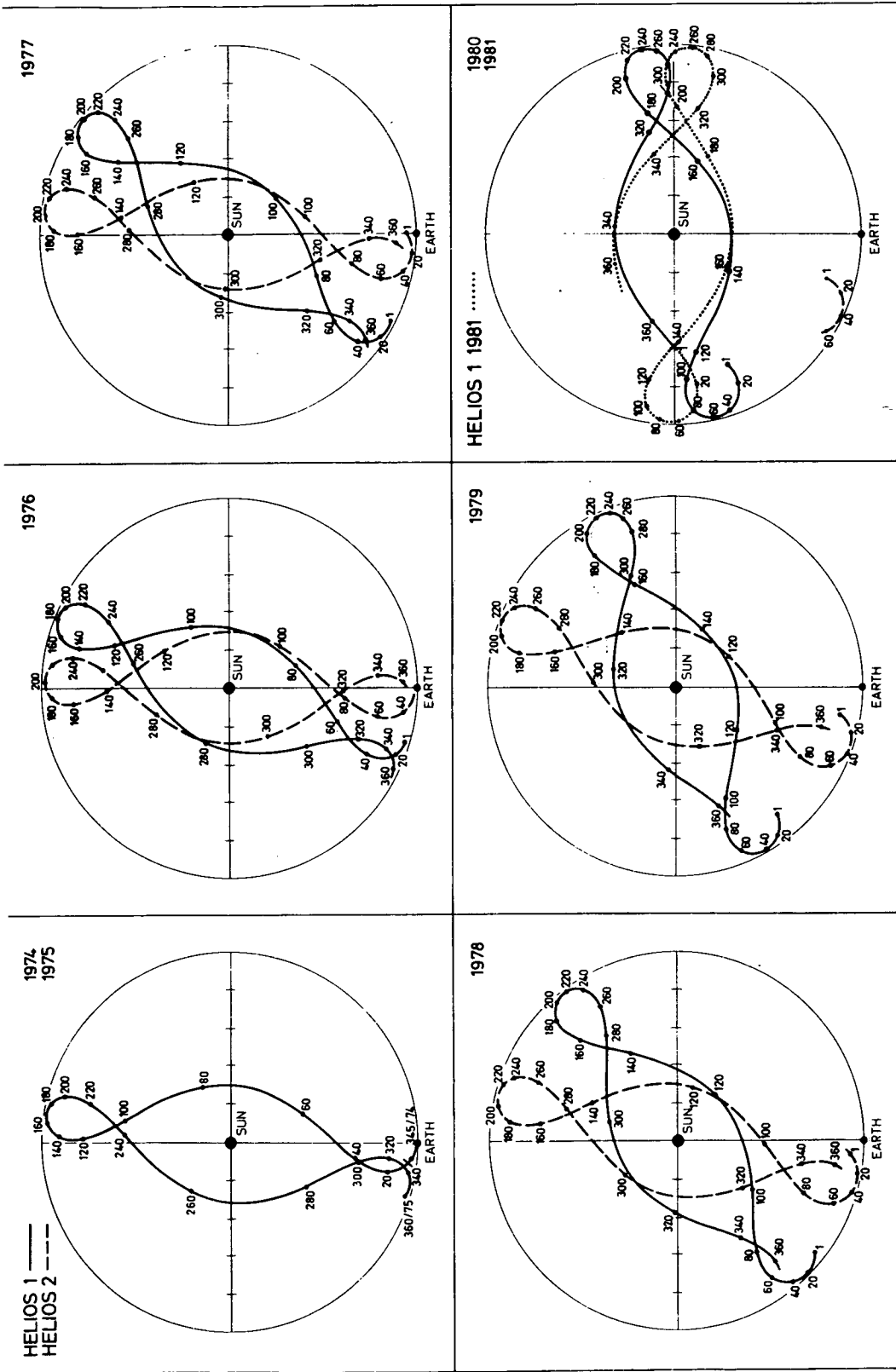


Abb. 1.2-2: Die Bahn der Raumsonden HELIOS 1 und HELIOS 2 bezogen auf die Achse Erde - Sonne für die Jahre 1974 - 1981.

### 3. Bestimmung von Masse, Geschwindigkeit und Zusammensetzung von Mikrometeoriten.

Zusätzlich wird die genaue Bahnvermessung sowie Laufzeit, Dopplerverschiebung, Phasendrehung und Bandbreite des Telemetriesignals zur Durchführung sogenannter passiver Experimente verwendet. Diese Untersuchungen haben das Ziel, Koeffizienten der Einsteinschen Gravitationstheorie genauer zu vermessen und die Sonnenkorona zu sondieren.

Tabelle 1.2 gibt eine Zusammenstellung aller HELIOS-Experimente unter Angabe des Meßziels, der Experimentatoren und der Forschungsinstitute. Eine genauere Beschreibung aller Experimente befindet sich in der Zeitschrift Raumfahrt-Forschung Band 19, Heft 5 (September/Oktober 1975). Erste Ergebnisse der Mission HELIOS werden beschrieben im Journal of Geophysics, Vol. 42, No. 6 (1977), eine Zusammenstellung neuerer HELIOS-Ergebnisse ist das NASA-Technical-Memorandum TM 82005, HELIOS Solar Probes Science Summaries, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, August 1980.

### 1.3 Wissenschaftliche Ziele des HELIOS-Experiments 6

Bei der Erforschung der kosmischen Strahlung haben zwei Fragen im Vordergrund gestanden, die typisch sind für die Astrophysik:

- die Frage nach dem Ursprung der Strahlung: Welches sind die Quellen der Strahlung, wie ist ihre chemische Zusammensetzung, wie erfolgt die Beschleunigung auf hohe Energien?
- die Frage nach der Ausbreitung der Strahlung: Wie wirkt das Medium zwischen Quelle und Beobachter auf die Strahlung? (Hierbei werden die Partikel als Sonden zur Untersuchung der Eigenschaften des Mediums betrachtet.)

Bis vor etwa zwanzig Jahren waren unsere eigene Galaxis und die Sonne als einzige Quellen für geladene Teilchen hoher Energien bekannt, dementsprechend wurde von 'galaktischer kosmischer Strahlung' und 'solarer kosmischer Strahlung' gesprochen. Seitdem direkte Messungen im Weltraum durchgeführt werden können, wurden weitere Quellen energiereicher Teilchen im Sonnensystem entdeckt:

- die Magnetosphären von Planeten,
- die Stoßfronten interplanetarer Shocks, die durch Flares ausgelöst oder beim Zusammentreffen verschieden schneller Sonnenwindströme erzeugt werden und
- die 'anomale' Komponente der galaktischen kosmischen Strahlung.

Bei diesen Quellen lassen sich nun sehr viel direktere Schlüsse auf den Beschleunigungsvorgang der Teilchen ziehen, weil gleichzeitig eine Vielzahl von Beobachtungen an Teilchen

Tabelle 1.2: HELIOS-Experimente

Exp. 1	Plasma-Experiment	H. Rosenbauer R. Schwenn	MPI für Physik und Astrophysik, Inst. für extraterr. Physik Garching
Exp. 2	Förstersonden- Magnetometer I	G. Musmann F. M. Neubauer	Inst. für Geophysik und Meteorologie, TU Braunschweig
Exp. 3	Förstersonden- Magnetometer II	F. Mariani N. F. Ness	Universita de l'Aquila, Italy NASA-GSFC Greenbelt, Md.
Exp. 4	Induktionsspulen- Magnetometer	G. Dehmel F. M. Neubauer	Inst. für Nachrichtentechnik Inst. für Geophysik und Meteorologie, TU Braunschweig
Exp. 5	Plasma- und Radiowellen- Experiment	D. A. Gurnett	Univ. of Iowa, Dep. of Physics and Astronomy, Iowa City
Exp. 6	Kosmische Strahlung I	H. Kunow	Inst. für Reine und Angewandte Kernphysik, Univ. Kiel
Exp. 7	Kosmische Strahlung II	J. H. Trainor	NASA-GSFC Greenbelt, Md.
Exp. 8	Niederenergetische Kosmische Strahlung	E. Keppler	MPI für Aeronomie, Inst. für Stratosphärenphysik, Katlenburg-Lindau
Exp. 9	Zodiakallicht Photometer	C. Leinert	MPI für Astronomie Heidelberg
Exp. 10	Mikrometeoriten-Analysator	E. Grün	MPI für Kernphysik Heidelberg
Exp. 11	Himmelsmechanik	W. Kundt W. G. Melbourne	Inst. für Theoretische Physik 1, Univ. Hamburg JPL Pasadena, Cal.
Exp. 12	Koronale Sondierung	G. S. Levy H. Volland P. Edenhofer	JPL Pasadena, Cal. Radioastronomisches Institut Univ. Bonn DFVLR Oberpfaffenhofen

und Feldern in situ durchgeführt werden können.

Es ist ein vorrangiges Ziel unseres Experiments, die einzelnen physikalischen Prozesse voneinander zu trennen und die Eigenschaften der Quellen, die Beschleunigungsprozesse und die Ausbreitungsvorgänge möglichst eindeutig zu beschreiben.

Mit den bisherigen Stichwörtern ist eine große Zahl von wissenschaftlichen Problemen angedeutet. Es kann nicht das Ziel dieses Berichts über die Datenverarbeitung sein, umfassende Übersichten über die Teilbereiche sowie über die von Experiment 6 gelieferten und noch zu erwartenden Beiträge zur Klärung der offenen Probleme zu liefern. Statt dessen soll versucht werden, kurz zu beschreiben, auf welchen Gebieten gearbeitet wird und wo die Beiträge dieses HELIOS-Experiments liegen.

### 1.3.1 Galaktische kosmische Strahlung und 'anomale' Komponente

Das Eindringen der galaktischen kosmischen Strahlung in das Sonnensystem wird beeinflusst von unregelmäßigen zeitlichen Schwankungen des vom Sonnenwind mitgeführten interplanetaren Magnetfeldes, die als Streuzentren für die Strahlungsteilchen wirken. Dieser Abschirmeffekt weist eine Korrelation mit dem elfjährigen Aktivitätszyklus der Sonne auf und bewirkt, daß die Intensität der galaktischen kosmischen Strahlung innerhalb der Heliosphäre zur Zeit des Sonnenfleckenmaximums am geringsten ist. Diese Modulation wird von einer Transportgleichung beschrieben, die die Effekte von Diffusion, Konvektion, adiabatischer Energieabnahme und Driftprozessen berücksichtigt. Ein wichtiger physikalischer Parameter, der in diese Modulationsrechnungen eingeht, ist der Diffusionskoeffizient, dessen lokaler Wert mit Hilfe der Beobachtungen von HELIOS E6 bestimmt werden kann. Die lange E6-Meßzeit vom Minimum der Sonnenaktivität bis zu dessen Maximum und das bislang 26-malige Durchlaufen des Abstandes zwischen 1 und 0.3 AU sind eine einmalig gute Voraussetzung für das Studium der Langzeitvariationen der galaktischen kosmischen Strahlung und ihrer Gradienten im inneren Sonnensystem.

Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der energiereichen Teilchen haben ergeben, daß für einige Elemente die relativen Häufigkeiten weder den solaren noch den galaktischen Häufigkeiten ähneln. Auch das Energiespektrum dieser Teilchen im Energiebereich zwischen 10 und 80 MeV/Nukleon zeigt nicht den von den Modulationsmodellen geforderten Anstieg proportional zur Energie. Mit den Messungen der Helium-Intensitäten, die in diesem Energiebereich eine gute Energieauflösung aufweisen, kann HELIOS E6 zur Klärung der Fragen nach Quelle und Beschleunigung dieser anomalen Komponente beitragen.

### 1.3.2 Solare kosmische Strahlung

Die solare kosmische Strahlung entsteht hauptsächlich bei großen Sonneneruptionen (Flares). Elektronen und Atomkerne des chromosphärischen Plasmas werden auf Energien von bis zu mehreren hundert MeV beschleunigt, breiten sich in der Sonnenkorona über Teile der Sonnenoberfläche aus und entweichen von dort in den interplanetaren Raum, wo ihre weitere Ausbreitung durch das vom Sonnenwind mitgeführte und verformte solare Magnetfeld bestimmt wird. Das Zusammenspiel der dabei beteiligten physikalischen Prozesse ist noch nicht vollständig verstanden. Im Gegenteil: die detaillierten Messungen, die mit HELIOS bisher möglich waren, haben neue Fragen aufgeworfen.

#### 1.3.2.1 Quellen der solaren kosmischen Strahlung -

Messungen der solaren kosmischen Strahlung mit Erdsatelliten sind entweder dauernd oder werden zumindest periodisch dadurch stark beeinträchtigt, daß die Satelliten in die Erdmagnetosphäre eintauchen, deren Teilchenpopulationen die solare Komponente überdecken. Die HELIOS-Bahnen sind frei von diesen Einflüssen. Darüber hinaus erlauben sie während der perihelnen Abschnitte, die Eigenschaften der solaren Quellen wesentlich direkter zu erkennen, als es nach 1 AU langer interplanetarer Ausbreitung noch möglich ist.

Die Beschleunigungsprozesse für die solare Teilchenstrahlung finden in eng begrenzten Bereichen in der Nähe des Flare-Ortes statt, die sich durch Beobachtung der elektromagnetischen Strahlung (starkes Aufleuchten des Flaregebietes im Licht der  $H_{\alpha}$ -Linie, solare Radiostrahlung, extreme Ultraviolett-, Röntgen- und Gammastrahlung) gut identifizieren und zeitlich mit dem Beschleunigungsprozeß korrelieren lassen. Die nach Ladung, Masse und Energie unterscheidenden HELIOS-Teilchenmessungen gestatten zusammen mit diesen Zusatzinformationen, im Rahmen theoretischer Modelle die Ladungs-, Massen- und Energiespektren während der Flarephase im Quellgebiet zu rekonstruieren und damit neue Erkenntnisse über die Beschleunigungsmechanismen abzuleiten.

#### 1.3.2.2 Koronale und interplanetare Teilchenausbreitung -

Man geht heute davon aus, daß sich geladene energetische Flare-Teilchen über interplanetare Bereiche der Größenordnung 1 AU oder mehr im wesentlichen entlang der dortigen Magnetfeldlinien ausbreiten und weit weniger quer dazu. Dennoch beobachtet man bei Flare-Ereignissen impulsartig ansteigende Teilchenintensitäten regelmäßig auch auf Feldlinien, deren Fußpunkt bis etwa 60 Grad vom Flare-Ort entfernt ist. Hier scheint ein schneller koronaler Ausbreitungsmechanismus vorzuliegen, wie er schon vor der HELIOS-Mission beobachtet wurde. Die auf HELIOS gemessenen Richtungsverteilungen bestätigen die Injektion der Teilchen aus diesen Bereichen der Korona in das

interplanetare Medium.

Man beobachtet darüber hinaus - und die ins Maximum des jetzigen Solarzyklus 21 hineinreichenden HELIOS-Messungen zeigen deutliche Beispiele dafür - die energetischen Teilchen häufig noch wesentlich weiter in heliografischer Länge vom Flare-Ort entfernt. In ausgeprägten Fällen füllt sich die gesamte innere Heliosphäre mit ihnen - zumindest in der direkten Messungen bisher ausschließlich zugänglichen Ekliptikebene. Die interplanetaren Anstiegs- und Abklingzeitkonstanten vergrößern sich dabei allerdings deutlich gegenüber denen mit direkterer koronaler Verbindung zum Flare-Ort. Hier ist es in erster Linie die Fähigkeit des Kieler Teilchenexperiments auf HELIOS, mit der wir im Rahmen existierender Ausbreitungsmodelle prüfen können, ob die Querausbreitung in der Nähe der Sonne oder außerhalb des Beobachtungsortes im interplanetaren Raum stattfindet. Der Vergleich der Messungen von HELIOS 1 und 2, von Voyager und von Erdsatelliten liefert dazu weitere wesentliche Kriterien.

Bei der interplanetaren Ausbreitung geladener Flare-Teilchen konkurrieren lokal die Einflüsse von adiabatischer Bewegung (die zu einer Fokussierung in nach außen hin schwächer werdenden Magnetfeldern führt) mit denen kontinuierlicher Pitchwinkelstreuung an Irregularitäten des Feldes. Daneben sind großräumige Strukturen wirksam, die sich durch die immer vorhandenen Fronten zwischen schnellen und langsamen Sonnenwindströmen mehr oder weniger turbulent ausbilden. Ihr Einfluß überträgt sich über große Entfernungen mit den Teilchen auf ihre Intensitäten und Richtungsverteilungen am Meßort.

Ziel unserer Bemühungen ist, mit guter Richtungs- und Zeitauflösung die genannten Effekte bei Teilchen verschiedener Energie und Steifigkeit zu erfassen, sie in modellmäßigen Vorstellungen zu separieren sowie mit diesen Teilchen als weitreichenden Sonden die Struktur des interplanetaren Mediums zu erkennen.

### 1.3.3 Teilchenbeschleunigung an Stoßwellen

Daß magnetohydrodynamische Stoßwellen (Shocks) im Prinzip in der Lage sind, geladene Teilchen zu beschleunigen, ist seit langem bekannt. Inzwischen hat sich herausgestellt, daß dieser Prozeß in der Natur sehr häufig auf den unterschiedlichsten räumlichen und zeitlichen Skalen verwirklicht ist. Er reicht von der Bugstoßwelle der Erde bis zu Vorgängen in der Galaxis.

Die Kieler HELIOS-Teilchendaten liefern Beiträge zu zwei Arten von Stoßwellenbeschleunigung im interplanetaren Raum.

ESP-Ereignisse: Bei solaren Flares (chromosphärischen Eruptionen) werden nicht nur geladene Teilchen auf hohe Energien beschleunigt (siehe oben), sondern es werden in vielen Fällen auch Stoßwellen ausgelöst. Diese treffen bei einem Beobachter im Raum auf der Rückflanke eines solaren Teilchenereignisses



ein und erzeugen eine neue Population, die man als Energetic Storm Particles (ESP) bezeichnet. Zeitliche Struktur, Größe, Energiespektren und chemische Zusammensetzung dieser ESP-Ereignisse variieren von einem Shock zum anderen. Es ist ein Ziel unserer Arbeiten, diese Variationen zu verknüpfen mit den unabhängig davon beobachteten Shock-Eigenschaften und dadurch zwischen verschiedenen gegenwärtig diskutierten Modellen der Stoßwellenbeschleunigung zu unterscheiden.

Korotierende Ereignisse: Die eben diskutierten flare-erzeugten Stoßwellen breiten sich, ausgehend von der Sonne, näherungsweise in einem Halbraum um den Flare-Ort herum aus und treten als zeitlich diskrete Ereignisse auf. Im Gegensatz dazu bilden sich quasistationäre Stoßwellen an der Grenze zwischen langsamen und schnellen Sonnenwindströmen aus; diese Grenzflächen rotieren mit der Sonnendrehung im interplanetaren Raum. An diesen 'korotierenden' Shocks werden ebenfalls Teilchen beschleunigt. Ihre maximale Intensität erreichen sie in einem Abstand von etwa 3 bis 5 Erdbahnradien von der Sonne, so daß sie für die sonnennahen HELIOS-Messungen als eine äußere Quelle wirken. Die Messung räumlicher Gradienten zwischen HELIOS und weiter außen liegenden Raumfahrzeugen erlaubt Schlüsse auf den Ausbreitungsmechanismus, zeitliche Änderungen geben Hinweise auf die für den Beschleunigungsprozeß typischen Zeitkonstanten.

Es ist derzeit offen, ob die Teilchenbeschleunigung an den beiden Typen von Stoßwellen auf den gleichen Mechanismus zurückgeführt werden kann. Die Aufklärung dieser Beschleunigungsmechanismen und die Beschreibung durch ein realistisches theoretisches Modell hat wichtige Implikationen für Anwendungen in der Astrophysik.

#### 1.3.4 Jupiter-Elektronen

Neben der Sonne ist der Jupiter der wichtigste Emittent von energetischen Elektronen im Sonnensystem. Im Abstand von etwa 5 AU ist diese Quelle als punktförmig anzusehen. HELIOS durchläuft mit seiner halbjährigen Periode im Vergleich zu Jupiter relativ schnell alle heliografischen Längen und gestattet daher besser noch als erdgebundene Satelliten, die Systematik der interplanetaren Elektronenausbreitung zu studieren. Der Bereich innerhalb 1 AU von der Sonne ist dabei besonders interessant, weil sich hier die korotierenden interplanetaren Schockfronten noch nicht ausgebildet haben. Die Zeit vom Start von HELIOS I im Dezember 1974 bis etwa September 1977 war ein ausgeprägtes Minimum der solaren Aktivität und bot daher zusammen mit der Tatsache, daß HELIOS frei von magnetosphärischen Einflüssen ist, sehr günstige Voraussetzungen für Messungen dieser Teilchen.

#### 1.4 Ziele zukünftiger Arbeiten

Die lange Lebensdauer der HELIOS-Sonden und die während der Auswertung gewonnenen Erkenntnisse haben zum Teil zu Verschiebungen der Schwerpunkte der wissenschaftlichen Datenauswertung geführt. Da alle oben beschriebenen Phänomene der kosmischen Strahlung örtlich und zeitlich variabel sind, ist in zunehmendem Maße eine korrelierte Auswertung von Messungen verschiedener Raumfahrzeuge erforderlich. Die daraus entstehenden wissenschaftlichen Kollaborationen werden die zukünftigen Auswertarbeiten in starkem Maße beeinflussen.

Zur Untersuchung von solaren Ereignissen wurde eine Zusammenarbeit mit dem Central Research Institute of Physics in Budapest (A. Somogyi) vereinbart, durch die Daten der Prognos-Satelliten zusammen mit den HELIOS-Daten verwendet werden können. Es geht dabei insbesondere um Fragen der koronalen Ausbreitung.

Die Zusammenarbeit mit der University of Malaysia, Kuala Lumpur, (C. K. Ng) wird ausgebaut, da die bisherigen Arbeiten zur modellmäßigen Beschreibung des Ereignisses vom 28. März 1976 zu guten Ergebnissen geführt haben.

Die Ereignisse des Solar Maximum Years lassen sich mit Gamma- und Röntgenstrahlungsmessungen korrelieren. Das ergibt zusätzliche Aufschlüsse über die Vorgänge im Beschleunigungsgebiet. Eine Zusammenarbeit wurde mit Experimentatoren der Solar Maximum Mission (MPI Garching) vereinbart. Offen ist auch noch die Frage, ob Coronal Transients sich auch auf die kosmische Strahlung im von uns gemessenen Energiebereich auswirken.

Shock-Ereignisse sind nach einem Workshop in Meudon als Kollaboration mit Experimentatoren von ISEE-3, sowie den HELIOS-Experimentatoren der Technischen Universität Braunschweig und des Max-Planck-Instituts in Lindau von besonderem Interesse. Gleichzeitige Beobachtungen an demselben Shock mit unterschiedlichen Raumfahrzeugen und an verschiedenen Orten gestatten einen direkten Vergleich mit theoretischen Modellen für die Beschleunigung von Teilchen an Shockwellen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Möglichkeiten einer wissenschaftlichen Datenauswertung von HELIOS noch bei weitem nicht ausgeschöpft und abgeschlossen sind. Die Qualität, Zuverlässigkeit, Vollständigkeit und langjährige Verfügbarkeit von HELIOS-Daten hat das wissenschaftliche Interesse an diesen Daten im Laufe der Jahre eher zunehmen lassen, so daß noch über Jahre hinweg interessante wissenschaftliche Ergebnisse von HELIOS zu erwarten sind.

## 1.5 Das Instrument

Das Kieler Experiment (HELIOS-Experiment 6) zur Untersuchung der energiereichen kosmischen Teilchenstrahlung wurde als Instrument entworfen, das die Beobachtung der im interplanetaren Raum auftretenden Effekte der kosmischen Strahlung ermöglicht (Kunow et al., 1972, Kunow et al., 1974, Kunow et al., 1975). Der Energiebereich reicht von 3.3 MeV/N bis über 1000 MeV/N für Nukleonen und von etwa 0.3 MeV bis 8 MeV für Elektronen. Die bordseitige Datenverarbeitungsanlage wertet die gemessenen Impulse, die bei einem Teilchendurchgang entstehen, aus und nimmt eine sehr effektive Redundanzreduktion vor, bevor die Daten formatiert und dem Raumfahrzeug zur Übermittlung zur Erde weitergereicht werden. Das instrumenteigene Datenverarbeitungssystem paßt sich in optimaler Weise den sehr unterschiedlichen Gegebenheiten im interplanetaren Raum automatisch an.

Das Detektorteleskop besteht aus fünf Halbleiter-Detektoren, einem Saphir-Cerenkov-Detektor und einem Antikoinzidenz-Plastik-Szintillator (Abbildung 1.5-1). Der Öffnungskonus von 55 Grad ist für alle Energiebereiche gleich. Der Geometriefaktor, also das Produkt aus Raumwinkel und Detektorfläche, ist für Teilchen unterhalb 48 MeV/N um einen Faktor fünf geringer als für energiereichere Teilchen, da für Teilchen unterhalb 48 MeV/N das Ansprechen der im Durchmesser wesentlich kleineren Detektoren 1 und 2 gefordert wird. Der Grund für den unterschiedlichen Geometriefaktor ist die oft sehr hohe Intensität der im wesentlichen niederenergetischen solaren und interplanetaren Komponente der kosmischen Strahlung, die bei zu hohen Zählraten aufgrund großer Geometriefaktoren zu Fehlmessungen führen könnte. Die energiereiche Nukleonenstrahlung besteht hauptsächlich aus der galaktischen Strahlung und Ausläufern der solaren Komponente, die wegen der Steilheit der Spektren wesentlich niedrigere Maximalintensitäten zeigen. Die Charakteristika der Energiekanäle für die Instrumente an Bord von HELIOS 1 und HELIOS 2 sind in Tabelle 1.5 zusammengestellt.

Grobe Energiebereiche, wie sie in Tabelle 1.5 aufgeführt sind, werden durch die Dicke der Detektoren und Absorber im Strahlengang definiert. Protonen werden von schwereren Kernen aufgrund ihres unterschiedlichen Energieverlustes in den vollständig durchdrungenen Detektoren unterschieden. Elektronen werden identifiziert durch die Tatsache, daß sie im Gegensatz zu Nukleonen den ersten nur 0.1 mm dicken Detektor D1 durchdringen ohne die untere Diskriminatorschwelle zu überschreiten.

Das Detektorsystem und die zugehörige Elektronik sind in der Lage, Elektronen, Protonen und schwerere Atomkerne bis hinauf zum Sauerstoff in der solaren, galaktischen und interplanetaren kosmischen Strahlung zu untersuchen. Auf eine Trennung von Isotopen der schwereren Elemente wurde ausdrücklich verzichtet, jedoch ist bei der zur Ladungstrennung erforderlichen Auflösung die Trennung der Isotope des Wasserstoffs und Heliums möglich. Die Trennung von Elektronen, Protonen und schweren Kernen erfolgt mit Hilfe einfacher

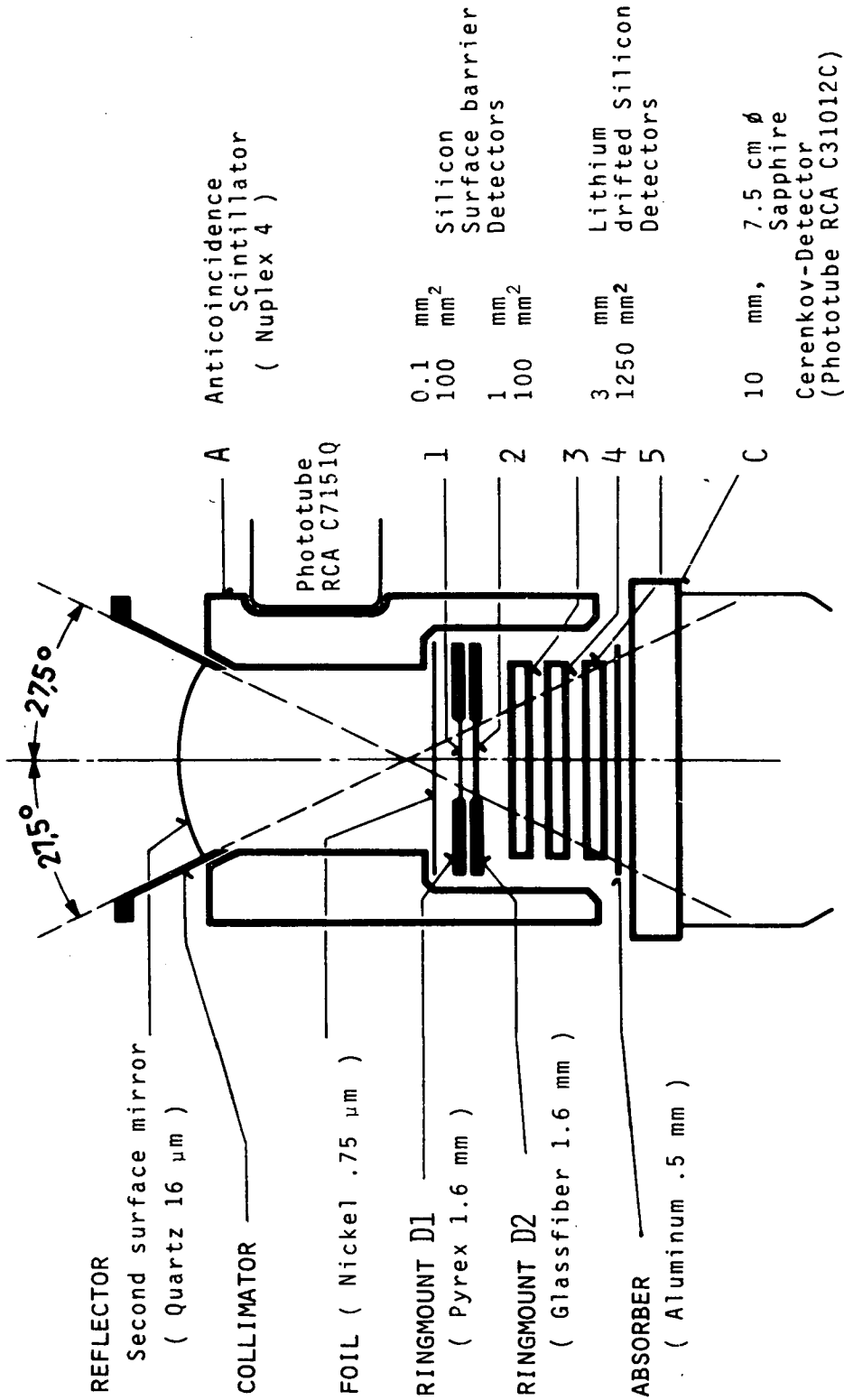


Abb. 1.5-1: Schematische Darstellung des Detektorsystems.

Kurz- bezeichnung	Energie-Fenster HELIOS 1	(MeV/N) HELIOS 2	Geom. Fakt. HELIOS 1	(cm <sup>2</sup> sr) HELIOS 2	Koinzidenz	Detektoren mit PHA	Anzahl/von Sektoren
P1	1.3 - 3.8	1.7 - 3.7	0.48	0.43	$\overline{12} \overline{A}$	-	8
P4	3.8 - 12.8	3.7 - 12.7	0.48	0.43	$\overline{123} \overline{A}$	1,2	8
P13	12.8 - 26.8	12.7 - 27.4	0.48	0.43	$\overline{1234} \overline{A}$	1,1,3	8
P27	26.8 - 36.6	27.4 - 37.3	0.48	0.43	$\overline{12345} \overline{A}$	2,3,4	8
P37	36.6 - 50.7	37.3 - 51.0	0.48	0.43	$\overline{12345} \overline{CA}$	3,4,5	1
P51	> 50.7	> 51.0	2.23	2.23	$\overline{345} \overline{CA}$	4,5,C	8
A2	1.7 - 3.7	2.0 - 3.6	0.48	0.43	$\overline{12} \overline{A}$	-	8
A4	3.7 - 12.7	3.6 - 12.6	0.48	0.43	$\overline{123} \overline{A}$	1,2	8
A13	12.7 - 26.6	12.6 - 27.2	0.48	0.43	$\overline{1234} \overline{A}$	1,2,3	8
A27	26.6 - 36.5	27.2 - 37.2	0.48	0.43	$\overline{12345} \overline{A}$	2,3,4	1
A37	36.5 - 48.1	37.2 - 48.3	0.48	0.43	$\overline{2345} \overline{CA}$	3,4,5	1
A48	> 48.1	> 48.3	2.23	2.23	$\overline{345} \overline{CA}$	4,5,C	1
E0.3	$\gtrsim$ 0.3	$\gtrsim$ 0.3	0.49	0.46	$\overline{123} \overline{A}$	-	8
E0.8	$\gtrsim$ 0.8	$\gtrsim$ 0.8	0.49	0.46	$\overline{1234} \overline{A}$	2,3	8
E2	$\gtrsim$ 2.0	$\gtrsim$ 2.0	0.49	0.46	$\overline{12345} \overline{A}$	2,3,4	1
E3	$\gtrsim$ 3.0	$\gtrsim$ 3.0	0.49	0.46	$\overline{12345} \overline{CA}$	3,4,5*	1

\*nur HELIOS 1

Tab. 1.5: Charakteristik der Energiekanäle für HELIOS 1 und HELIOS 2  
 Die genauen Werte der Energieintervalle und Geometriefaktoren für die verschiedenen Teilchenkanäle  
 der beiden Meßinstrumente auf HELIOS 1 und 2. Bei der Notation der Koinzidenzen bedeutet  $\overline{x}$ : Anti-  
 koinzidenz durch Detektor x,  $\underline{x}$ : obere Diskriminatorschwelle darf auf x-Signale nicht angesprochen  
 haben.  $\underline{x} \underline{y}$ : mindestens eine der oberen Schwellen von Detektor x und y muß angesprochen haben.

elektronischer Schwellen. Zur Bestimmung von Winkelverteilungen sowie zur Reduktion des Untergrundes durch seitlich einfallende Teilchen ist der Einsatz eines Antikoinzidenz-Detektors A erforderlich.

Die bordseitige Datenverarbeitung besteht aus Analogteil und Digitalteil. Der Analogteil hat die Aufgabe, die von den Detektoren abgegebenen Impulse analog weiter zu verstärken, zu formen und auf Anforderung durch den Digitalteil auszumessen. Die Digitalelektronik wählt die physikalisch interessanten Ereignisse aus und zählt sie in einem von 87 verschiedenen Zählern. Die Auswahl des Zählers erfolgt in Abhängigkeit von Energiebereich, Teilchenart (Elektronen, Protonen oder schwerere Kerne) und Experimentblickrichtung zum Zeitpunkt des Teilcheneinfalls. Zu Korrekturzwecken werden auch die Zählraten jedes einzelnen Detektors zusätzlich bestimmt. Außerdem werden wenige Ereignisse stichprobenartig ausgewählt, für die die Information aus den Detektoren mit großer Genauigkeit analysiert wird. Dies erfolgt mit Hilfe eines logarithmischen 8-bit-Analog-Digital-Wandlers.

Die Zählraten-Informationen und detaillierten Ereignis-Informationen (Impulshöhenwörter) werden nach einer sehr effektiven Datenreduktion (Green et al., 1970) an Bord, die eine automatische Anpassung an einen großen Dynamikbereich einfallender Teilchenflüsse ermöglicht und zusätzlich mit Hilfe einer Prioritätslogik auch gestattet, sehr seltene Teilchenereignisse zu analysieren, zu einem Experiment-Datenrahmen zusammengestellt (formatiert). Der Aufbau des Datenrahmens wird im folgenden Abschnitt behandelt.

Genauere Informationen über die Funktionsweise des Instruments sind enthalten in Kunow et al., 1981.

## 1.6 Datenrahmen

Die bordseitige Erfassung und Aufbereitung der Meßdaten des Detektorteleskops richtet sich nach dem periodischen Arbeitsrhythmus des Raumsondentelemetriesystems. Da das Instrument im allgemeinen mehr Daten produzieren als die Sonde übertragen kann, kommt es darauf an, die verfügbare Kapazität durch geeignete Auswahl und Kodierung der Meßwerte geschickt zu nutzen. Zu berücksichtigen ist dabei, daß die Gesamttelemetrikapazität je nach Übertragungsbedingungen ziemlich stark, nämlich zwischen 8 und 4096 bit/sec schwankt.

Es erweist sich als günstig, einen relativ langen Experiment-Datenrahmen von 624 bit zu verwenden, weil Rahmensynchronisation und -identifikation einen geringeren Anteil der Bitrate beanspruchen als bei kürzeren Rahmen.

Jeweils drei aufeinanderfolgende Rahmen 0, 1 und 2 bilden einen vollständigen Experiment-Datenzyklus. Sie unterscheiden sich im wesentlichen darin, welches Drittel der insgesamt 96 zu übertragenden Zählerstände in ihnen enthalten ist. Jeder der

Rahmen enthält außerdem eine Anzahl von Impulshöhenwörtern, die pro Teilchen wesentlich detailliertere Information liefern, als es die Zählerstände in pauschaler Form tun. Das Gerät paßt sich an unterschiedliche Teilchenintensitäten wie auch an unterschiedliche Datenübertragungsraten dadurch an, daß es den Anteil der Impulshöhenwörter um so größer wählt, je mehr die Intensitäten sinken oder die Übertragungsbitrate steigt (Green, 1971). Die Rahmen setzen sich im Sinne einer Bitebenenkodierung (Schwartz et al., 1966) folgendermaßen bitweise zusammen:

- 1 ... 9           Rahmen 0:  
 Synchronisationswort 111010010, gleichzeitig  
 Kennung für Experiment 6. Das Sync-Wort ist  
 so gewählt, daß ein möglichst großer  
 Hamming-Abstand entsteht, wenn man es  
 einschließlich seiner Nachbarbits gegen sich  
 selbst verschiebt (Steinbuch 1962).
- Rahmen 1:  
 8 bit Experiment-Zustandsregister + 1 Paritäts-  
 bit, zusammen so kodiert, daß sie im normalen  
 Betriebszustand des Instruments mit dem  
 Synchronisationswort übereinstimmen,
- Rahmen 2:  
 laufende Nummer modulo 512 des Experiment-  
 Datenzyklus, erhöht sich jeweils bei  
 Rahmen 0, wird jedoch erst hier, also zwei  
 Rahmen später angezeigt.
- 10 ... 12        Nummer des Sektors, mit dem die letzte  
 Zählrateneinleseperiode geendet hat,  
 13 ... 16        (18 - N), N = Anzahl der in diesem  
 Rahmen übertragenen Impulshöhenwörter,  
 17 ... 32        Dauer der Zählrateneinleseperiode in  
 Achtelsektorpassagen,  
 32 ... (N+1)\*32 N Impulshöhenwörter der Länge 32 bit  
 (N+1)\*32+1 ... 608    32 Zählerstände in  
 komprimierter Form (statistisch insignifikante  
 Stellen nach einem Quadratwurzelkompressions-  
 verfahren unterdrückt, (Green et al., 1970))  
 609 ... 610     Kennung des Datenrahmens (00,01,02)  
 611 ... 612     dito                             (Redundanz)  
 613 ... 616     wie 13 ... 16                 (Redundanz)  
 617             1 bit Anzeige von Vorzählerüberläufen  
                   während der letzten Zählrateneinleseperiode  
 618 ... 620     wie 10 ... 12                 (Redundanz)  
 621 ... 624     wie 13 ... 16                 (Redundanz)

Die Zählerstände sind in den Bits der Datenrahmen in folgender Reihenfolge untergebracht:

bit mod 32	Rahmen 0	Rahmen 1	Rahmen 2
1 ... 8	A2	P1	P51
9 ... 16	A4	P13	P4
17 ... 24	A13	E03	n.s.D.
25 ... 32	P27	E08	n.s.D.

(n.s.D. = nichtsektorierte Daten)

Innerhalb jedes Rahmens werden alle 32 Zählerstände durch vorangestellte Nullen einheitlich auf die Länge des höchsten beteiligten Zählerstandes gebracht.

Je nach dieser Länge richtet sich die Zahl der im Rahmen übermittelten Impulshöhenwörter. Sie bewegt sich zwischen minimal 6 und maximal 16. Bordseitig werden hierfür in jeder Einleseperiode zunächst die ersten 16 erfaßten Impulshöhenwörter gespeichert. Danach geht das Instrument in einen Prioritätsbetrieb über, in dem es maximal 6 weitere Wörter die ersten 6 überschreiben läßt. Diese Wörter, gezielt aus ausdrücklich verschiedenen Koinzidenttypen ausgewählt, können also auf jeden Fall übermittelt werden.

Jedes einzelne Impulshöhenwort ist wie folgt zusammengesetzt:

bit	Inhalt
1- 6	Koinzidenttyp
7-13	Impulshöhe 1 im log. Maßstab
14-20	Impulshöhe 2 " "
21-27	Impulshöhe 3 " "
28-30	Blickrichtungssektor
31	0: Normalbetrieb 1: Prioritätsbetrieb
32	Paritätsbit (ungerade)

Je nach Übertragungsbitrate können die HELIOS-Sonden alle 4.5 bis 864 sec einen Experiment-6-Datenrahmen zu den Bodenstationen senden. Die Zeitauflösung des Instruments liegt daher zwischen 13.5 und 2592 sec.

Steht keine Bodenstation für den Datenempfang zur Verfügung oder ist zu erwarten, daß die Übertragungsbedingungen vorübergehend keinen Empfang erlauben, kann vor Abbruch des Funkkontaktes die bordseitige Speicherung der Telemetriedaten befohlen werden. Je nach voraussichtlicher Länge der Unterbrechung kann die Einlesebitrate in 2er-Potenz-Schritten zwischen 8 und 4096 bit/sec so gewählt werden, daß bei gegebener Kapazität des Kernspeichers von gut 500 kbit die günstigste Zeitauflösung erreicht wird. Im Fall besonders langer Sendepausen, z.B. während eines Blackouts (HELIOS befindet sich in einem gewissen Winkelbereich hinter der Sonne) reicht die Speicherkapazität auch bei kleinster Bitrate nicht für eine vollständige Überdeckung aus. Dann kann das kontinuierliche Einlesen unterbrochen werden. Es wird dann nur jeder n-te Sondenüberrahmen gespeichert mit dem Ziel einer möglichst gleichmäßig verteilten Datenüberdeckung.



## 1.7 Datenprofil

Das Raumsonden-Telemetriesystem kann die Meßdaten in sechs verschiedenen Formaten zusammenstellen, in denen der Anteil des Experiments 6 an der Gesamtdatenmenge zwischen 0 und 9.7 % variiert. In Abb. 1.7-1 ist das HELIOS-E6-Bitratenprofil für die ersten 500 Tage der HELIOS-1-Mission dargestellt.

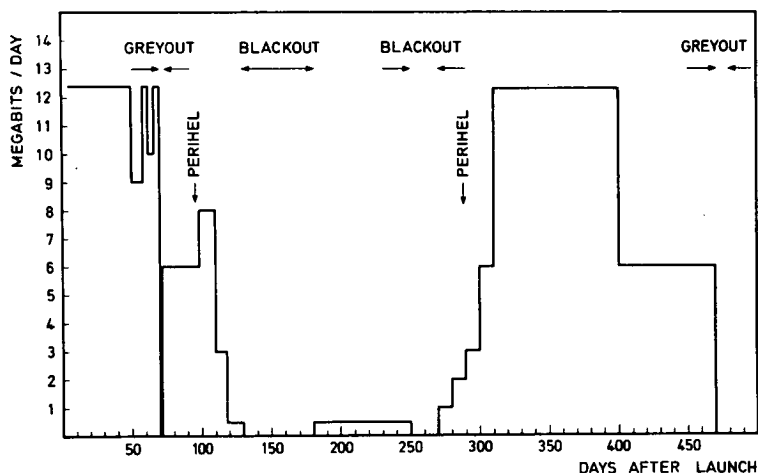


Abb. 1.7-1: HELIOS-E6-Bitratenprofil

Das Datenprofil sieht für den weiteren Verlauf der Mission von HELIOS 1 (2500 Missionstage am 13. 10. 1981) sowie für HELIOS 2 (1514 Missionstage) qualitativ ähnlich aus, wobei die Blackoutphasen wegen der stetigen Änderung der HELIOS-Bahnen kürzer werden, aber ab 1980 zusätzliche Datenlücken auftreten, da infolge der Solarzellendegeneration das Experiment 6 im Aphel der Bahn abgeschaltet werden muß. Quantitativ verringert sich die zur Erde übermittelte tägliche Informationsmenge, verglichen mit den Werten in Abb. 1.7-1, da nach Ablauf der Primärmission immer öfter Bodenantennen geringerer Übertragungskapazität eingesetzt werden. Hierdurch werden zwar keine Datenlücken erzeugt, aber die Zeitauflösung verringert. Im langjährigen Mittel werden etwa 2 Megabit pro Tag für Experiment 6 empfangen. Sie werden vom Deutschen Satelliten-Kontrollzentrum (GSOC) der DFVLR mit Zusatzdaten über Bahn, Lage, Kommandogabe, Datenqualität und Housekeeping-Werten versehen und dem Experimentator zugesandt. Als Datenträger werden Magnetbänder (9-Spur/800 bpi) verwendet. Beim Experimentator lagern z.Zt. 827 Experiment-Data-Record-Bänder (EDR) von HELIOS 1, die den Zeitraum vom 10. 12. 1974 bis 2. 7. 1981 umfassen, und 651 EDR-Bänder von HELIOS 2 für den Zeitraum vom 16. 1. 1976 bis 8. 3. 1980 (Stand Oktober 1981).

## KAPITEL 2

### DATENVERARBEITUNGSSCHEMA

Das HELIOS-E6-Datenverarbeitungssystem ist eine Zusammenstellung von Programmen, die dazu dienen, die Meßdaten von Experiment 6 so aufzubereiten, daß sie einer physikalischen Interpretation zugänglich sind und Aussagen erlauben über den Zustand des interplanetaren Raumes und die physikalischen Prozesse, an denen solare, galaktische und planetare kosmische Strahlungsteilchen beteiligt sind. Die Programme verarbeiten die Daten in drei aufeinander folgenden Phasen, nämlich Datenreduktion, Datenanalyse und Dateninterpretation und können dementsprechend in drei Programmpakete unterteilt werden. Jedes Programmpaket führt die der jeweiligen Phase zugewiesenen Aufgaben aus und speichert die Ergebnisse in einem Format, das leicht zugänglich ist für die Programme der nachfolgenden Phase. Der Informationslaufplan in Abb. 2-1 gibt eine kurzgefaßte Definition der Aufgaben, die in diesen Phasen bearbeitet werden, und zeigt, wie die Ergebnisse jedes Programmschrittes, evtl. nach Korrelation mit Messungen anderer Forschungsgruppen, als Eingangsdaten in nachfolgenden Programmen bearbeitet werden. Eine detaillierte Beschreibung aller Programme und Datensätze befindet sich in Kapitel 3, 4 und 5. Als Programmiersprachen wurden PDP-11 FORTRAN IV sowie FORTRAN IV Plus und MACRO-11 Assembler gewählt. Das PDP-11 FORTRAN IV bzw. IV Plus stellt eine Erweiterung des American National Standard (ANS) FORTRAN X3.9-1966 dar.

Als Datenträger zur langfristigen Archivierung der Daten wurde das 3M-Computerband Scotch 777 mit High Output Beschichtung gewählt (Schreibdichte 9 Spur/800 bpi). Zum Schutz gegen zufälligen Verlust von Daten (z.B. Bandriß, dejustiertes Laufwerk) wird von jedem Original-EDR eine Kopie erstellt. Gegen Informationsverlust durch lange Lagerung (z.B. Nachlassen der Magnetisierung, Verformung des Bandes) ist eine Prozedur vorgesehen, die im zweijährigen Zyklus Umkopierungen auf CLEAN-Band-Ebene durchführt.

Als anschauliche Darstellung der Zwischenergebnisse und Endresultate dienen X-Y-Plots, graphische Anzeige auf Sichtschirm, Mikروفilmzeichnungen und Zeilendrucker-Printouts. Für den Datenaustausch zwischen den HELIOS-Experimentatoren, mit dem NSSDC und mit anderen Forschergruppen werden als Datenträger 9-Spur/800-bpi-Magnetbänder, 35-mm-Mikrofilme und Plots benutzt.

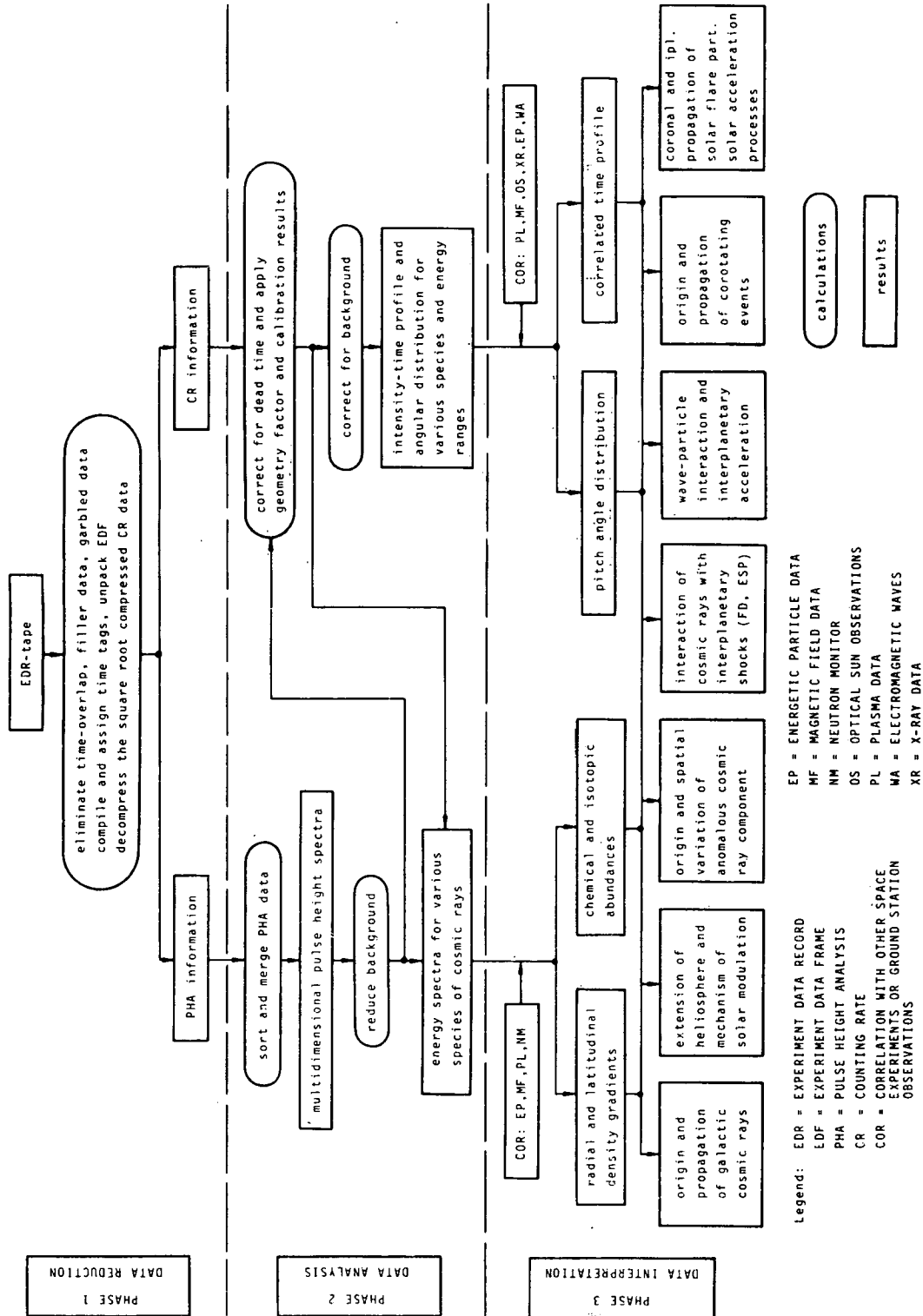


Abb. 2-1: Ablaufschema der Datenverarbeitung.

## KAPITEL 3

### DATENREDUKTION

#### 3.1 Magnetbandlese- und -schreibroutinen

MAGPAC ist eine Bibliothek, bestehend aus Unterprogrammen, die Operationen mit industriekompatiblen, sonst aber beliebig formatierten Magnetbändern erlauben. MAGPAC läuft unter dem Betriebssystem RSX11M Version 2 und aufwärts, und benutzt die vom Betriebssystem bereitgestellten Magnetbandtreiber-Routinen. MAGPAC ist ausschließlich in MACRO-11 geschrieben. Eine genaue Beschreibung von MAGPAC findet sich in Anhang A.

#### 3.2 Magnetband-Copy- und Dump-Programme

Das Programm TCOPY ermöglicht das Duplizieren eines industriekompatiblen, sonst aber beliebig formatierten Magnetbandes. Es erfüllt auf Anforderung folgende Sonderwünsche:

1. während des Kopiervorganges können File-Nummer und Anzahl der Blöcke pro File protokolliert werden.
2. Das Ausgabeband kann vorgespult werden, so daß das Eingabeband hinter das logische Ende (=3 EOF-Blöcke) eines schon beschriebenen Ausgabebandes kopiert wird (Trennung der 'Großfiles' durch 2 EOF-Blöcke).
3. Ein Eingabeband kann vorgespult werden um einen oder mehrere 'Großfiles' (abgeschlossen durch 2 aufeinanderfolgende EOF-Blöcke).

Das Programm TDUMP liefert einen oktalen Ausdruck eines industriekompatiblen, sonst aber beliebig formatierten Magnetbandes. Es erfüllt auf Anforderung folgende Sonderwünsche:

1. Der Ausdruck beginnt erst ab einem gewünschten Record in einem gewünschten File.
2. Der Ausdruck beginnt erst, wenn ein bestimmtes Wort im Record einen bestimmten Inhalt hat.

TCOPY protokolliert Lese- und Schreibfehler, TDUMP protokolliert Lesefehler. Eine genaue Beschreibung von TCOPY und TDUMP findet sich in Anhang A.

### 3.3 Eingangskontrolle

Aus Gründen der Datensicherung und zur Eingangskontrolle werden die vom GSOC zugesandten EDR-Bänder mit TCOPY kopiert, wobei darauf geachtet wird, daß ein Temperaturnausgleich zwischen Magnetbändern und Rechneraum stattgefunden hat. Treten zu viele Lesefehler auf, werden folgende Maßnahmen ergriffen:

1. das Band wird von einer anderen Bändeinheit gelesen,
2. die Justierung der Leseköpfe wird mit Hilfe eines Master Skew Tapes überprüft,
3. ein neues EDR-Band wird angefordert.

### 3.4 Programm CLEAN

Hauptaufgabe des Programms CLEAN ist es, die EDR-Bänder (Spezifikation siehe Anhang B) zu lesen und ein CLEAN-Band zu erstellen, das die gesamte EDR-Information in decodierter Form enthält, und zwar in einer blocksequentiellen Ordnung, die die volle Zeitauflösung der EDR-Bänder bewahrt. Die Zählraten werden entkomprimiert. Das CLEAN-Band (Spezifikation siehe Anhang D) ist die Basis für die Programme der Phase 2. Außerdem werden folgende Funktionen ausgeführt:

1. Überprüfung der EDR-Spezifikation und Fehlermeldung,
2. Katalogisierung des EDR-Bandes (Eintrag in den vom Rechner selbsttätig geführten Katalog),
3. Erstellung eines Inhaltsverzeichnisses mit Angaben über Datenqualität (siehe Abb. 3.4-1).

### 3.5 Programm PROFIL

PROFIL erstellt auf Zeilendrucker ein Zeitprofil eines EDR-Bandes, und zwar getrennt für wissenschaftliche Daten, Housekeeping-Daten, Orbit-Daten und Kommando-Daten. Die S/C-Transmit-Time jedes Datenblocks wird auf Datenfehler und Zeitrücksprünge geprüft. Bei negativem Ergebnis erfolgt Fehlermeldung. Eine Angabe über den Distribution Mode (DM0 bis DM7) wird mitprotokolliert, damit die korrekten Zeitrücksprünge bei Auslesen des Kernspeichers erkannt werden können.

### 3.6 Programme SORT7 und MIX

SORT7 benutzt als Dateneingabe ein EDR, das außer Orbit/Attitude/Command-Files (OAC-Files) nur wissenschaftliche Datenblöcke und Housekeeping-Datenblöcke enthält, die aus dem an Bord befindlichen Kernspeicher ausgelesen wurden (DM7-Daten). Es sortiert die Datenblöcke in einen einzigen File in richtiger zeitlicher Reihenfolge ohne die Blöcke der OAC-Files. Es erzeugt ein DM7-Band sowie eine Zeilendruckerliste mit Angaben

\*\*\*\*\*  
 \* S. 1.77 \*  
 \*\*\*\*\*

PROGRAM: CLEAN.LUA VERSION 7

\*\*\*\*\*  
 \* CLEAN-TAPE NO. 14420 \*  
 \*\*\*\*\*

MELTUS A 1976

COMPILED ON UNIT A FROM EDR-TAPE NO. 14420 (UNIT C) THE EDR-TAPE WAS COMPILED ON 14.12.76  
 THE CLEAN-TAPE CONTAINS TELEMETRY-DATA FROM 42: 01 37: 56:00/8 TO 42: 19: 14: 54:654 (DAY:MM:MIN:SEC)

CONTENTS :  
 \*\*\*\*\*

TELEMETRY-DATA (RECORDS)  
 -----

TOTAL :	7431.	GOOD :	7242.	BAD :	189.	POWER OFF :	0.	SORT. ERRORS :	0.	TIME-ERRORS :	0.
		FORMAT 1 :	1932.	FORMAT 2 :	98.	FORMAT 3 :	157.	FORMAT 5 :	5244.	DM0 :	7274.
		DM2 :	0.	DM3 :	0.	DM4 :	5.	DM5 :	0.	DM7 :	154.
		BR 6 :	0.	BR 16 :	3.	BR 32 :	0.	BR 64 :	0.	BR 128 :	0.
		BR 256 :	98.	BR 512 :	0.	BR 1024 :	0.	BR 2048 :	2108.	BR 4096 :	5322.

TOTAL NUMBER S/C-FRAMES : 111378. VALID : 110262. CODED : 110262.  
 QUALITY 1 : 0. QUALITY 2 : 0. QUALITY 3 : 14648. QUALITY 4 : 95614.  
 PARITY ERRORS : 14. CR ERRORS : 0. DD ERRORS : 0. PRECOUNTER OVERFLOW : 6.

HOUSEKEEPING-DATA (RECORDS)  
 -----

TOTAL : 476. GOOD : 477. TIME-ERRORS : 1.

ORBIT/ATTITUDE-DATA (RECORDS)  
 -----

TOTAL : 40. GOOD : 40. TIME-ERRORS : 0.

COMMAND-DATA (RECORDS)  
 -----

TOTAL : 14. GOOD : 14. TIME-ERRORS : 0.

RATES - TAPE SCIENCE RECORDS: 7152 THENCHECK RATES: 60 MAGNETIC FIELD: 3

Abb. 3.4-1: Von Programm CLEAN erzeugtes Protokoll über Inhalt und Datenqualität eines EDR-Bandes.

über S/C-Transmit-Time und Ground-Receipt-Time eines jeden Datenblocks.

MIX mischt Kernspeicherdaten, die auf einem DM7-Band enthalten sind, und Echtzeitdaten, die auf einem CLEAN-Band enthalten sind, in richtiger zeitlicher Reihenfolge in Bezug auf die S/C-Transmit-Time, und erzeugt ein neues CLEAN-Band. Außerdem werden im Katalog die Angaben über Anfangs- und Endzeit des CLEAN-Bandes geändert, falls durch den Mischvorgang die entsprechenden Zeiten erweitert wurden.

### 3.7 Katalogisierung der Daten

Das Datenverarbeitungssystem muß mehrere tausend Datenbänder verwalten, wie eine leicht durchführbare Abschätzung zeigt. Aus Kapitel 1.7 ist zu entnehmen, daß allein nahezu 1500 vom GSOC für Experiment 6 ausgelieferte EDR-Bänder vorliegen. Die weitere Verarbeitung der Daten erzeugt trotz Komprimierung zusätzliche Magnetbänder in 2 bis 3-facher Anzahl. Deshalb wurde ein vom Rechner gestützter Datenkatalog erstellt, der weitgehend automatisch unterhalten und erweitert wird.

Der Katalog CLNCAT.DAT kann maximal 1990 Einträge aufnehmen. Ein Indexregister in den Blöcken 1 bis 199 des Kataloges erlaubt es, die Einträge zeitlich zu ordnen, ohne die Position des Eintrages im File zu ändern. Jeder Block des Indexregisters besteht aus 20 PDP11-Wörtern:

Wort	Inhalt
1	EDR-Nummer
2	Block-Nummer des zugehörigen Eintrages
3-20	wie Wort 1 und Wort 2

Für die EDR-Nummer (wie auch für die CLEAN-Nummer, s. u.) gilt:

HELIOS 1:  $< 20000$  oder  $\geq 7 \bmod 10$

HELIOS 2:  $> 20000$  und  $< 7 \bmod 10$

Freie Plätze im Indexregister werden durch das Wortpaar 0,0 gekennzeichnet.

Block 200 enthält Informationen über die Block-Nummer des nächsten freien Platzes für einen neuen Eintrag, über die Anzahl der verbliebenen freien Plätze und eine Anzeige, ob Einträge im Katalog gelöscht wurden:

Wort	Inhalt
1	Block-Nummer des nächsten freien Platzes
2	Anzahl der verbliebenen freien Plätze
3	Anzahl der gelöschten Einträge
4-20	nicht belegt

Block 201 bis 2190 enthalten die EDR-Einträge in der Reihenfolge der Erzeugung der Einträge. Jeder Eintrag besteht aus 20 PDP11-Wörtern:

Wort	Inhalt
1	CLEAN-Nummer
2	EDR-Nummer, aus dem das CLEAN-Band hergestellt wurde
3	Herstellungsdatum des EDR-Bandes (RMJD)
4	Start-Datum des ersten Telemetrie-Files (RMJD)
5	Stop-Datum des letzten Telemetrie-Files (RMJD)
6	Start-Zeit des ersten Telemetrie-Files
7	" (fortgesetzt)
8	Stop-Zeit des letzten Telemetrie-Files
9	" (fortgesetzt)
10	Angabe über ausgeführte Programmschritte
11	Herstellungsdatum des CLEAN-Bandes (RMJD)
12	" PHA "
13	" Raten "
14	" RZJ "
15	" Kommando-Listings
16	Anzahl der fehlerfreien wissenschaftlichen Datenblöcke
17-20	nicht belegt

Die Datum-Angabe wird dargestellt in der Form des Relative Modified Julian Day (RMJD) mit Tag 1 = 1. 1. 1974. Die Uhrzeit wird in Millisekunden des Tages angegeben und benötigt 2 Integer-Wörter:  $Uhrzeit = Wort\ 1 * 2^{**}15 + Wort\ 2.$

Wort 10 gibt in binär kodierter Form an, welche der folgenden Programmschritte ausgeführt worden sind:

Bit 0=1 (LSB)	PHA	PHA-Band erstellt
Bit 1=1	RAT	RATTAP-Band erstellt
Bit 2=1	ANI	RZJ-BAND erstellt
Bit 3=1	COM	Kommando-Listing erstellt

Ein gelöschter Eintrag wird durch 20 Werte "-1" gekennzeichnet.

Der Katalog wird vom Rechner selbsttätig geführt, doch das Programm CATCOR erlaubt es, Korrekturen am Katalog sozusagen von Hand anzubringen, insbesondere einen Eintrag zu löschen, wenn ein EDR-Band aufgrund zu vieler Lesefehler zurückgewiesen werden mußte. Die durch den Löschvorgang entstehende Lücke im Katalog kann durch das Programm CLNCMP beseitigt werden.



Der Katalog residiert auf einer Platte und ist aus Gründen der Platzersparnis unformatiert geschrieben. Außerdem sind einige Größen aus dem gleichen Grund in verschlüsselter Form gespeichert. Um den Katalog in entschlüsselter Form darzustellen, wurden eine Reihe von Programmen entwickelt, die ein selektives Ausdrucken nach verschiedenen Gesichtspunkten erlauben. CATOUT stellt die Gesamtinformation eines Eintrages dar für Einträge ab einer bestimmten EDR-Nummer bzw. ab und bis zu einem bestimmten Erstellungsdatum. MINCAT erzeugt einen komprimierten Ausdruck unter Verzicht der Erzeugungsdatumsangaben. TABELL erzeugt ein Histogramm auf dem Zeilendrucker zur Darstellung der zeitlichen Überdeckung der auf allen Bändern enthaltenen Daten mit einer Zeitauflösung von 15 Minuten.

### 3.8 Programm COMAND

COMAND entnimmt den OAC-Files des CLEAN-Bandes die dort gespeicherte Information über die Kommandogabe und erstellt auf Zeilendrucker ein Protokoll mit Angaben über Ground-Transmit-Time, S/C-Receipt-Time und Kommando-Code mit besonderer Kennzeichnung der Kommandos, die Experiment 6 betreffen.

## KAPITEL 4

### DATENANALYSE UND -DARSTELLUNG

#### 4.1 Teilchenintensitäten und -winkelverteilungen

##### 4.1.1 Programm RATTAP

RATTAP liest das CLEAN-Band und erstellt ein Ratenband, dessen Spezifikation im Anhang E angegeben ist. Außer den Zählerständen der 3 \* 32 Zählkanäle werden als wesentliche Information die zugehörigen Einlesezeiten berechnet, die aufgrund der verschachtelten Einleseperioden einen aufwendigen Algorithmus erfordern. Die Einlesezeit ist abhängig von der Anzahl Achtelsektoren, für die ein Zählkanal aufnahmebereit war, und von der Spinfrequenz der Raumsonde. Die Anzahl Achtelsektoren wird von E6 gemessen, die Spinfrequenz wird aus der von der Raumsonde gemessenen Spindauer berechnet, die in den Housekeeping-Kanälen D-000, Bit 0-7(LSW), und D-001, Bit 0-3, in der Form

$$\text{Spindauer/msec} = (\text{12-bit-Wert}) * 1000/1024$$

übermittelt wird.

Um Anisotropien von der Größenordnung < 1% messen zu können, werden von RATTAP folgende Totzeitkorrekturen ausgeführt:

1. Totzeit während der Formatierung der Daten und der Übergabe an das Raumsonden-Telemetriesystem
2. Totzeit während des Umschaltens von einem Achtelsektor auf den nächsten
3. Totzeit während eines Arbeitszyklus des Koinzidenznetzwerkes

Da einige der für die Berechnung und Korrektur der Einleseperiode benötigten Informationen sich nicht im aktuellen EDF befinden, sondern in den beiden vorangegangenen, setzt RATTAP Warnflaggen im Fall von Datenlücken.

Außerdem werden folgende Funktionen ausgeführt:

1. Zusammenfassung der sektorisierten Kanäle zu Summenkanälen.

2. Auffinden von EDFs mit Inflight-Testgenerator-Daten und ihre Markierung (vorwärts und rückwärts in der Zeit).
3. Berechnung der E2-Magnetfelddaten in Winkelkoordinaten.
4. Ausreißertest für Zählraten und Magnetfeldvektoren (kartesische Koordinaten) und Kennzeichnung durch negative Werte.
5. Einfügen eines Orbit/Attitude-Blockes mit einer maximalen Zeitauflösung von 3 Stunden.
6. Einfügen eines Housekeeping-Blockes mit einer maximalen Zeitauflösung von 3 Stunden.

#### 4.1.2 Magnetfelddaten

Für die Auswertung der richtungsabhängig gemessenen Teilchendaten ist die momentane Magnetfeldrichtung am Meßort erforderlich. Das Magnetfeld wird im Experiment 2 des Instituts für Geophysik und Meteorologie der TU Braunschweig an Bord von HELIOS laufend in drei rechtwinkligen Komponenten gemessen und uns aufgrund einer Experimentatorenvereinbarung zur Verfügung gestellt. Eine vorläufige und vereinfachte Auswertung dieser Messungen fügt das GSOC gemäß einer Experimentatorenvereinbarung den Experiment-6-Daten auf den EDR-Magnetbändern bei. Hierbei sind allerdings Eichung und Fehlerfreiheit im allgemeinen noch nicht ausreichend gewährleistet. In der vom Institut für Geophysik und Meteorologie bearbeiteten Form erhalten wir daher die Experiment-2-Magnetfelddaten nachträglich nochmals als 8-sec-Mittelwerte der Vektorkomponenten. Erst diese Daten bilden die endgültige Grundlage, auf der unsere Experiment-6-Teilchendaten bezüglich der interplanetaren Feldrichtung analysiert werden. Meistens verwenden wir die Magnetfelddaten allerdings mit wesentlich geringerer zeitlicher Auflösung als 8 sec, indem wir Mittelwerte über mehrere aufeinanderfolgende 8-sec-Intervalle bilden.

##### 4.1.2.1 Formatwandlung -

Die Magnetfelddaten werden auf Bändern geliefert, die sowohl in ihrer HP3000-Zahlendarstellung als auch in dem Format, in dem die Zahlen auf Band geschrieben werden, von den an unserer PDP11-Anlage verwendeten Normen abweichen. Das HP3000-Gleitkommazahlenformat ist

Oberes Wort

bit 15 Vorzeichen

bit 6 - 14 9 bit Exponent zur Basis 2, um 256 erhöht

bit 0 - 5 obere Fraktion - 1,  $1 \leq \text{Fraktion} < 2$

Unteres Wort

bit 0 - 15 untere Fraktion

Bei Zahlen doppelter Genauigkeit folgen zwei weitere 16-bit-Wörter, in denen die Fraktion fortgesetzt wird.

Die PDP11 verwendet hingegen das Format

Oberes Wort

bit 15 Vorzeichen  
bit 7 - 14 8 bit Exponent zur Basis 2, um 128  
erhöht  
bit 0 - 6 obere Fraktion,  $1/2 \leq \text{Fraktion} < 1$

Unteres Wort

bit 0 - 15 untere Fraktion

Bei Zahlen doppelter Genauigkeit folgen zwei weitere  
16-bit-Wörter, in denen die Fraktion fortgesetzt wird.

Numeriert man die Bytes auf der unsignifikanteren Seite mit 0 beginnend, so werden sie auf der PDP11 auch in dieser Reihenfolge, auf der HP3000 jedoch in der Reihenfolge 1,0,3,2 bei Gleitkommazahlen einfacher Genauigkeit bzw. 1,0,3,2,5,4,7,6 bei Zahlen doppelter Genauigkeit auf Band geschrieben.

Für HELIOS 1 liegen uns die endgültigen Magnetfelddaten bisher vom Start bis Ende August 1980 auf 16 Magnetbändern vor, während die HELIOS-2-Daten bereits vollständig auf insgesamt 12 Magnetbändern bei uns vorhanden sind.

#### 4.1.2.2 Programm BSA -

Für Übersichtszwecke werden zu allen eingehenden Braunschweiger Magnetfelddatenbändern die Zeitverläufe von Feldstärke, Elevationswinkel und Azimutwinkel auf der Basis von 60-Minuten-Mittelwerten gezeichnet, wobei die Feldkomponenten vor der Mittelung von kartesischen in Kugelkoordinaten umgerechnet werden, da erfahrungsgemäß die Feldrichtung viel stärker schwankt als die Feldstärke. Hierzu erstellt das Programm BSA1 ein Ausgabeband im gleichen Format wie das Programm RZJ1, wobei allerdings nur die neuen Magnetfelddaten eingesetzt werden, während die Positionen der Teilchendaten leer bleiben (siehe hierzu Programm RZJ1). Zeichnungen können dann mit dem Programm AN45 gemacht werden (siehe hierzu Programm AN45). Zu BSA1 gehören die Unterprogramme UMF1 und WND1, die die Umformung der HP3000- in die PDP11-Zahldarstellung vornehmen. Mit BSA1 lassen sich außerdem beliebige andere Mittelungsdauern in Vielfachen einer Minute verwirklichen.

#### 4.1.2.3 Programm RTB1 -

Das Programm RTB1 erstellt aus den RATTAP-Bändern neue Bänder im selben Format (RTB-Bänder), auf denen die vorläufigen vom GSOC berechneten Magnetfelddaten durch diejenigen aus Braunschweiger Verarbeitung ersetzt sind. Es benutzt dabei dieselben Unterprogramme WND1 und UMF1 wie das Programm BSA1. Die Zeitintervalle, die zu den RATTAP-Datenblöcken des Experiment 6 gehören, sind im allgemeinen länger als der

8-sec-Abstand aufeinanderfolgender Magnetfeldvektoren. Die erforderliche Mittelung wird in Kugelkoordinaten vorgenommen. Zusätzlich werden auch die rechtwinkligen Feldkomponenten gemittelt und in das RTB-Band eingetragen. Besondere Sorgfalt wird in dem Programm RTB1 darauf verwendet, auch im Fall von Lücken in den Teilchen- oder den Magnetfeldmeßwerten keine zusätzlichen Datenverluste beim Einmischen entstehen zu lassen.

#### 4.1.3 Programm RZJ1

Das Programm RZJ1 hat zwei Aufgaben:

1. Es soll - ausgehend von den RATTAP/RTB-Bändern - Mittelwerte der Intensitäten über spezifizierbare Akkumulationszeiten in den Teilchenkanälen für alle Koinzidenttypen und - soweit richtungsabhängig gemessen - nach Blickrichtungssektoren getrennt berechnen. In den Kanälen für die einzelnen Detektoren und für einen zusätzlichen Kanal für die Arbeitszyklen des bordseitigen Koinzidenznetzwerkes sind anstelle von Intensitäten nur Zählraten zu bestimmen. (Intensitäten in Einheiten  $1/(m^2 \text{ s sr MeV})$  ergeben sich aus Zählraten dadurch, daß noch durch Geometriefaktor (in Einheiten  $m^2 \text{ sr}$ ) und Energiekanalbreite (in Einheiten MeV) geteilt wird.)
2. Das Programm RZJ1 soll für die richtungsabhängig, dh. in acht 45 Grad weiten Blickrichtungssektoren gemessenen Teilchenkanäle
  1. stetige Winkelverteilungen in der Meßebe rekonstruieren,
  2. hierfür Betrag und Richtung der Anisotropie bestimmen,
  3. zugeschnitten insbesondere auf die ersten Stunden von solaren Flareereignissen - räumliche Pitchwinkelverteilungen der Teilchenintensitäten rekonstruieren, die dabei als rotationssymmetrisch um die momentane Magnetfeldrichtung angenommen werden. Hierbei kann und muß die Weite des Öffnungskegels des Detektorteleskops berücksichtigt werden. (Bei der einparametrischen Verteilung in der Meßebe läßt sich der Öffnungskegel nicht korrekt berücksichtigen, wenn die Feldrichtung aus der Meßebe herausragt.)

Der Wunsch, unabhängig von der variablen Übertragungsrates der HELIOS-Raumsonden die Meßintervalle festlegen zu können, begründet, weshalb auf den RATTAP/RTB-Bändern Zählerstände und Akkumulationsintervalle des Instruments noch getrennt in den Experiment-Datenrahmen (experiment data frames, EDFs) verzeichnet bleiben. Diese Intervalldauern legen natürlich die Grenzen der Zeitauflösung fest, und man kann mit RZJ1 die Zeitauflösung nur vergrößern, dies allerdings mit dem Ziel, den statistischen Fehler in den Intensitäten systematisch zu verringern. Fünf Sammelarten sind hierfür vorgesehen:

- 1: Es wird jeder EDF einzeln zu einem RZJ-Datenblock verarbeitet. Hierbei bleiben jeweils zwei der drei Datengruppen in den Blöcken unbesetzt (siehe unten).
- 0: Es wird akkumuliert, bis in jeder Datengruppe mindestens ein EDF erfaßt ist.
- 1: Es werden so lange EDFs akkumuliert, bis eine vorzuwählende Dauer erreicht ist. Die Akkumulationsintervalle sind mindestens einen EDF lang. Sie überschreiten die vorgewählte Dauer um nicht mehr als einen EDF. Bei Datenlücken am Ende eines eines vorgesehenen Akkumulationsintervalls verkürzt sich das Intervall gegenüber seinem Sollwert.
- 2: Es wird solange akkumuliert, bis bei einem vorzuwählenden Koinzidenttyp eine vorzuwählende Ereigniszahl erreicht ist.
- 3: Es wird gemäß Steuerfile RZSTEU akkumuliert. Dieser File besteht aus einer beliebigen Zahl von Zeilen mit je einer ganzen Zahl ISTEU und einer Zeit TSTEU in Tagen des Jahres als Gleitkommazahl. Dabei bewirkt
  - ISTEU < 0: bis T=TSTEU EDFs auslassen,
  - ISTEU = 0: BIS T=TSTEU EDFS akkumulieren,
  - ISTEU > 0: bis T=TSTEU EDFs akkumulieren und RZJ-Block ausgeben.

Bei der Akkumulation prüft das Programm RZJ1 auf Chronologie der EDFs. Abweichungen werden dem Operateur angezeigt, der entscheidet, ob die Verarbeitung dennoch fortgesetzt werden soll.

Als Achsrichtung, bezüglich der die Anisotropiestärke berechnet werden soll, bietet das Programm RZJ1 sechs Möglichkeiten (BA = Magnetfeldazimut):

- 2: BA + 90 Grad,
- 1: BA,
- 0: BA und Iteration,
- 1: Fundamentale der Teilchenwinkelverteilung und Iteration,
- 2: radial von der Sonne ( 0 Grad),
- 3: azimuthal (270 Grad).

Bei den Achsarten 0 und 1 wird mit dem Ziel iteriert, die Achse so zu drehen, daß die Winkelverteilung bezüglich dieser Achse möglichst symmetrisch wird. Dies geschieht für alle zehn sektorisiert gemessenen Koinzidenttypen separat. Die Iteration wird jedoch verworfen, wenn sie um mehr als 45 Grad vom Anfangswert wegführt. Sie wird wegen nicht ausreichender statistischer Grundlage gar nicht erst begonnen, wenn in allen acht Sektoren zusammen weniger als 250 Teilchen vorhanden sind.

Die Iteration ersetzt hier, weil einfacher zu handhaben, die Lösung einer algebraischen Gleichung vierten Grades. Die Bedeutung dieses Symmetrisierungsschrittes liegt in zweierlei:

1. In der Frühphase solarer Flare-Ereignisse kann unvoreingenommen und empfindlich überprüft werden, wie gut die Teilchenintensität symmetrisch zur Feldrichtung liegt. Es hat sich dabei für Flare-Protonen, -Alphateilchen und -Elektronen in den Experiment-6-Energiekanälen erwiesen, daß die so gewonnene Achse typisch nur um wenige Grad von der Feldrichtung abweicht.
2. In Fällen, in denen die Feldrichtung nicht sicher und genau bekannt ist (was in der vorläufigen Aufbereitung durch das GSOC vorkommt), wird durch Achsart 0 bzw. wenn überhaupt keine Magnetfelddaten vorliegen, durch Achsart 1 ersatzweise eine Grundlage für die Berechnung der Anisotropie geschaffen.

Im Programm RZJ1 können verschiedene Betriebszustände des Instruments und Übertragungsbedingungen selektiv behandelt werden.

1. EDFs, in denen Vorzählerüberläufe auftreten (bei hohen Teilchenflüssen und bei niedrigen Telemetriebiteraten zu erwarten) oder in denen die Zeitzuordnung fragwürdig ist oder bei denen die Übertragungsqualität (durch Signal-Rausch-Verhältnis und Bitrate gegeben) eine gewisse Schwelle unterschreitet, können ausgelassen werden.
2. Es werden nur EDFs mit einheitlicher Stellung des Betriebszustandsregisters akkumuliert. Die gewünschte Stellung, falls sie von der Normalstellung abweicht, muß eingegeben werden.
3. Auf Wunsch können EDFs ausgelassen werden, die vom Programm RATTAP beim Trendcheck markiert worden sind.

Weiterhin kann für die Akkumulation der Sektorzählraten wahlweise das sondenfeste oder aber ein mit der Magnetfeldazimutrichtung mitdrehendes Sektorsystem benutzt werden (B-Justierung).

Für die routinemäßige Verarbeitung zu Stundenmittelwerten ist ein fester Satz von Betriebsparametern im Programm RZJ1 vorgesehen, nämlich

- Akkumulation über 60 Minuten,
- EDFs mit Vorzählerüberläufen, fragwürdiger Zeitzuordnung oder schlechter Übertragungsqualität werden mitverwendet,
- das Zustandsregister des Instruments muß in Normalstellung sein,
- es wird das sondenfeste Sektorsystem zur Akkumulation benutzt,
- EDFs mit Trendcheckmarkierung werden ausgelassen,
- die Achsrichtung der Winkelverteilungen wird nach Art 0 bestimmt.

Die routinemäßige Verarbeitung eines jeden RATTAP/RTB-Bandes wird im HELIOS-Datenverarbeitungskatalog vom Programm RZJ1 automatisch notiert.





" " " " " " 2

Kennung für Routineverarbeitung durch RZJ1  
 Art der Achsrichtungsbestimmung von Winkelverteilungen  
 Anzeige, ob RATTAP oder RTB-Band zugrunde liegt  
 Datum des RZJ1-Laufs  
 Datum der Einordnung durch A01

Das Inhaltsverzeichnis wird abgeschlossen durch die Angabe der Gesamtzahl von Blöcken auf dem Band (Abb. 4.1-1).

```

INHALTSVERZEICHNIS VON HELIOS 2 ANIS-BAND 209 VON 26-NOV-81 17:18:01
      ANZ  TYP  ANZAHL  CUI  ZREC  DJST  JTRQ
      1  1  1  1  1  1  1
      2  1  1  1  1  1  1
      3  1  1  1  1  1  1
      4  1  1  1  1  1  1
      5  1  1  1  1  1  1
      6  1  1  1  1  1  1
      7  1  1  1  1  1  1
      8  1  1  1  1  1  1
      9  1  1  1  1  1  1
      10 1  1  1  1  1  1
      11 1  1  1  1  1  1
      12 1  1  1  1  1  1
      13 1  1  1  1  1  1
      14 1  1  1  1  1  1
      15 1  1  1  1  1  1
      16 1  1  1  1  1  1
      17 1  1  1  1  1  1
      18 1  1  1  1  1  1
      19 1  1  1  1  1  1
      20 1  1  1  1  1  1
      21 1  1  1  1  1  1
      22 1  1  1  1  1  1
      23 1  1  1  1  1  1
      24 1  1  1  1  1  1
      25 1  1  1  1  1  1
      26 1  1  1  1  1  1
      27 1  1  1  1  1  1
      28 1  1  1  1  1  1
      29 1  1  1  1  1  1
      30 1  1  1  1  1  1
      31 1  1  1  1  1  1
      32 1  1  1  1  1  1
      33 1  1  1  1  1  1
      34 1  1  1  1  1  1
      35 1  1  1  1  1  1
      36 1  1  1  1  1  1
      37 1  1  1  1  1  1
      38 1  1  1  1  1  1
      39 1  1  1  1  1  1
      40 1  1  1  1  1  1
      41 1  1  1  1  1  1
      42 1  1  1  1  1  1
      43 1  1  1  1  1  1
      44 1  1  1  1  1  1
      45 1  1  1  1  1  1
      46 1  1  1  1  1  1
      47 1  1  1  1  1  1
      48 1  1  1  1  1  1
      49 1  1  1  1  1  1
      50 1  1  1  1  1  1
      51 1  1  1  1  1  1
      52 1  1  1  1  1  1
      53 1  1  1  1  1  1
      54 1  1  1  1  1  1
      55 1  1  1  1  1  1
      56 1  1  1  1  1  1
      57 1  1  1  1  1  1
      58 1  1  1  1  1  1
      59 1  1  1  1  1  1
      60 1  1  1  1  1  1
      61 1  1  1  1  1  1
      62 1  1  1  1  1  1
      63 1  1  1  1  1  1
      64 1  1  1  1  1  1
      65 1  1  1  1  1  1
      66 1  1  1  1  1  1
      67 1  1  1  1  1  1
      68 1  1  1  1  1  1
      69 1  1  1  1  1  1
      70 1  1  1  1  1  1
      71 1  1  1  1  1  1
      72 1  1  1  1  1  1
      73 1  1  1  1  1  1
      74 1  1  1  1  1  1
      75 1  1  1  1  1  1
      76 1  1  1  1  1  1
      77 1  1  1  1  1  1
      78 1  1  1  1  1  1
      79 1  1  1  1  1  1
      80 1  1  1  1  1  1
      81 1  1  1  1  1  1
      82 1  1  1  1  1  1
      83 1  1  1  1  1  1
      84 1  1  1  1  1  1
      85 1  1  1  1  1  1
      86 1  1  1  1  1  1
      87 1  1  1  1  1  1
      88 1  1  1  1  1  1
      89 1  1  1  1  1  1
      90 1  1  1  1  1  1
      91 1  1  1  1  1  1
      92 1  1  1  1  1  1
      93 1  1  1  1  1  1
      94 1  1  1  1  1  1
      95 1  1  1  1  1  1
      96 1  1  1  1  1  1
      97 1  1  1  1  1  1
      98 1  1  1  1  1  1
      99 1  1  1  1  1  1
      100 1  1  1  1  1  1
    
```

Abb. 4.1-1: Beispiel für den Anfang eines Inhaltsverzeichnisses eines RZJ-Bandes, ausgegeben mit dem Programm A01.

In der Betriebsart 'Drucken - Kurzer Ausdruck' werden folgende Daten für einen wählbaren Zeitabschnitt blockweise ausgedruckt:

- Gemeinsame Kennung Wörter 1...16,
- Erzeugungs-, Einordnungsdatum,
- Koinzidenzgruppe 0, für die vier Koinzidenztypen
  - A2, A4, A13, P27:
    - Mittelwerte über alle acht Sektoren,
    - Mittelwert + Fehler,
    - Mittelwert - Fehler,
    - RMS-Anisotropie der Verteilung in der Meßebeine,
    - " + Fehler,
    - " - Fehler,
  - Unsymmetrie der Verteilung in der Meßebeine,
  - Anfangs- und Endzeit dieser Gruppe des Blocks,
  - Magnetfeldstärke, -elevations-, -azimutwinkel.
- Koinzidenzgruppe 1, für die vier Koinzidenztypen
  - P2, P13, E03, E08:
    - Daten entsprechend Koinzidenzgruppe 0.
- Koinzidenzgruppe 2, für die zwei Koinzidenztypen

P51, P4:  
Daten entsprechend Koinzidenzgruppe 0,  
Intensitäten von sieben nichtsektoriert gemessenen Koinzidenttypen A27, E2, P37, E3, A37, A48, die sieben Detektorzählraten D1, D2, D3, D4, D5, DC, DA,  
die Detektor-A-Zählrate sektoriert und subkommuniziert gemessen,  
Rate der Arbeitszyklen des bordseitigen Koinzidenz-erkennungswerkes.

Das Beispiel in Abb. 4.1-2 zeigt das zugehörige Ausdruckformat:

```
151 102 29970 0 70 0 91 15 1 0 0 0 60 1 0 0 29-OCT-81 30-OCT-81
5.3726331 0.939376 0.7132854 0.9734961 1.000000 0.9223333 -36.25002 0.4281176E-06
0.9734961 1.739380 0.718026 0.9734961 0.9734961 0.9734961 -36.25002 0.4281176E-07
0.0000000 0.0000000 0.0000000E-01 0.0000000 0.0000000 0.0000000 -36.25002 0.4281176E-06
220.6150 220.6475 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900
4714.405 4887.897 4540.913 0.1092035 0.1618415 0.5626558E-01 11.25000 0.0000000
0.5626558 1.093819 0.784640E-01 0.4732960 0.1000000 0.0233333 16.75000 0.4281176E-07
1.472.063 1.651.584 1.292.243 0.3688336 0.5312756 0.2047607 78.75001 0.4281176E-07
224.2414 266.7264 0.17565 0.3658193 0.5663269 0.6371161E-01 71.25000 0.0000000
220.6152 220.6477 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900
3206.021 5329.000 3008.635 0.0704490E-01 0.1267406 0.4814916E-01 56.25000 0.5125025
34.02200 407.7000 48.08137 0.5880972 0.7584674 0.1185271 11.25000 0.0000000
0.0000000 134.1156 1.97132 1.62637 1.48624 0.418430 0.4281176E-07 0.4281176E-07
4.980851 31.65238 0.022005 1.0846 0.48624 218.0655 0.4281176E-07 1107.301
220.6154 220.6479 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900 -9999.900
```

Abb. 4.1-2: Beispiel für den kurzen Ausdruck eines RZJ-Datenblockes, erstellt mit dem Programm A01.

Bei 'Drucken - Langer Ausdruck' werden die RZJ-Datenblöcke (siehe Programm RZJ1) vollständig ausgedruckt, wobei der Zeitabschnitt ebenfalls wählbar ist. Ein Beispiel ist in Abb. 4.1-3 wiedergegeben.

In der Betriebsart 'Ordnen' werden die Blöcke eines RZJ-Eingabebandes nach den Zeiten der Gruppe 0 chronologisch geordnet auf ein RZJ-Ausgabeband geschrieben. Hierbei werden Überlappungen aufeinanderfolgender Blöcke ausgeschlossen, wenn sie mehr als 10 Prozent der Sammelzeit betragen. Falls die Bandnummer noch nicht bestimmt ist und deshalb auf Null oder auf einem vorläufigen negativen Wert steht, kann sie bei dieser Gelegenheit neu gesetzt werden. Vom Ausgabeband wird abschließend ein Inhaltsverzeichnis in der oben beschriebenen Weise ausgedruckt.

In der Betriebsart 'Mischen' werden die Blöcke zweier RZJ-Eingabebänder auf einem Ausgabeband chronologisch zusammengefügt. Bei Überlappung um mehr als 10 Prozent der Sammelzeit überschreibt ein Block des zweiten einen Block des ersten Eingabebandes. Vom Mischergebnis wird ebenfalls ein Inhaltsverzeichnis ausgedruckt.

Die routinemäßig von RZJ1 erzeugten Stundenmittelwerte werden durch A01 zu Jahresdrittelbändern zusammengestellt. Hiervon existieren auf dem Stand vom Oktober 1981 für HELIOS 1

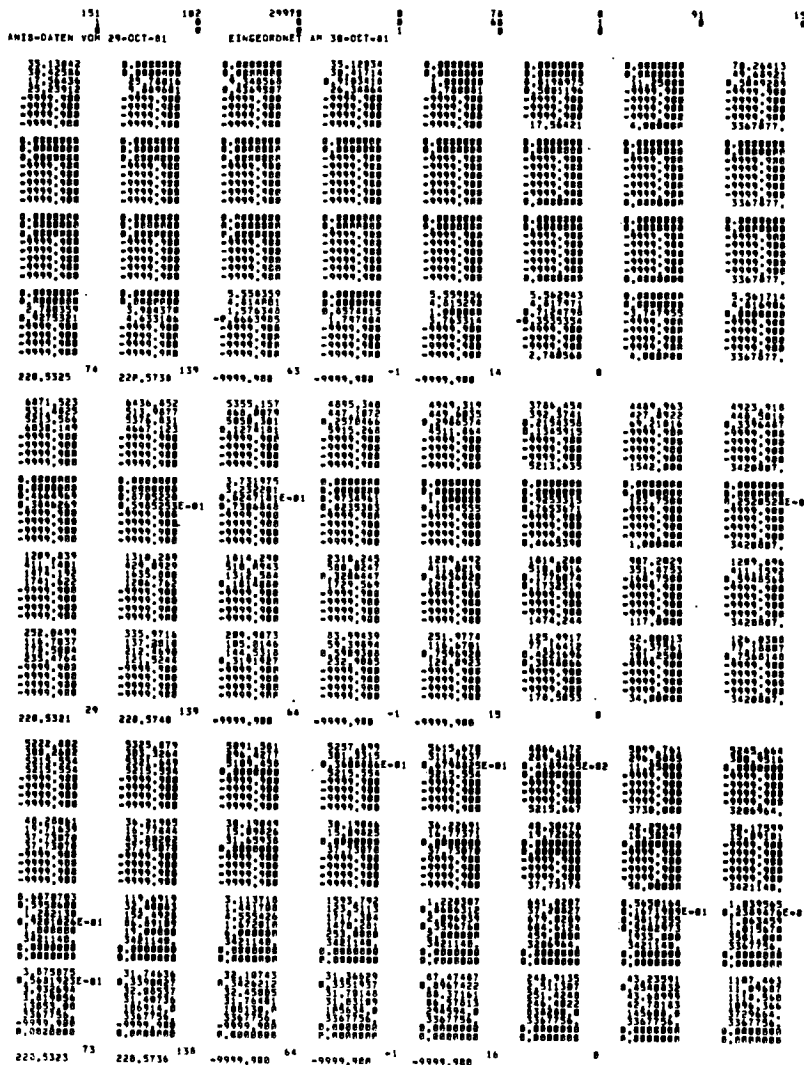


Abb. 4.1-3: Beispiel für den langen Ausdruck eines RZJ-Datenblockes, erstellt mit dem Programm A01.

20 Bänder, die die Zeit vom Start im Dezember 1974 bis Anfang 1980 bis auf etwa 10 Prozent Datenempfangslücken überdecken. Für HELIOS 2, dessen Betrieb am 9. März 1980 endete, ist der gesamte Flug vom Start im Januar 1976 an mit ähnlicher Vollständigkeit auf 13 Stundenmittelwertbändern aufgezeichnet.

#### 4.1.5 Programm ANK1

Die Teilcheninformationen auf den RZJ-Bändern können mit dem Programm ANK1 modifiziert werden. ANK1 stellt dazu aus einem gegebenen ein neues RZJ-Band her, wobei die Art der Modifikation im 16-bit-Wort 32 des Bandkopfes sowie im 16-bit-Wort 17 der gemeinsamen Kennung jedes Datenblocks des dabei ausgegebenen Bandes angezeigt wird. Folgende Veränderungen können dabei vorgenommen werden:

1. Ein gewisses Übersprechen von Protonen in Elektronenkanäle und von Elektronen in Protonenkanäle,

- dessen Stärke sich aus den mehrdimensionalen Impulshöhenverteilungen erkennen läßt und das ausdrückbar ist durch eine Übersprechmatrix, kann durch Anwendung der inversen Operation näherungsweise behoben werden.
2. In allen Koinzidenzkanälen kann ein konstanter Untergrund abgezogen werden. Bei den sektorisiert gemessenen Intensitäten wird er isotrop, also in allen acht Sektoren gleich hoch angenommen. Dies dient dazu, den immer vorhandenen Anteil galaktischer kosmischer Strahlung bei der Untersuchung solarer Teilchenintensitäten zu beseitigen.
  3. Für den Fall, daß zu Beginn eines solaren Teilchenereignisses ein vorangehendes noch nicht ganz abgeklungen ist, kann - ebenfalls isotrop - in allen Kanälen dessen Intensität abgezogen werden, wobei sie näherungsweise als exponentiell abklingend angenommen wird.
  4. Die mit den Winkelverteilungen zusammenhängenden Größen werden aus den u.U. schon korrigierten Sektorintensitäten durch ANK1 neu berechnet. Bei dieser Gelegenheit kann die Art der Achsbestimmung neu gewählt werden (siehe RZJ1).
  5. Bei allen diesen Operationen kann man sich auf einen gewünschten Ausschnitt des Eingabe-RZJ-Bandes beschränken.

#### 4.1.6 Programm AN45

Das Programm AN45 kann beliebige Daten aus den RZJ-Bändern über der Zeit zeichnen. Die RZJ-Datenblöcke enthalten in drei Gruppen die Teilchenintensitäten aus den drei verschiedenen Experiment-Datenrahmen. Zu jeder Gruppe gehört ein eigenes Zeitintervall, das sich von denen der beiden anderen Gruppen unterscheidet. AN45 kann in einem Lauf beliebige Kombinationen von Daten aus einer Gruppe zeichnen, jedoch müssen Daten aus verschiedenen Gruppen in getrennten Läufen gezeichnet werden.

Die Parameter für den Lauf von AN45 werden durch die beiden Plattenfiles

BAMA.ANI

und

PAM

vermittelt.

BAMA.ANI besteht aus einer einzigen Zeile mit dem Aufbau

M,xxf,N1,N2,N3

Darin ist

M (Format I): Nummer des Eingabebandgeräts.  
xx (Format A2): Ausgabegerät (PL, PN, VL oder MT). Bei MT wird die Nummer anschließend über TI: abgefragt.  
f (Format F): Zeichenfaktor  $\leq 1$ . Bei  $f = 1.0$  ist die Bildrahmenbreite 240 mm.  
N1 (Format I): 0, wenn nur ein einziges Zeitintervall gezeichnet werden soll, 1, wenn alle aufeinanderfolgenden Zeitintervalle bis zum Ende des Eingabebandes gezeichnet werden sollen.  
N2 (Format I): erster Tag des Jahres auf der (ersten) Zeichnung, (N2 = 1 ... 366)

Die Zeichnungen beginnen immer mit Tagesanfang 0 Uhr und enden mit 24 Uhr. Das Jahr der Messung wird nicht durch BAMA.ANI sondern durch die Wahl des RZJ-Bandes bestimmt. BAMA.ANI kann mit Hilfe der Texteditorprogramme modifiziert werden.

Der Plattenfile PAM hat mindestens zwei Zeilen. Sein Format ist

ABildunterschrift h  
J,K,L y-Achsentext I1,I2,a,b  
(nach Bedarf weitere Zeilen wie Zeile 2)  
(nach Bedarf weitere Zeilen wie Zeile 1 gefolgt von Zeilen wie Zeile 2)

Darin ist

A (Format A1) entweder der Buchstabe N oder B als Kennung für den Beginn der Parameter für ein neues DIN-A4-Bild (bei Zeichenfaktor 1.0). Jedes Bild besteht aus so vielen unmittelbar übereinander gezeichneten Teilbildern, wie Zeilen vom Typ Zeile 2 folgen. Die Höhe des Bildrahmens wird gleichmäßig auf die Teilbilder verteilt. N liefert als Rahmenbeschriftung oben rechts "UNIVERSITAET KIEL", während B "TU BRAUNSCHWEIG" liefert.  
Bildunterschrift beliebiger Text, beginnend mit Zeichen 2 dieser Zeile, maximal 40 Zeichen lang.  
J (Format I) Datengruppennummer 0, 1 oder 2.  
K (Format I) Untergruppennummer 0, 1, 3 oder 3.  
L entweder in der Form 1 (Format I) oder in der Form (11,12,13) (Format A1,3I) L gibt innerhalb einer Untergruppe die Position der zu zeichnenden Daten an. In der ersten Form wird ein einziger

Wert pro Zeitpunkt gezeichnet. Im zweiten Fall wird (bei korrekter Wahl von I1,I2,I3) das Tripel y-dy, y, y+dy gezeichnet, wobei y ein Meßwert ist, der mit unter und oberer Fehlergrenze im RZJ-Datenblock verzeichnet ist. Bei I1 = 0 entstehen drei benachbarte Diagramme, bei I1 = 1 wird der Wert y mit Fehlerbalken und ohne Verbindungsstrich zum vorangehenden Wert gezeichnet. Beliebiger Text, beginnend mit Zeichen 21 dieser Zeile, maximal 20 Zeichen lang.

y-Achsentext

I1 (Format I) 0: Histogramm mit senkrechten Verbindungslinien,  
1: Histogramm ohne senkrechte Verbindungslinien, speziell vorgesehen für Zeichnungen mit Fehlerbalken.  
I1 darf erst mit Zeichen 41 der Zeile beginnen.

I2 (Format I) 0: log. Darstellung der y-Werte,  
1: lin. " " " "

a (Format F) y-Anfangswert (bei log. Darstellung Teilbildhöhe/8 über dem unteren Rand, bei lin. Darstellung auf unteren Rand gelegen).

b (Format F) bei log. Darstellung Zahl der Dekaden zwischen Anfangswert und Wert am oberen Teilbildrand (größere Werte überschreiten ihn unbegrenzt),  
bei lin. Darstellung Wert am oberen Teilbildrand (größere Werte werden hierauf begrenzt).

Der File PAM kann per Texteditor erstellt und modifiziert werden oder mit PIP aus vorgefertigten Files zusammengestellt werden. Das Programm AN45 löscht den File PAM nach Benutzung. In den folgenden Abbildungen 4.1-4 a und b sind zwei Diagrammbeispiele gegeben, das mit dem File BAMA.ANI

2,PNO.5,0,1,120 bzw. 2,PNO.5,0,44,4

und dem File PAM

NPROTONS	12.8 - 27.1 MEV	16.
1,1,49,	ANISOTROPY	0,1,-2.,2.
1,1,17,	INTENSITY	0,0,2.0,3.5

gezeichnet worden ist.

Für routinemäßige Anwendung wird der Betrieb von AN45 durch indirekte Befehlsfiles erleichtert, für die hier ein Beispiel

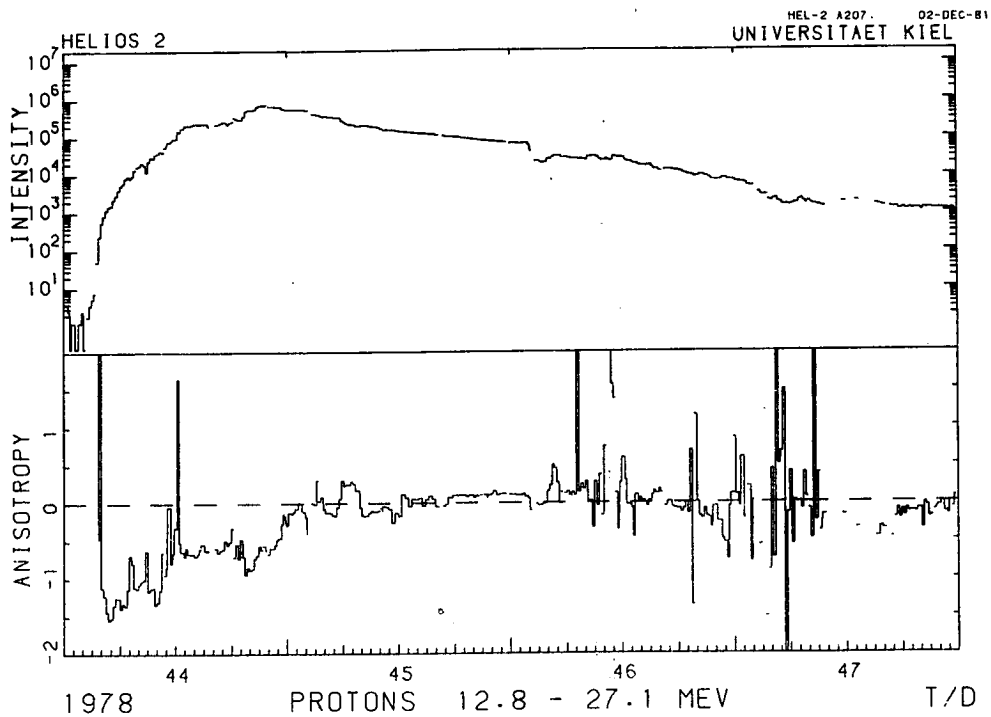
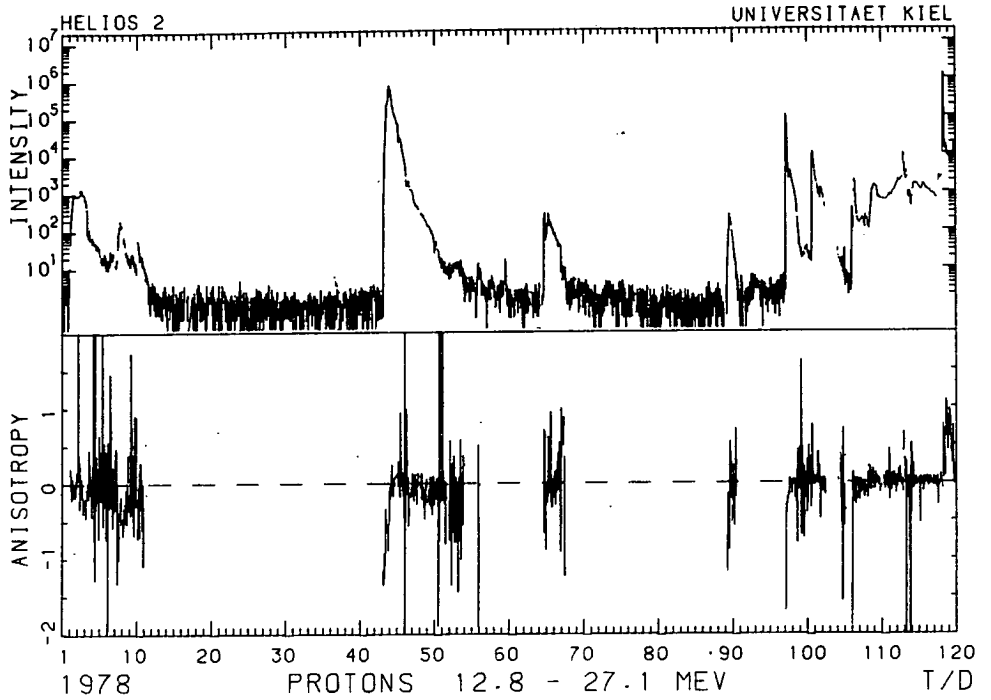


Abb. 4.1-4: Beispiele für die Darstellung von Teilchenintensitäten und -anisotropien durch Programm AN45:

- (a) Stundenmittel über 120 Tagen (routinemäßig),
- (b) 15-Minuten-Mittelwerte über vier Tagen. Das Anisotropievorzeichen hängt davon ab, ob das Magnetfeld zur Sonne hin oder von der Sonne weg weist. Eine negative Anisotropie bedeutet hier eine Teilchenströmung von der Sonne.

angegeben ist.

```
PIP XX1.*;*/NM,YY1.*;*,PARAPL.*;*,PAM.*;*/DE
PIP PAM.=WA.00,WA.01
.WAIT PIP
RUN AN45
.WAIT AN45
PIP PAM.=WA.10,WA.11,WA.12,WA.13
.WAIT PIP
RUN AN45
.WAIT AN45
PIP PAM.=WA.21,WA.236,PB.
.WAIT PIP
RUN AN45
```

Dieser Befehlsfile löscht zunächst vorsorglich alle Zwischenfiles, die bei Programmabbrüchen zurückgeblieben sein könnten, setzt den PAM-File (gruppenweise) aus vorgefertigten Files (WA.00 usw.) zusammen und läßt AN45 laufen. Dies wiederholt sich für die beiden weiteren Datengruppen. Nach Fertigstellung von BAMA.ANI in der gewünschten Form kann ein zusammengesetzter Lauf gemäß diesem File durch

@ A20

befohlen werden.

#### 4.1.7 Programme SPOV und AP

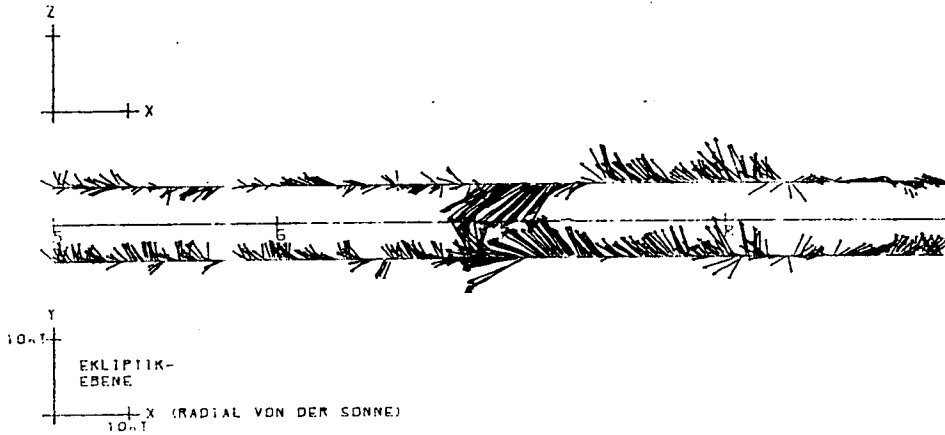
Die in der Meßebeine gemittelten sowie die nichtsektorisierten Daten (nicht jedoch die Sektordaten) in den RZJ-Blöcken können mit Hilfe des Programmes SPOV über beliebig größere Zeitintervalle als durch die RZJ-Blöcke vorgegeben gemittelt werden. SPOV verwendet die RZJ-Akkumulationszeiten dabei als Gewichte für die Mittelwertbildung. Es erzeugt einen Zwischenfile namens PDA.BIN auf Magnetplatte, der dann vom Programm GRAF (siehe Programm GRAF) für die Zeichnung von Zeitprofilen verwenden werden kann.

Das Programm AP ist eine modifizierte Version von SPOV. Für jedes Summationsintervall wird das Verhältnis der Alphateilchen- zur Protonenintensität für Kanäle mit gleicher Energie pro Nukleon berechnet und zusätzlich im File PDA.BIN abgelegt.

#### 4.1.8 Programm BVK1

Das Programm BVK1 zeichnet ausgehend von einem RZJ-Band die in der Gruppe 0 stehenden Magnetfelddaten des Braunschweiger HELIOS-Experiments 2 blockweise über der Zeit als Vektoren in Seitenansicht und Grundriß über der Ekliptikebene. Die Abbildung 4.1-5 gibt hierfür ein Beispiel.

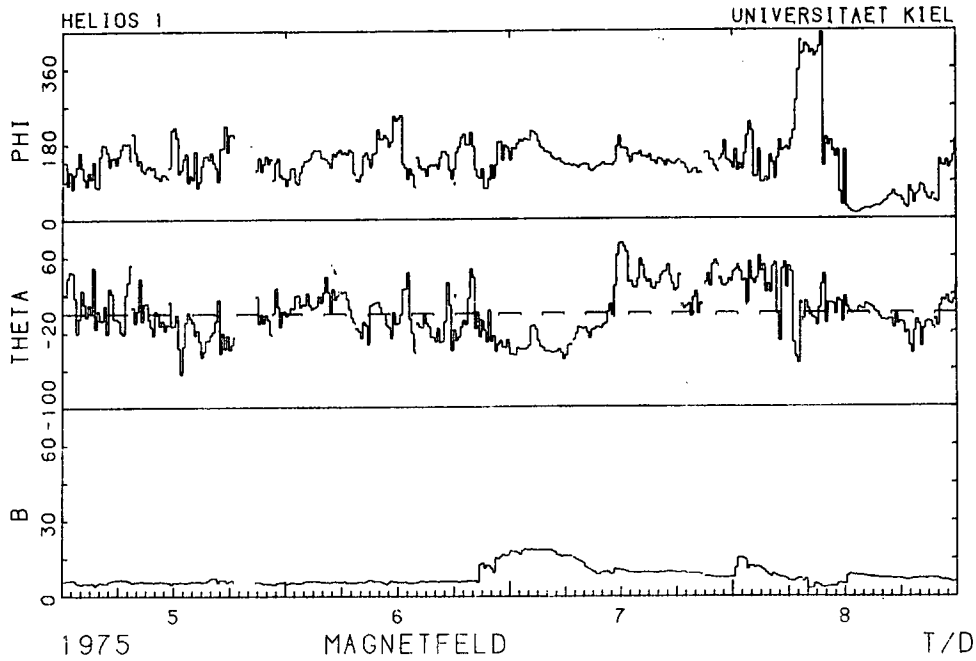




1975

HELIOS 1 TUBS MAGNETFELDVEKTOREN

A302 11-NOV-81



HEL-1 A302. 03-DEC-81

Abb. 4.1-5: Ein Beispiel für die Darstellung der HELIOS-Experiment-2-Magnetfelddaten als Vektorfolge im Grundriß und im Seitenriß. Darunter zum Vergleich dieselben Daten durch AN45 in Polarkoordinaten über derselben Zeitachse gezeichnet.

## 4.2 Winkelverteilungen

### 4.2.1 Programm PWD1

Mit Hilfe des Programms PWD1 können aus den RZJ-Bändern für eine beliebige Auswahl von Koinzidenttypen mit sektorisierter Messung die folgenden Daten entnommen und für die Programme AH1 und AM1 auf einer unformatierten Plattendatei PWV.BIN zwischengespeichert werden:

Koinzidenzgruppe (0 ... 2),  
Koinzidenttyp (0 ... 3),  
Jahr der Messung - 1900,  
Anfang eines Intervalls in dezimalen Tagen des Jahres,  
Ende " " " " " " " " " " ,  
8 Sektorintensitäten in Teilchen/(m\*\*2 s sr MeV),  
deren Fehler " " " " " " " " " " ,  
Betrag des Magnetfeldelevationswinkels in Grad,  
Magnetfeldazimutwinkel in Grad,  
Gesamtzahl der Teilchen in acht Sektoren,  
Nummer des RZJ-Bandes,  
Anzeige dafür, ob bei der Mittelung über mehrere EDRs  
ein festes oder ein mit dem Magnetfeldazimut  
mitrotierendes Sektorsystem zugrundegelegt  
worden ist,  
HELIOS-Flugnummer (1 oder 2),  
Anzahl der EDFs, über die gemittelt worden ist.

Als Parameter ist einzugeben, wie hoch die Gesamtzahl von Teilchen in allen acht Sektoren pro Meßintervall sein soll. Intervalle mit weniger Teilchen werden dann ausgelassen.

Als Hilfsprogramme gehören zum Programm PWD1 die Programme

PWA1 Auslisten der Datei PWV.BIN,  
PWM1 manuelle Eingabe einer Datei PWV.BIN,  
PWS1 Erzeugung einer Datei PWV.BIN mit simulierten  
Werten, die bestimmten engen Pitchwinkel-  
verteilungen entsprechen.

### 4.2.2 Programm AH1

Das Programm AH1 zeichnet für jede Eintragung in dem File PWV.BIN (siehe vorangehenden Abschnitt) als Polardiagramm jede gewünschte Kombination der folgenden Möglichkeiten:

1. ein Histogramm der acht Sektorintensitäten,
2. eine stetige Verteilung in der Meßebe, ausgedrückt durch eine Fourier-Reihe bis zur vierten Harmonischen, derart daß jeder Sektorwert Mittelwert dieser Funktion über den Sektor ist,

3. eine solche Verteilung, jedoch bezüglich der Achse der Intensitätsverteilung symmetrisiert (nur Kosinusglieder, Sinusglieder unterdrückt),
4. einen Längsschnitt durch eine rotationssymmetrische Pitchwinkelverteilung, derart daß die symmetrisierte Verteilung 3 vom vom Experiment-6-Detektorsystem in seiner Meßebeine gesehen würde. Wird ausschließlich Verteilung 4 gezeichnet, wird sie durch je eine Kurve für die untere und die obere Ein-Sigma-Toleranz ergänzt. Außerdem kann in diesem Fall auf Wunsch das Kurventripel zusätzlich in rechtwinkligen Koordinaten über dem Kosinus des Pitchwinkels dargestellt werden.

Beispiele hierfür sind in Abb. 4.2-1 dargestellt.

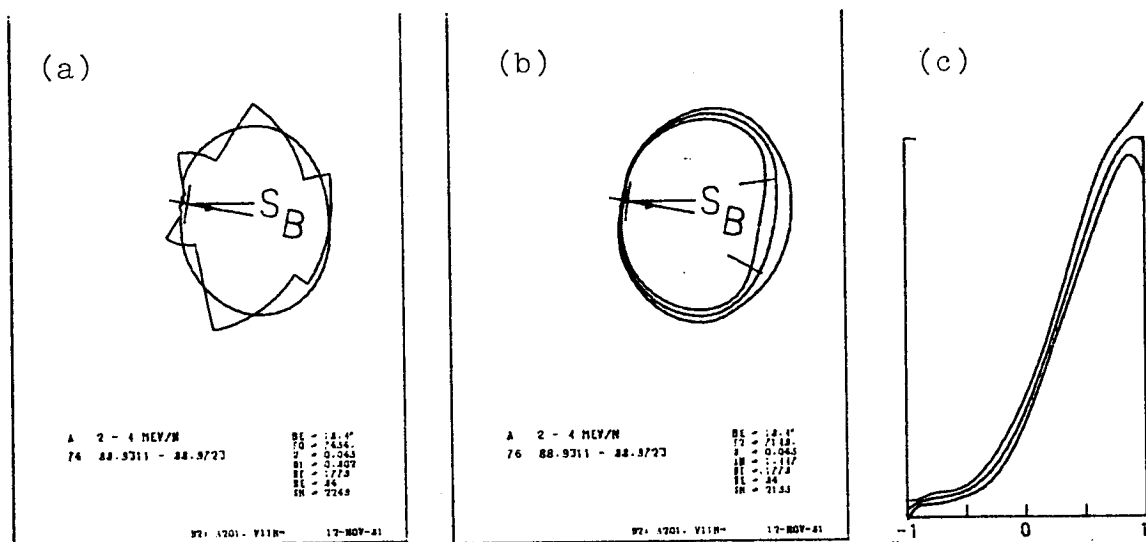


Abb. 4.2-1: Winkelverteilungen der Teilchenintensität, gezeichnet mit dem Programm AH1:

- (a) Histogramm von acht Sektorintensitäten und Verteilung in der Meßebeine bis zur vierten Harmonischen als Polardiagramm,
- (b) Pitchwinkelverteilung mit Ein-Sigma-Toleranzen als Polardiagramm,
- (c) Pitchwinkelverteilung mit Ein-Sigma-Toleranzen in rechtwinkligen Koordinaten über dem Kosinus des Pitchwinkels.

Die Magnetfeldrichtung ist durch B, die Richtung zur Sonne durch S bezeichnet. Die kurzen radialen Striche bei der Pitchwinkelverteilung zeigen, bis wie nahe an 0 bzw. 180 Grad zur Feldrichtung heran das in der Ekliptikebene rotierende Detektorteleskop geblickt hat. Man erkennt, daß sich die statistischen Zählratenfehler in dem nicht direkt gemessenen Pitchwinkelbereich um die Feldrichtung herum stärker auswirken als in den übrigen Bereichen.

Jede Zeichnung wird annotiert durch

den Koinzidenttyp,  
 das Jahr der Messung,  
 das Zeitintervall in Tagen des Jahres (dezimal),  
 den betragswise gemittelten Elevationswinkel des  
 Magnetfeldes,  
 den eindimensional gebildeten Mittelwert der  
 Intensität  $F_0$ , falls keine Pitchwinkelverteilung  
 gezeichnet wird,  
 im anderen Fall den zweidimensional gebildeten  
 Mittelwert der Pitchwinkelverteilung  $F_2$ ,  
 die Unsymmetrie der Verteilung  $F_0$  in der Meßebe-  
 ne bezüglich der benutzten Achsrichtung, die durch  
 einen kurzen Pfeil im Polardiagramm gekennzeichnet  
 ist,  
 das Anisotropiemaß  $Q_1$  (siehe Programm RZJ1), falls  
 keine Pitchwinkelverteilung gezeichnet wird,  
 im anderen Fall die Anisotropie  $G_1/G_0$  der  
 Pitchwinkelverteilung (siehe Programm RZJ1),  
 die Zahl NT der beteiligten Teilchen,  
 die Zahl NE der beteiligten Experiment-Datenrahmen,  
 den Skalenfaktor in  
 Teilchen/(m\*\*2 sec sr MeV) pro 4 cm.

Diese Angaben sowie alle Fourier- und Legendre-Koeffizienten können auf Wunsch zu jedem Bild über einen Zeilendrucker ausgegeben werden. Ein Beispiel ist in Abb. 4.2-2 gegeben.

```

TYP (0,0) VON 1976 88,9311 818 88,9783, KOR = 1, PSI =19,0
SEKTORMESSWERTE ** FENLER, 8-ELEVATION UND -AZIMUTH
14346,4592 0140,2661 1052,6863 684,9185 1121,2189 4976,0522 13513,3203 17481,2754 10,4 349,3
872,2103 569,9923 231,4873 174,8923 238,9248 588,3521 987,9288 965,7869

VERTEILUNG IN DER MESSSEBENE
7655,3239 8669,2734 -3588,8042 1151,2991 -1582,6201 -931,9678 545,7876 -25,5673 554,3267
224,9164 337,7678 314,6324 353,2979 353,2980 378,9748 419,7232 16,2952 383,2979
RMS-ANISOTROPIE = 0,783 ** 0,814 AUB =10,6 GRAD

VERTEILUNG IN DER MESSSEBENE UM (-10,6 = 11,25) GRAD GEOREHT:
7655,3239 9352,9811 0,0000 1925,6318 0,0000 -882,9243 -622,8388 -554,9163 0,0000
224,9164 345,1648 306,4983 348,8114 361,5653 429,1949 388,5529 352,9243 16,2595
RMS-UNSYMMETRIE = 0,865
RMS-ANISOTROPIE = 0,782 ** 0,814 (SYMMETRISIERT)
(V1-R1)/(V1+R1) = (R/P1)*(A11-A13/3)/A10 = 0,882
(V-R)/(V+R) = (A11/1,5-A13/2,5)/(A10-A14/3) = 0,848 (FORM WIE IN PHW)
LIN ANISOTR, 1 = (A11-0,6*A13)/(A10-A12/3-A14/15) = 1,402 (FORM WIE IN PHW)

PITCHWINKELVERTEILUNG:
FOURIER-KOEFFIZIENTEN A2
7731,8749 9454,1455 1918,9727 -1146,6797 -815,9560
268,1351 421,5882 489,4858 557,4878 518,9452
RMS-ANISOTROPIE = 0,789 ** 0,888
(V2-R2)/(V2+R2) = (A21/1,5-A23/2,5)/(A20-A24/3) = 0,861
LEGENDRE-KOEFFIZIENTEN G
7148,8612 10342,1533 3169,6468 -1834,6865 -1492,8371
226,9687 391,7918 529,6723 891,8525 948,9284
ANISOTROPIE ERSTER BIS VIERTER DRONUNG
X1 = 1,447 X2 = 0,443 X3 =-0,257 X4 =-0,289

SKAL.-FAKTOR = 2269,368
    
```

Abb. 4.2-2: Ergänzende Angaben zu Winkelverteilungszeichnungen mit dem Programm AH1, per Zeilendrucker ausgegeben.

### 4.2.3 Programm AM1

Das Programm AM1 ist dem Programm AH1 ähnlich. Es zeichnet jedoch ausschließlich Pitchwinkelverteilungen, und zwar in rechtwinkligen Koordinaten über dem Kosinus des Pitchwinkels. Es setzt perspektivisch gezeichnet mehrere solcher zweidimensionalen Diagramme über der Zeit als dritter Dimension hintereinander. Die Abbildung 4.2-3 gibt ein Beispiel davon.

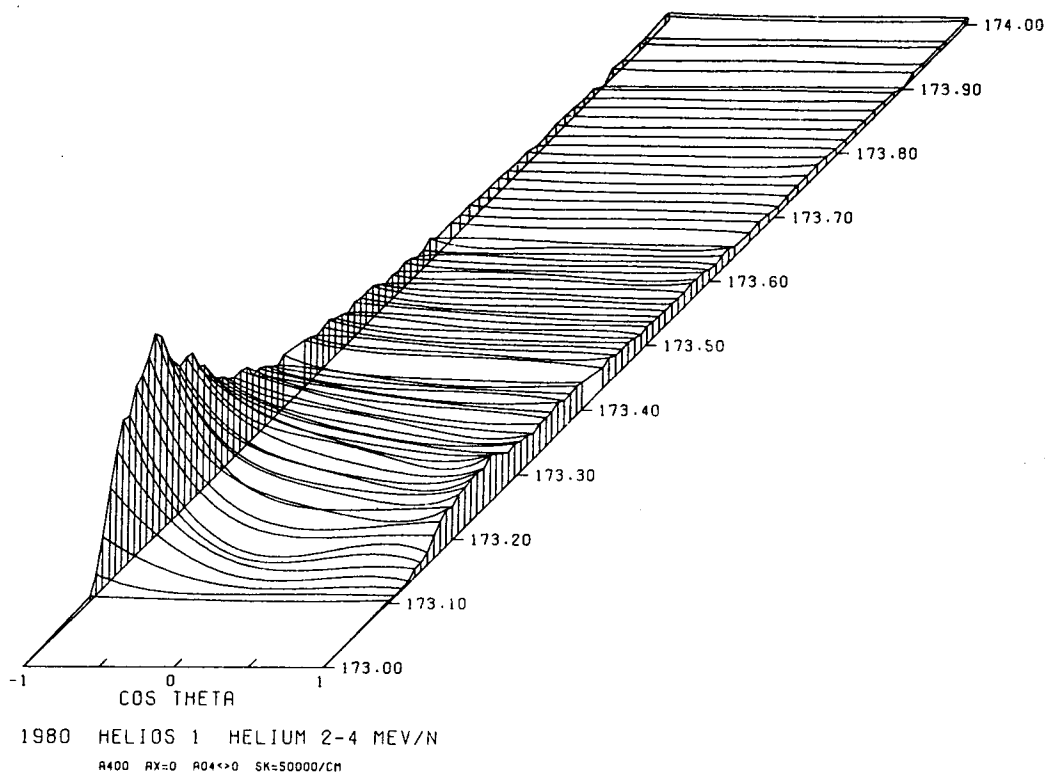


Abb. 4.2-3: Ein Beispiel für eine Folge von Teilchen-Pitchwinkelverteilungen im Abstand von 15 Minuten, perspektivisch gezeichnet durch das Programm AM1.

### 4.3 Mehrdimensionale Detektorimpulshöhenanalyse

Die Analyse der in den Detektoren erzeugten Ladungs- und Lichtimpulse mittels  $dE/dx$ - $dE/dx$ -Methode (doppelte Energieverlustmessung) und  $dE/dx$ -E-Methode (Energieverlust über Restenergie-Messung) erlaubt eine Bestimmung der Energiespektren der solaren und galaktischen kosmischen Strahlung mit hoher Energieauflösung sowie eine Trennung nach Elementen bis zur Kernladungszahl 8 und nach Isotopen für Wasserstoff und Helium. Nach vorbereitenden Arbeiten an numerischen Modellen (Vollmers, 1972) wurden die Energiespektren für steckenbleibende Teilchen im Energiebereich 4 bis 50 MeV (Vielle, 1977) und für durchgehende Teilchen im Energiebereich größer 51 MeV (Jepsen, 1978) sowohl für ruhige Zeiten als auch für ausgewählte solare

Flare-Ereignisse bestimmt. Bei den seltenen Helium-3-reichen Ereignissen wurden die Isotopenverhältnisse von Wasserstoff und Helium ermittelt (Hempe, 1979; Hempe et al., 1979). Die für diese Arbeiten benutzten Programme werden in den folgenden Unterabschnitten beschrieben.

#### 4.3.1 Programm IMPTAP

IMPTAP liest das CLEAN-Band und erstellt ein Impulshöhenwörter-Band (PHA-Band), dessen Spezifikation im Anhang G angegeben ist. Nach jedem 16. Experiment-Daten-Überrahmen (EDMF) schaltet der instrumentinterne Impulshöhenanalysator für die Dauer eines EDMF auf Eich-Mode um, d.h. bei durchgehenden Teilchen (Typ 0 der Koinzidenzerkennung) werden nicht die drei zuletzt durchdrungenen Detektoren 4, 5, C impulshöhenanalysiert, sondern die Detektoren 2, 3, 4. Da aber der Überrahmenzähler nicht in jedem EDF, sondern nur einmal pro EDMF übertragen wird, setzt IMPTAP eine Warnflagge, wenn aufgrund einer Datenlücke der aktuelle Wert des Überrahmenzählers nicht eindeutig ermittelt werden kann.

Außerdem werden folgende Funktionen erfüllt:

1. Einfügen eines Housekeeping-Blockes mit einer maximalen Zeitauflösung von 3 Stunden.
2. Einfügen eines Orbit/Attitude-Blockes mit einer maximalen Zeitauflösung von 3 Stunden.
3. Berechnung der E2-Magnetfelddaten in Winkelkoordinaten.

#### 4.3.2 Programm PHALPT

PHALPT liest vom CLEAN-Band Impulshöhenwörter mit vorgegebenem Koinzidentzyp für eine vorgegebene Zeitperiode und listet sie auf dem Zeilendrucker mit folgenden Zusatzinformationen:

Zeitpunkt des Teilcheneinfalls  
Achtelsektor der Richtungsverteilung  
Magnetfeldvektor  
Massenzahl A des Teilchens

#### 4.3.3 Programme PHALES und PHARED

PHALES liest eines oder mehrere PHA-Bänder und erstellt ein PHALES-Band, dessen Spezifikation im Anhang H angegeben ist. PHALES erlaubt die Akkumulation von Impulshöhenwörtern für beliebig viele Zeitperioden getrennt für durchgehende Teilchen (Koinzidentzyp 0) und für im Detektorteleskop steckenbleibende Teilchen (Koinzidentzyp 1-6).

PHARED liest ein mit PHALES oder PHARED erzeugtes Band und

erstellt ein PHARED-Band, das der PHALES-Spezifikation genügt. Die auf den Magnetbändern erzeugten Datenfiles enthalten Impulshöhenwörter, die den in Maskenfiles festgelegten Maskenbedingungen genügen. Für Impulshöhenwörter, die aufgrund ihres Koinzidenttypes nur 2 gemessene Impulshöhen enthalten, werden auf diese Weise auf den Ortskurven liegende Ereignisse vom Untergrund getrennt und in feiner aufgelöste Energiebereiche sortiert. Für Impulshöhenwörter mit 3 gemessenen Impulshöhen wird bei zweifachem Durchlauf durch PHARED die doppelte Energieverlustmessung (dE/dx) ausgenutzt zur besseren Korrektur des Untergrundes. PHARED führt für jeden Koinzidenttyp getrennt eine Statistik über Gesamtzahl der Impulshöhenwörter, Anzahl der Impulshöhenwörter, die die Maskenbedingungen erfüllen, und Korrekturfaktor.

Format des Maskenfiles:

```
Typ, Detektor in X-Richtung, Detektor in Y-Richtung
unt. Kanal Y, ob. Kanal Y, unt. Kanal X, ob. Kanal X
:
:
unt. Kanal Y, ob. Kanal Y, unt. Kanal X, ob. Kanal X
```

Die Kanalangaben in jeder Zeile setzen eine rechteckige Maske auf. Da i.A. eine Maske aus mehreren rechteckigen Stücken zusammengesetzt ist, sind entsprechend viele Zeilen mit Angaben über unteren und oberen Kanal nötig.

Beispiel für einen Maskenfile:

```
0, 6, 5
20, 60, 10, 15
15, 50, 16, 20
```

d.h. es wird eine Maske erzeugt für Typ 0-Ereignisse mit Detektor 6 in X-Richtung und Detektor 5 in Y-Richtung. Die Maske besteht aus 2 Rechtecken.

#### 4.3.4 Programme PHHOUR und PHMANA

Das Programm PHHOUR ist eine modifizierte Version des Programms PHALES. Als Eingabe wird das PHA-Band benötigt, die Ausgabe erfolgt auf zwei Magnetbändern. Die PHA-Science-Daten für die Ereignistypen 1 bis 6 werden für jeweils eine Stunde gesammelt und in einem Block auf das Magnetband 1 geschrieben. Durch die Vergrößerung der Zeitauflösung auf eine Stunde und das Weglassen der Typ-0-Ereignisse läßt sich der Speicherplatzbedarf auf Magnetband um etwa einen Faktor 25 reduzieren. Dieses PHA-Stundenband erfüllt die Spezifikation des PHALES-Bandes. Es kann mit PHARED und PHADRU weiterverarbeitet werden. Insbesondere dient es als Eingabe für das Programm PHMANA, das aus den Impulshöhenwörtern eine Nuklidbestimmung für jedes Ereignis durchführt und die Verhältnisse der Massenhäufigkeiten für Protonen, Helium 3 und Helium 4 bildet und in einen File auf

Magnetplatte schreibt.

Die ebenfalls auf dem PHA-Band vorhandenen Housekeeping-Blöcke werden mit einer Zeitauflösung von 24 Stunden auf das Magnetband 2 geschrieben.

#### 4.3.5 Programm PHADRU

PHADRU liest ein PHALES- oder PHARED-Band und erzeugt auf dem Zeilendrucker zweidimensionale Matrizen zur Darstellung der Impulshöhenwörter. Mit Hilfe eines Satzes von 15 Parametern wird das Druckformat gewählt sowie welcher Impulshöhentyp und welche Detektorkombination aufgetragen werden sollen. Sie haben folgende Bedeutung:

Parameter	Bedeutung
1	Anzahl der zusammengefaßten Kanäle für Y-Achse (1-255)
2	Anzahl der zusammengefaßten Kanäle für X-Achse (1-255)
3	Stellenzahl pro Matrixelement (1-5)
4	Untere Kanalzahl Y-Achse (0-255)
5	Obere Kanalzahl Y-Achse "
6	Untere Kanalzahl X-Achse "
7	Obere Kanalzahl X-Achse "
8	IHW1 wird aufgetragen auf Achse (X,Y,0)
9	IHW2 "
10	IHW3 "
11	Auswahl eines Richtungssektors (0-7: Sektor, 8: alle Sektoren)
12	Nur oberer Bereich für IHW Typ 0 (0 = nein, 1 = ja)
13	Impulshöhentyp (0-6)
14	Nur IHW-Typ 0 im Eichmode (0 = nein, 1 = ja)
15	Gitternetzraster (0 = nein, 1-N = jede N-te Zeile)

#### 4.3.6 Programm ENVE

Das Programm ENVE erlaubt die Berechnung der Energieverluste geladener Teilchen in den Detektoren des HELIOS-Experiment-6 für beliebige Primärenergien. Es ist eine modifizierte Version des Programms RNGENG von Kinsey (1970) und verwendet die Algorithmen von Barkas und Berger (1964). Die Energieverluste und Reichweiten schwerer Teilchen mit beliebigem Z und A können in maximal 20 aufeinanderfolgenden Absorberschichten berechnet und als Liste ausgedruckt oder in einen File auf Magnetplatte geschrieben werden. Die Eingabeparameter müssen in einem Plattenfile mit folgender



Struktur vorhanden sein:

Zeile	Inhalt
1	NPART, NZONE, L, INTRP, LG
2	Z, A, IANGLE, EMIN, EMAX, DELE, PRCL
.	.
.	.
.	.
NPART+1	Z, A, IANGLE, EMIN, EMAX, DELE, PRCL
NPART+2	ZABSRB, AABSRB, TCM, RHO, XI, DZ, TGCM, ABSRBR
.	.
.	.
NPART+NZONE+1	ZABSRB, AABSRB, TCM, RHO, XI, DZ, TGCM, ABSRBR

Dabei bedeuten:

Parameter	Typ	Bedeutung
NPART	I	Anzahl der verschiedenen Teilchenarten, für die Energieverluste berechnet werden sollen (maximal 25)
NZONE	I	Anzahl der Absorberschichten
L	I	0: keine Energieverluste berechnen (nur Reichweiten) 1: Energieverluste berechnen
INTRP	I	0: keine Interpolation 1: mit Interpolation
LNLG	I	0: lineare Inkrementierung der Einfallenergie 1: logarithmische Inkrementierung der Einfallenergie
Z	F	Ladungszahl des einfallenden Teilchens
A	F	Atomgewicht des " "
IANGLE	I	Einfallswinkel des " "
EMIN	F	Anfangsenergie für die Berechnung der Energieverluste
EMAX	F	Maximalenergie für die Berechnung der Energieverluste
DELE	F	Energieinkrement (Schrittweite)
PRCL	2A4	Name des Teilchens (8 Zeichen)
ZABSRB	F	Ladungszahl des Absorbermaterials
AABSRB	F	Atomgewicht des " "
TCM	F	Dicke der Absorberschicht in cm (0, wenn TGCM ungleich Null)
RHO	F	Dichte des Absorbermaterials in g/ccm
XI	F	Ionisationspotential des Absorbermat.
DZ	F	Verhältnis AABSRB/ZABSRB, muß angegeben werden wenn AABSRB=0 und ZABSRB=0 sind.
TGCM	F	Dicke des Absorbermaterials in g/qcm (0, wenn TCM angegeben wird)
ABSRBR	2A4	Name des Absorbermaterials (8 Zeichen)

Das Ionisationspotential eines Absorbers kann approximiert werden durch

$$\begin{aligned} I/\text{eV} &= 12 \cdot Z + 7 && \text{für } I < 163 \text{ eV} \\ I/\text{eV} &= 9.76 \cdot Z + 58.8 \cdot Z^{-0.19} && \text{für } I \geq 163 \text{ eV} \end{aligned}$$

Für Materialgemische und Verbindungen können die Parameter Z/A und I berechnet werden durch

$$\begin{aligned} (Z/A) &= (1/\text{RHO}) \cdot \text{SUMME}((Z(J)/A(J)) \cdot \text{RHO}(J)) \\ \text{LOG}(I) &= (A/Z) \cdot (1/\text{RHO}) \cdot \text{SUMME}((Z(J)/A(J)) \cdot \text{RHO}(J) \cdot \text{LOG}(I(J))) \end{aligned}$$

#### 4.4 Ergänzende HELIOS-Daten

In diesem Abschnitt wird ein Programmpaket beschrieben, mit dem Zusatzinformationen aufbereitet werden, die zur Unterstützung der wissenschaftlichen Datenauswertung HELIOS benötigt werden.

Plasma-Meßdaten des Sonnenwindes werden uns auf Magnetband in Form von Stundenmitteln auf Grund einer Absprache mit H. Rosenbauer und R. Schwenn (MPE Garching, jetzt MPA Lindau) von El freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Zur Bearbeitung dieser Daten dienen die Programme PLALE und PLAPE.

Orbit-Informationen sind auf zwei Arten separater Bänder enthalten, die auf Anforderung dem Experimentator von der GSOC zur Verfügung gestellt werden:

1. Stundenwerte der tatsächlichen Orbitdaten für HELIOS 1 und 2, bisher 13 Bänder für die Zeit vom Start bis zum 3. 1. 1981 (Stand Oktober 1981)
2. Tageswerte der Orbitvorhersage, je ein Band für HELIOS 1 und 2.

Zur Bearbeitung dieser Daten dienen die Programme OASE, ORBIT UND OPA.

Housekeeping-Informationen, die auf dem EDR enthalten sind, werden ungeändert auf das CLEAN- und anschließend auf das PHA-Band übertragen, aus dem sie dann durch das Programm PHHOUR extrahiert und durch HOKPUS für eine graphische Darstellung aufbereitet werden.

Die Verarbeitung und Aufbereitung der Daten durch diese Programme geschieht mit dem Ziel der graphischen Darstellung als Funktion der Zeit oder der Carrington-Länge. Ausgegeben wird jeweils ein File, der für alle Programme dieselbe Struktur besitzt (PDA.BIN, siehe Abschnitt 4.4.4) und als Eingabe für das Zeichenprogramm GRAF verwendet wird. Dieser File wiederum kann auf dem Zeilendrucker ausgedruckt (Programm LIPDA) oder auf der Platte umsortiert werden (Programm PDAUM), zwei PDA.BIN-Files können zu einem File kombiniert werden (Programm PDADD), und die im File enthaltenen Daten können modifiziert werden (Programme CARIN, PAUS, APROXI). Die Abbildung 4.4-1 gibt eine Übersicht über die in diesem Abschnitt beschriebenen Programme.

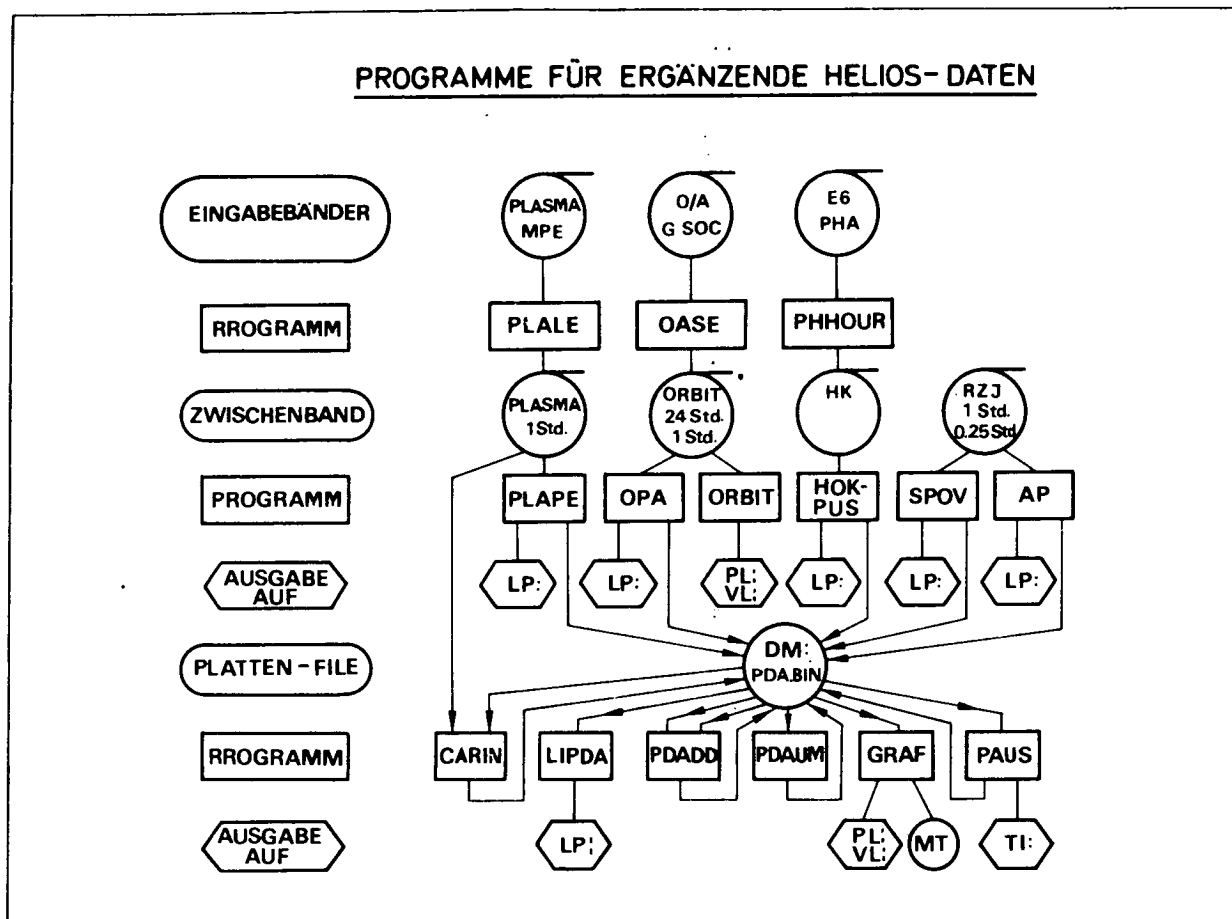


Abb. 4.4-1: Übersicht über die Programme zur Behandlung ergänzender HELIOS-Daten.

#### 4.4.1 Plasmatdaten

##### 4.4.1.1 Programm PLALE -

Aufgrund einer Vereinbarung mit den Experimentatoren des HELIOS-Experiments 1, R. Schwenn und H. Rosenbauer (Max-Planck-Institut für Aeronomie, Lindau) erhalten wir ausgewählte Plasma-Daten in Form von Stundenmittelwerten auf Magnetbändern geliefert. Die Kodierung und Formatierung der Zahlen auf den Bändern unterscheidet sich erheblich von den bei uns verwendeten Normen. Das HELIOS-E1-Plasmapband wird mit einer Dichte von 1600 bpi geschrieben und besitzt folgende Struktur.

BOT-MARKE  
HELIOS-1-Datenblock  
.  
.  
.  
HELIOS-1-Datenblock  
EOF  
HELIOS-2-Datenblock  
.  
.  
.  
HELIOS-2-Datenblock  
EOF

Jeder Datenblock besteht aus 1600 Wörtern mit je 32 bit. Da jeder logische Block, dh. ein vollständiger Satz Plasmadaten für ein Mittelungsintervall, aus 80 Wörtern besteht, enthält ein physikalischer Block die Plasmainformation von höchstens 20 Mittelungsperioden. Das Programm PLALE erzeugt ein Ausgabeband mit einer Schreibdichte von 800 bpi und folgender Struktur:

BOT-MARKE  
Kompatibilitätsblock  
Bandkopf mit der Bandkennung 9  
EOF  
Datenblock  
.  
.  
.  
.  
Datenblock  
EOF  
EOF

Jeder Datenblock umfaßt die Plasma-Werte einer Mittelungsperiode und besteht aus 80 Wörtern mit folgender Bedeutung:

Datenwort	Inhalt
1 - 10	Zeit und Orbitinformation für Mittelungsintervall
11	Protonen-Geschwindigkeit (km/s)
12	" -Temperatur (K)
13	" -Dichte (cm-3)
14	Elevations-Winkel (< 0: von Norden)
15	Azimet-Winkel (< 0: von rechts)
16	Elevations-Temperatur
17	Azimet-Temperatur
18	Alphateilchen-Geschwindigkeit (km/s)
19	Alphateilchen-Temperatur (K)
20	" -Dichte (cm-3)
21 - 23	Magnetfelddaten
24 - 34	aus den Plasma- und Magnetfeld-Daten abgeleitete Größen
35 - 40	nicht benutzt
41 - 60	Standard-Abweichung für die

	Datenwörter 11-30
71 - 74	Anzahl der Mittelwerte
75 - 76	nicht benutzt
77 - 80	Zeit als Jahr, Tag, Stunde, Minute

---

Mit Hilfe der Subroutine IBMPDP werden die auf dem Plasma-Band in IBM-Darstellung geschriebenen 32 bit langen Gleitkommazahlen in die bei uns verwendete PDP-Zahlendarstellung umgeschrieben. Das IBM-Gleitkommaformat ist:

Oberes 16-bit-Wort

- 1 bit Vorzeichen der Fraktion
- 7 bit Exponent zur Basis 16, um 64 erhöht
- 8 bit Fraktion (oberer Teil), hexadezimal

Unteres 16-bit-Wort

- 16 bit Fraktion (unterer Teil)

Das von der PDP 11/45 verwendete Zahlenformat ist beschrieben im Abschnitt über die Formatwandlung bei den Magnetfelddaten.

Für HELIOS 1 liegen uns die Daten auf bisher vier Bändern vom Start bis Tag 275, 1980 vor, die HELIOS-2-Daten sind bereits vollständig auf zwei Bändern bei uns vorhanden.

#### 4.4.1.2 Programm PLAPE -

Die Plasma-Parameter werden mit dem Programm GRAF als Funktion der Zeit oder der Carrington-Länge gezeichnet. Das Programm PLAPE entnimmt dem PDP11-Plasma-Band beliebige Daten und legt sie in einem unformatierten Plattenfile PDA.BIN (siehe Abschnitt 4.4.4) ab. Als Parameter ist die Datenwortnummer sowie die Anfangs- und Endzeit des gewünschten Zeitintervalls einzugeben. Zusätzlich können die Plasma-Parameter auch auf dem Zeilendrucker als Liste ausgegeben werden. Routinemäßig werden bei uns die Protonen-Geschwindigkeit, -Dichte und -Temperatur als Übersichtszeichnungen über 20 Tagen dargestellt. Die Abbildung 4.4-2 zeigt als Beispiel die Sonnenwind-Parameter für HELIOS 1 vom 1. Januar bis zum 20. Januar 1977.

#### 4.4.2 HELIOS-Bahndaten

##### 4.4.2.1 Programm OASE -

Mit dem Programm OASE werden die GSOC-Orbit-Attitude-Bänder (O/A-Bänder) in das PDP-Format umgeschrieben. Als Eingabe verwenden wir ein O/A-Band, das bei GSOC im CDC-Format beschrieben worden ist. Das Band enthält einen Kopfblock und dann mindestens einen Datenblock mit einer Länge von 141 Datenwörtern und ist abgeschlossen durch einen End-of-file-Block

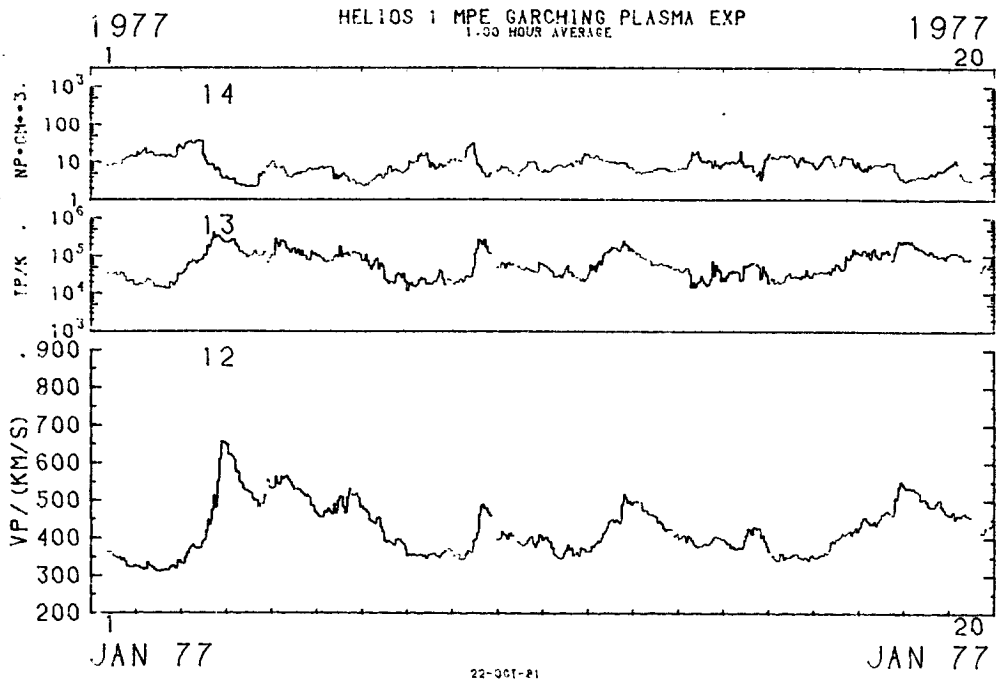


Abb. 4.4-2: Ein Beispiel für Geschwindigkeit, Dichte und Temperatur des Sonnenwindes, gemessen von HELIOS 1, Exp. 1.

(EOF-Block). Jeder Datenblock enthält die Daten einer Mittelungsperiode (dh. einer Stunde bzw. eines Tages). Da die CDC-Zahlendarstellung wesentlich von der bei uns verwendeten PDP-Norm abweicht, müssen die Bänder umgeschrieben werden. Dies geschieht mit der Subroutine CDCPDP. Jedes Datenwort wird im CDC-Format durch eine 96 bit lange Gleitkommazahl doppelter Genauigkeit in folgender Weise dargestellt:

Oberes 48-bit-Wort:

- 1 bit Vorzeichen der Fraktion
- 11 bit Exponent, um 1024 erhöht
- 36 bit Fraktion (oberer Teil), führende Eins nicht unterdrückt

Unteres 48-bit-Wort:

- 48 bit Fraktion (unterer Teil)

Diese Zahl wird in eine 32 bit lange Gleitkommazahl im PDP-Format (siehe Formatwandlung im Abschnitt über Magnetfelddaten) umgewandelt. Nach der Konversion werden die Datenwörter 1 bis 128 auf das Ausgabeband geschrieben.

In einem weiteren Programmlauf können, wenn für den entsprechenden Zeitraum bereits Plasmadaten vorliegen, die Geschwindigkeit, Dichte und Temperatur der Protonen im Sonnenwind und daraus abgeleitete Größen in das Ausgabeband (Datenwörter 139, 140, 143, 147, 149) eingemischt werden (siehe Tabelle im Anhang C).

#### 4.4.2.2 Programm ORBIT -

Mit dem Programm ORBIT kann die HELIOS-Bahn für beliebige Zeitabschnitte gezeichnet werden. Als Eingabe wird das vom Programm OASE im PDP-Format erstellte Orbit-Band benötigt. Ein Beispiel für einen solchen Orbitplot zeigt die Abbildung 4.4-3. Gezeichnet wurde die Bahn von HELIOS 1 für einen vollständigen Umlauf für den Zeitraum von Tag 9, 1977 bis Tag 199, 1977.

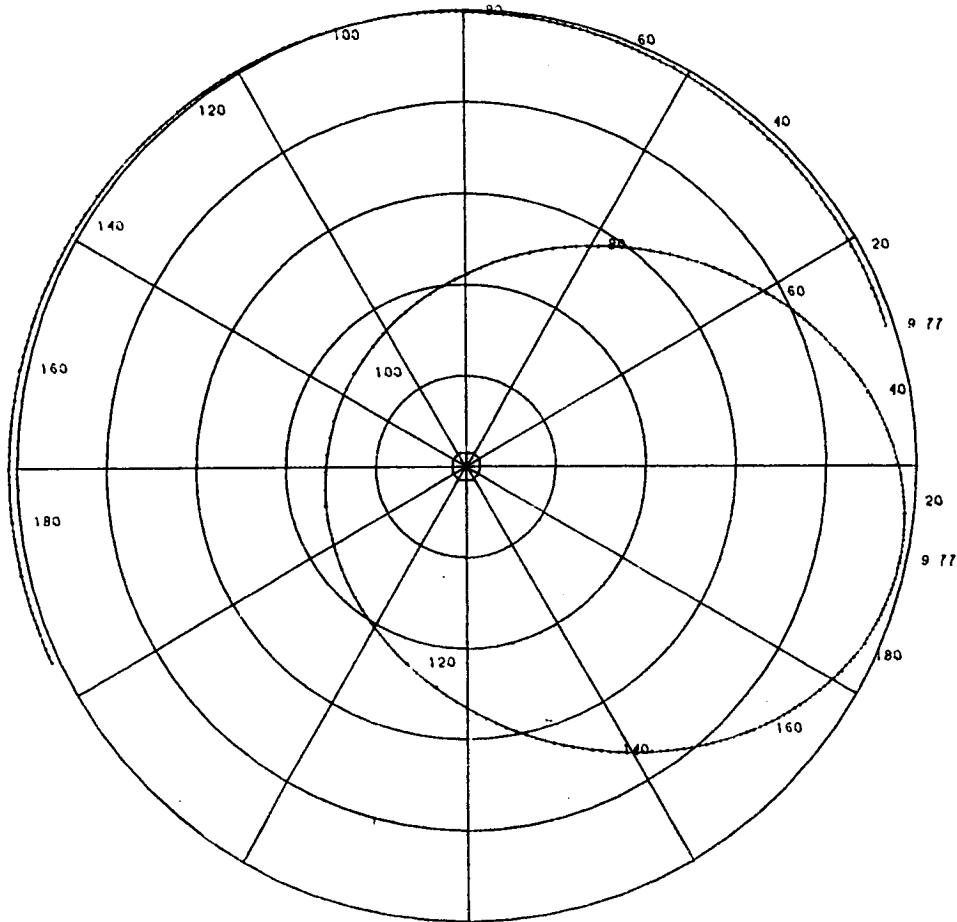


Abb. 4.4-3: Ein Beispiel für die Darstellung des HELIOS-Orbits in einem Inertialsystem. Zusätzlich ist der entsprechende Teil der Erdbahn eingezeichnet.

Wahlweise kann der Orbit auch mit feststehender Verbindungslinie Erde-Sonne gezeichnet werden. Für zwei vollständige Umläufe ergibt sich eine einer Doppelacht ähnliche Figur. Die Abbildung 4.4-4 zeigt die HELIOS-1-Bahn für den Zeitraum von Tag 184, 1976 bis Tag 199, 1977. Routinemäßig zeichnen wir einen solchen Orbit jeweils für den Zeitraum eines Jahres bzw. für einen Umlauf der Sonde um die Sonne. Soll zusätzlich für einen bestimmten Zeitpunkt (z.B. Beginn eines Flares) der Verlauf der interplanetaren Magnetfeldlinien gezeichnet werden, erfordert dies die manuelle Eingabe der

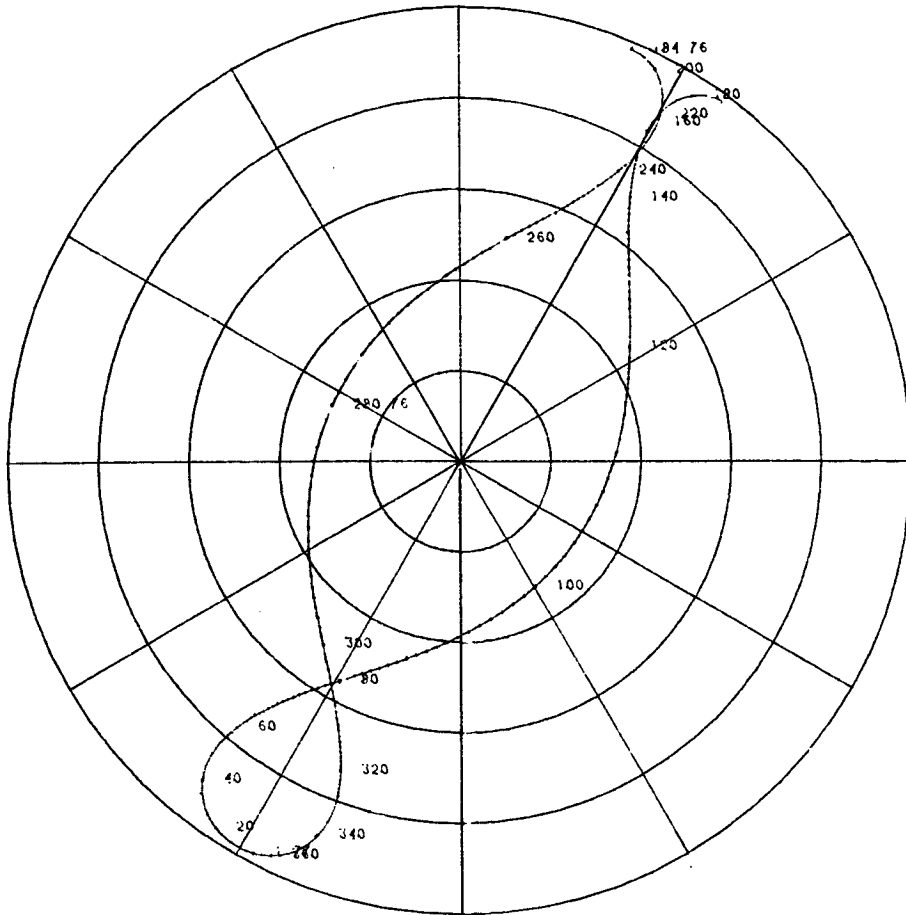


Abb. 4.4-4: Ein Bahnausschnitt von HELIOS 1 in einem heliozentrischen, mit der Erde mitdrehenden Koordinatensystem.

entsprechenden Parameter über ein Terminal. Bei Eingabe der radialen Entfernung HELIOS - Sonne (Datenwort 56 im Orbitblock), des Winkels Erde - Sonne - HELIOS (Datenwort 123) und der Sonnenwindgeschwindigkeit am Sondenort (Datenwort 143) zeichnet das Programm die durch den Sondenort verlaufende idealisierte Parkersche Magnetfeldspirale und berechnet den solaren Fußpunkt der Feldlinie nach der Methode des 'Backmapping' (Nolte und Roelof, 1973). Die Abbildung 4.4-5 zeigt die Position von HELIOS 1 am Tag 68, 1979 um 0721 Uhr und die mit den folgenden Parametern berechnete Magnetfeldlinie:

Sonnenwindgeschwindigkeit	430 km/s
Entfernung Sonne-HELIOS	.918 AU
Winkel Erde-Sonne-HELIOS	-69.2 Grad



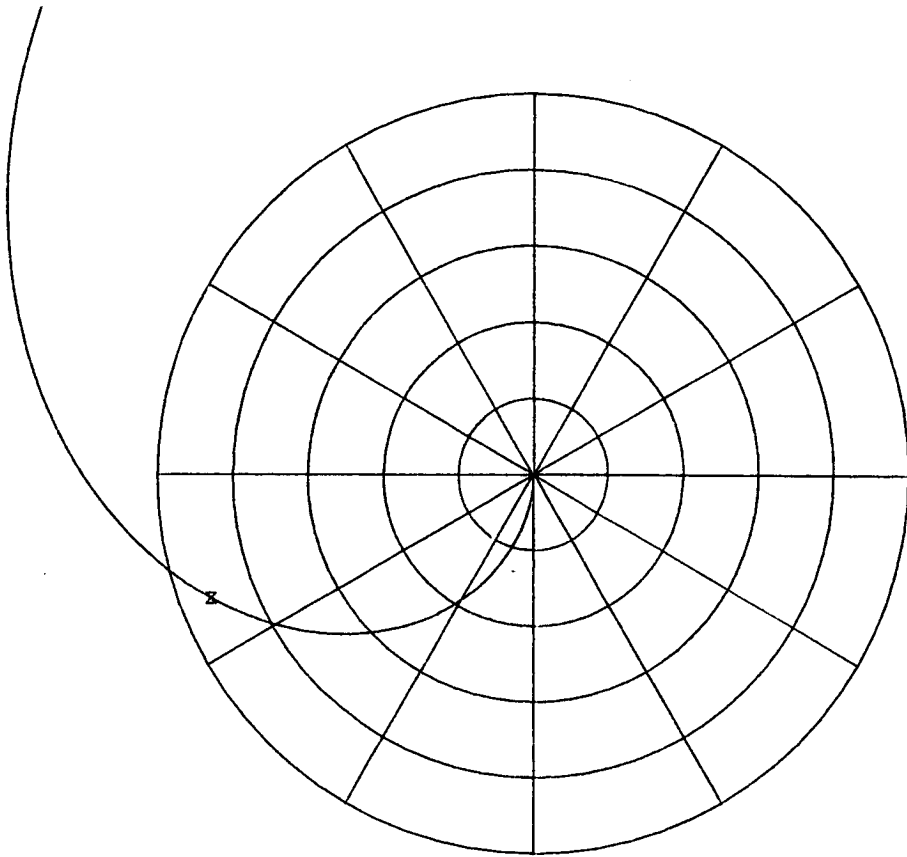


Abb. 4.4-5: Position von HELIOS 1 am Tag 68, 1979 in einem heliozentrischen, mit der Erde mitdrehenden Koordinatensystem. Zusätzlich eingezeichnet ist die für eine Sonnenwindgeschwindigkeit von 430 km/s berechnete idealisierte Parkersche Magnetfeldspirale.

#### 4.4.2.3 Programm OPA -

Mit Hilfe des Programms OPA können aus dem Orbit-Band beliebige Daten entnommen werden und entweder auf dem Zeilendrucker als Liste ausgedruckt oder für die Weiterverarbeitung mit dem Zeichenprogramm GRAF in einem unformatierten Plattenfile PDA.BIN (siehe Abschnitt 4.4.4) zwischengespeichert werden. Die Abbildung 4.4-6 zeigt als Beispiel für eine Zeichnung eines Orbitparameters über der Zeit die Variation des Abstandes Erde - HELIOS 1 (in AU) für den Zeitraum 1. Januar 1979 bis 31. Dezember 1980.

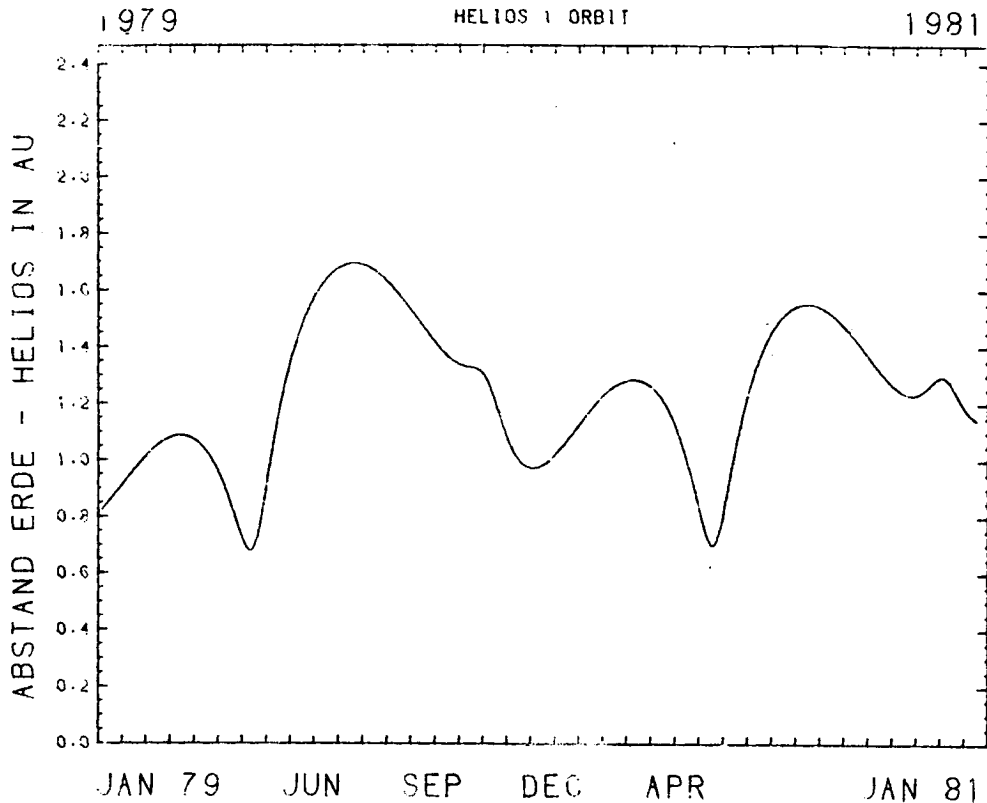


Abb. 4.4-6: Zeitverlauf des Abstandes HELIOS 1 - Erde für den Zeitraum von Anfang 1979 bis Ende 1980.

#### 4.4.3 Experiment-6-Housekeeping-Daten

Mit Hilfe des Programms HOKPUS können aus dem HOUSEKEEPING-Band beliebige Daten entnommen werden und entweder als Liste ausgedruckt oder für die Weiterverarbeitung mit dem Programm GRAF in einem unformatierten Plattenfile PDA.BIN zwischengespeichert werden. Die Informationen über Detektorspannungen und -ströme, Photomultiplierspannungen, Stromaufnahme auf den Versorgungsleitungen der Elektronik und Temperaturen sind in den Blöcken des HOUSEKEEPING-Bandes durch Spannungswerte im Bereich 0 bis 5 Volt dargestellt. Das Programm HOKPUS wandelt diese Größen mit Hilfe der entsprechenden Eichfunktionen in die physikalisch relevanten Größen Strom (in Mikro- bzw. Milliampere), Hochspannung (in Volt) und Temperatur (in Grad Celsius) um, bevor die Werte in den PDA.BIN-File geschrieben werden. Die Abbildung 4.4-7 zeigt als Beispiel den Verlauf der Halbleiterdetektorströme für die Detektoren D1 bis D5 im unteren Teil des Bildes und den Verlauf der Temperaturen an vier Sensoren (PHCTMP, E6BTMP, LEVTMP und E6ELEC) für das HELIOS-1-Experiment 6 für das Jahr 1980.

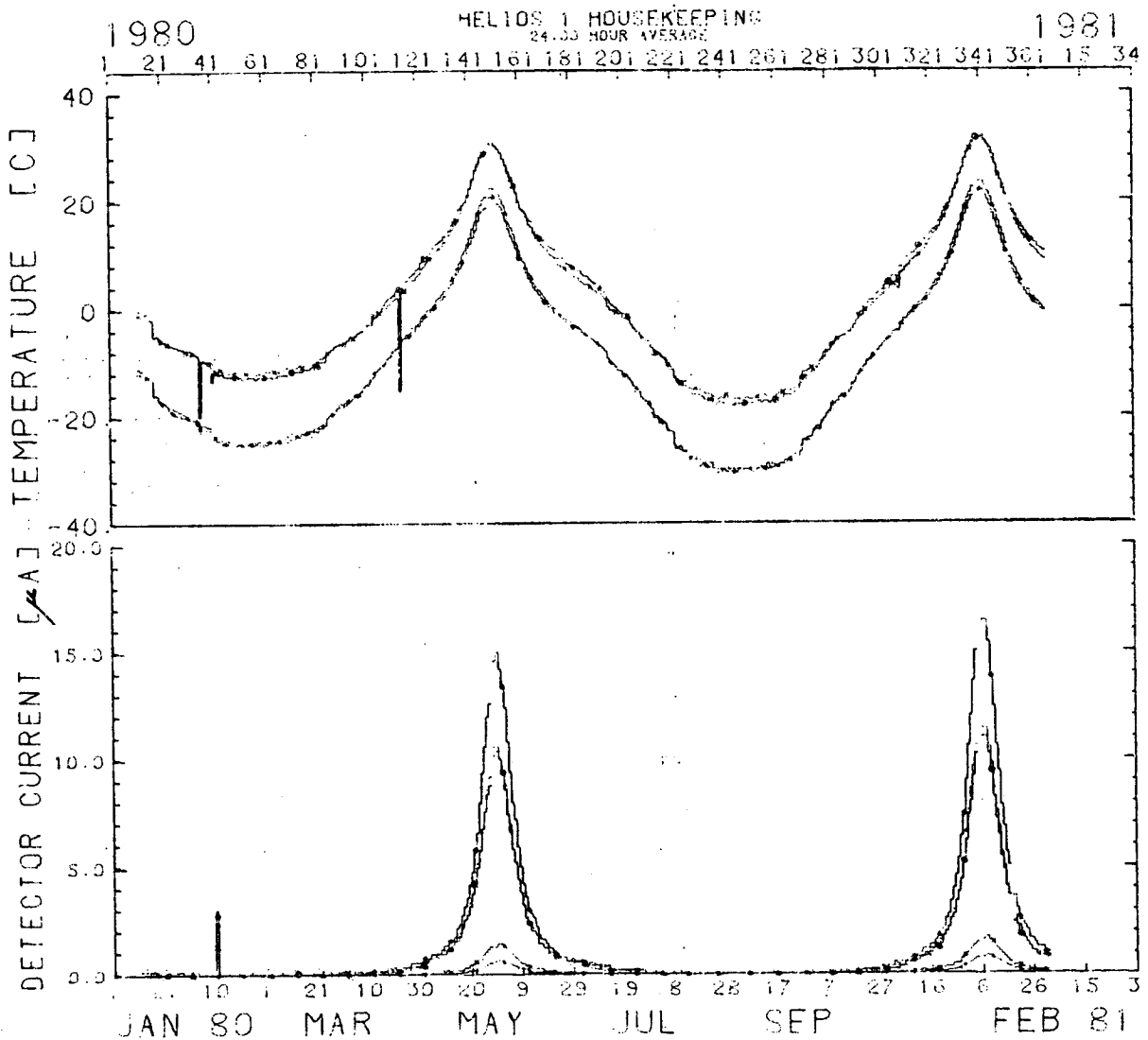


Abb. 4.4-7: Zeitverlauf der Ruhestrome der Halbleiterdetektoren D1 bis D5 (unteres Bild) sowie der Temperaturen an den Sensoren PHCTMP, E6BTMP, LEVTMP und E6ELEC (oberes Bild) für das HELIOS-1-Experiment 6.

#### 4.4.4 Grafische Darstellung ergänzender Daten

Die die Teilchenmessungen ergänzenden HELIOS-Daten können als Funktion der Zeit und gegebenenfalls der Carrington-Länge mit Hilfe des Programms GRAF dargestellt werden. Hierbei können maximal neun Graphen über einer gemeinsamen Zeitachse gezeichnet und auf maximal neun verschiedene y-Bereiche (d.h. mit verschiedenen y-Achsen) verteilt werden. Ein Beispiel zeigt die Abbildung 4.4-7. Die Graphen können durch unterschiedliche Symbole voneinander getrennt werden. An jedem n-ten Meßpunkt kann der Meßfehler durch einen senkrechten Fehlerbalken mitgezeichnet werden.

Die Maßstäbe der x- und y-Achsen können der physikalischen Fragestellung, dem gewünschten Auflösungsvermögen oder den bereits vorliegenden Maßstäben weitgehend angepaßt werden.

Die zu zeichnenden Daten müssen in dem schon erwähnten Magnetplatten-File PDA.BIN bereitgestellt werden. Er hat die Struktur

Block	Bezeichnung	Inhalt
1	Kopfblock	IFLGNR, IMAX, AUFLOES, SPARE1, SPARE2, SPARE3
2	Kennung	K1, K2, ..., KIMAX
3	Datenblock	ASTD, ESTD, D(1), D(2), ..., D(2* IMAX)
.	.	.
.	.	.
.	.	.
N	Datenblock	ASTD, ESTD, D(1), D(2), ....., D(2* IMAX)

Darin ist

IFLGNR	Format I	Helios-Flugnummer
IMAX	"	Anzahl der pro Zeitpunkt zu zeichnenden Meßwerte (maximal 9)
AUFLOES	Format F	Zeitauflösung der Meßwerte in Stunden
SPARE1-3	"	Wird von den Programmen, die den File erzeugen, zur Übergabe bestimmter Parameter benutzt, (z.B. RZJ-Bandnummer)
K1...KIMAX	Format I	Kennung (Datenwortnummer) der Meßwerte
ASTD	Format D	Beginn des Meßintervalls
ESTD	"	Ende des Meßintervalls
D(2*I-1)	Format F	Meßwert (1 ≤ I ≤ 9)
D(2*I)	"	Fehler des Meßwertes

Datenlücken werden mit dem Wert -9999.9 gekennzeichnet. Diese Zahl bewirkt ein Abheben des Zeichenstiftes. Die Einheit von ASTD und ESTD ist Stunden. Sie werden gezählt vom Tag 1, 1965.

Die Definition der x- und y-Achsenparameter, des Zeitintervalls und der Rahmenüberschrift für das Programm GRAF ist in vier Plattenfiles enthalten, die entweder durch das Programm selbst oder durch ein Texteditor-Systemprogramm erzeugt werden können:

XDA.PAR	Definition der x-Achse
YDA.PAR	" der y-Achsen
INT.PAR	Anfangs- und Endzeit der Zeichnung
UBS.PAR	Rahmenüberschrift

Die Länge der Zeitachse ist festgelegt auf 240 mm.

Der File XDA.PAR besteht aus zwei Zeilen mit dem Aufbau:

Variable	Typ	Bedeutung
EIN	Format F	Art der y-Achseneinheit 1.: Stunde >2.: Tage (Anzahl <= 40.)
ANEIN	"	Länge/mm der y-Achseneinh.

Der File YDA.PAR enthält bis zu neun verschiedene y-Achsen-Definitionen je nachdem, wieviele Kurven gezeichnet werden sollen und wieviele Kurven jeweils einer y-Achse zugeordnet sind.

Der File INT.PAR enthält die Zeitinformationen für die Erstellung der Zeichnung. Das Programm zeichnet automatisch so viele Rahmen, bis das gewählte Zeitintervall vollständig überdeckt ist. Der File besitzt folgende Struktur:

Variable	Typ	Bedeutung
-----		
Anfangszeit des Intervalls		
Dat (1,1)	Format I	Jahr
Dat (2,1)	"	Tag
Dat (3,1)	"	Stunde
Dat (4,1)	"	Minute
Dat (5,1)	"	Sekunde
Endzeit des Intervalls		
Dat (1,2)	"	Jahr
Dat (2,2)	"	Tag
Dat (3,2)	"	Stunde
Dat (4,2)	"	Minute
Dat (5,2)	"	Sekunde
ICON	Format A	N: keine weiteren Zeiten Y: weitere Zeiten folgen
-----		

Ist ICON gleich Y, folgt ein weiterer Satz Zeiten.

Der File UBS.PAR enthält die Rahmenüberschrift im Format A. Die Überschrift kann bis zu 28 Zeichen lang sein.

Das in Abb. 4.4-8 angegebene Terminal-Protokoll zeigt ein Beispiel für die Eingabe der Parameter für das Programm GRAF.

```
ANFANGSDATUM :
  INTEGER
  JAHR : ** :80
  TAG :1 -366 :1
  STUNDE :0 - 23 :
  MINUTE :0 - 59 :
  SEKUNDE:0 - 59 :
ENDDATUM :
  INTEGER
  JAHR : ** :80
  TAG :1 -366 :366
  STUNDE :0 - 23 :
  MINUTE :0 - 59 :
  SEKUNDE:0 - 59 :
```

```
ANZAHL DER KURVEN(<=9.): 9.
PARAMETER FUER 1. Y-WERT-BEREICH
LIN(=1.)/LOG(=2.)-SKALA:1.
UNTERES Y-ACHSENENDE :0.
OBERES Y-ACHSENENDE :20.
EINHEIT :5.
LAENGE DER EINHEIT (MM):25.
GRAPHZAHL IM Y-BEREICH :5.
BESCHRIFTUNG Y(28 CHAR):DETECTOR CURRENT [ A ]
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 1:
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 2:
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 3:
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 4:
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 5:
PARAMETER FUER 2. Y-WERT-BEREICH
LIN(=1.)/LOG(=2.)-SKALA:1.
UNTERES Y-ACHSENENDE : -40.
OBERES Y-ACHSENENDE :40.
EINHEIT :20.
LAENGE DER EINHEIT (MM):25.
GRAPHZAHL IM Y-BEREICH :4.
BESCHRIFTUNG Y(28 CHAR):TEMPERATURE [ C ]
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 1:
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 2:
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 3:
BESCHRIFTUNG(8 CHAR) FUER GRAPH 4:
```

Abb. 4.4-8: Beispiel für die Eingabe des Zeitintervalls (File INT.PAR) und der y-Achsendefinition (File YDA.PAR) in das Programm GRAF für die Abbildung 4.4-7.

#### 4.4.5 Hilfsprogramme zum Zeichnen ergänzender Daten

Das Programm LIPDA ermöglicht das Auslisten der für das Zeichenprogramm GRAF im File PDA.BIN bereitgestellten Daten, der selber als unformatierter File einer direkten Inspektion nicht zugänglich ist. Die Eingabe "Inhaltsverzeichnis" liefert die Anfangs- und die Endzeit sowie ein Verzeichnis der im File enthaltenen Daten, die Eingabe "Drucken" erzeugt einen vollständigen Ausdruck aller Meßwerte entweder für das gesamte Zeitintervall oder für einen einzugebenden Zeitabschnitt.

Mit dem Programm PDADD können zwei gleichartig strukturierte PDA.BIN-Files zu einem File vereinigt werden.

Mit dem Programm PDAUM können die Daten in einem PDA.BIN-File umsortiert und unter Bewahrung ihrer zeitlichen

Reihenfolge in der gewünschten Anordnung von Datenarten in einem zweiten PDA.BIN-File abgelegt werden.

#### 4.4.5.1 Darstellungen über der Carrington-Länge -

Im PDA.BIN-Datenblock ist die jeweilige Anfangs- und Endzeit des Meßwertintervalls angegeben. Um das Zeichnen der Plasma-Parameter als Funktion der Carrington-Länge zu ermöglichen, muß im PDA.BIN-Datenblock die Carrington-Länge als Meßzeit simuliert werden. Das Programm CARIN liest vom Plasma-Band für die im Eingabe-PDA.BIN-File vorhandenen Meßwerte die dazugehörige Carrington-Länge des magnetischen Helios-Fußpunktes. Im Ausgabefile wird die Carrington-Länge in der Größe ASTD so eingesetzt, daß ein Grad einem Tag entspricht. Da ASTD in Stunden seit 1965 gezählt wird, ergibt sich dadurch automatisch das Jahr 1965. Für eine solche Zeichnung müssen die Parameterfiles INT.PAR und XDA.PAR folgendermaßen aussehen:

```
INT.PAR:
      65   1   0   0   0
      65 361   0   0   0
      N
```

```
XDA.PAR:
      30.
      20.
```

#### 4.4.5.2 Korrekturverfahren für P-A-Verhältnisse -

Mit dem Programm PAUS können Daten in einem PDA.BIN-File, der mit SPOV oder AP erzeugt worden ist (siehe Abschnitt 4.1.7), modifiziert und das Verhältnis der Protonen- zur Alphateilchen-Intensität (P-A-Verhältnis) gebildet werden. Das Programm hat zwei Betriebsarten:

1. Von allen Meßwerten wird zuerst jeweils ein konstanter Betrag, der unterschiedlich ist für verschiedene Energiekanäle, abgezogen und dann das P-A-Verhältnis gebildet (Untergrundkorrektur für ruhige Zeiten).
2. Zusätzlich können die Meßwerte für ein vorgewähltes Zeitintervall durch eine linear oder exponentiell verlaufende Funktion approximiert werden. Die theoretischen Werte der Approximationsfunktion werden dann von den gemessenen Werten abgezogen, und erst dann wird das P-A-Verhältnis gebildet.

Die modifizierten Meßwerte werden in einem zweiten PDA.BIN-File abgelegt.

#### 4.5 Aufbereitung von HELIOS-Exp.-6-Daten für das NSSDC

In der Vereinbarung über das Projekt HELIOS (Memorandum of Understanding vom 10. Juni 1969), die zwischen dem damaligen Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung (BMwF), heute BMFT, und der amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde NASA unterzeichnet wurde, wurde festgelegt, daß die von HELIOS gewonnenen Meßdaten der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden sollen, um den größtmöglichen wissenschaftlichen Nutzen der HELIOS-Mission sicherzustellen. Diese Vereinbarung wird für das Experiment 6 erfüllt durch Übermittlung der E6-Meßdaten an das National Space Science Data Center in Greenbelt, Maryland.

Das Programm NSSDC stellt Stunden-Mittelwerte folgender Zählratenkanäle auf Magnetband (9 Spur/800 BPI) zusammen:

Protonen:	P4, P13, P27, P37, P51
Alpha-Teilchen:	A2, A4, A13, A27, A37, A48
Elektronen:	E03, E08

Die Definition dieser Kanäle ist in Tabelle 1.2 angegeben.



## KAPITEL 5

### DATENINTERPRETATION

#### 5.1 Allgemeines

Die Datenverarbeitungsprogramme sind zugeschnitten auf eine Vielzahl von wissenschaftlichen Fragen. Diese sind in Abschnitt 1.3 kurz zusammengefaßt. Einen kurzgefaßten Überblick über bisher gewonnene wissenschaftliche Ergebnisse findet man in Kunow et al. (1980) sowie im Kapitel 10 von Kunow et al. (1981). Die Verarbeitung der Daten geschieht, soweit sie nicht den technischen Zustand des Meßinstrumentes oder die Orbit-Informationen betreffen, in mehreren Schritten:

1. Zunächst müssen Fehler in den Daten erkannt und beseitigt werden, Daten verschiedener Quellen (z.B. Magnetfeldinformationen) und Übertragungsbedingungen (z.B. DM7) müssen eingemischt werden und, wenn nötig, in der richtigen zeitlichen Reihenfolge sortiert werden.
  2. Die Raten der verschiedenen Teilchenzählkanäle werden (omnidirektional) über vorgegebene Zeitintervalle gemittelt und als Funktion der Zeit für die gesamte Betriebsdauer der Sonden graphisch dargestellt.
  3. Die mit hoher Genauigkeit übertragenen Impulshöheninformationen werden für ausgewählte Zeitabschnitte gesammelt und daraus die Energieverteilung, die chemische Zusammensetzung und die Isotopenhäufigkeit für Kerne mit  $1 \leq Z \leq 8$  bestimmt.
  4. Für bestimmte ausgewählte Zeitabschnitte werden die omnidirektionalen und die sektorierten Zählrateninformationen verwendet, um mit hoher zeitlicher Auflösung Intensitäten und Anisotropien zu berechnen.
  5. Aus den sektorierten Zählraten werden die Winkelverteilungen der einfallenden Teilchen berechnet.
- Hinzu kommen als Teil der Datenanalyse Fitprogramme, Modellrechnungen und theoretische Arbeiten, z.B. Lösungen von Differentialgleichungen, die der wissenschaftlichen Interpretation der Ergebnisse dienen.

Die wissenschaftliche Interpretation der Daten beginnt im Anschluß an die 'Sortierprogramme' (Fall 1) und die 'Übersichtsprogramme' (Fall 2). Ein Beispiel für das Ergebnis

des Programmschrittes 1 war in Abb. 4.1-4a gegeben, wo die Stundenmittel der Protonenintensität im Bereich von etwa 13 bis 27 MeV für einen Zeitraum von 120 Tagen dargestellt waren. Daraus entstand durch Zusammenfassung für den Zeitraum von etwa einem Jahr und Hinzunahme weiterer Kanäle die Abb. 5.1-1. Hieraus lassen sich nun schon erste wichtige Informationen ablesen:

die Auswahl 'ruhiger Zeiten', in denen man die nicht durch einzelne solare Ereignisse gestörte galaktische kosmische Strahlung untersuchen kann (z.B. im ersten Halbjahr 1977); auf solche Perioden kann dann ein Programm des Typs (c) angewendet werden zur Untersuchung von Langzeitvariationen und radialen Gradienten (Kunow et al., 1977; Müller-Mellin et al., 1976; Müller-Mellin et al., 1977);

das Einsetzen der starken Sonnenaktivität zu Beginn des Sonnenfleckenzyklus 21 im September 1977;

die Identifizierung einzelner 'solarer Ereignisse', d.h. die scharfen Anstiege gefolgt von einem mehr oder weniger raschen Abklingen der Intensität. Schon ein solches Übersichtsbild zeigt die starke Variabilität der chemischen Zusammensetzung (Verhältnis von Elektronen-, Protonen- und Helium-Intensitäten), der Energiespektren (Verhältnis der Intensitäten der gleichen Teilchensorten bei verschiedenen Energien) und des zeitlichen Verhaltens.

Für die genauere Untersuchung solarer Ereignisse sind eine Reihe weiterer Programmschritte der Typen 4 und 5 einzufügen. In Abb. 5.1-2 ist für den Zeitraum vom 15. Mai bis 30. Juni 1980 die Intensität des integralen Zählkanals (alle Nukleonen oberhalb etwa 50 MeV/Nukleon) als Funktion der Zeit dargestellt. Die eingetragenen Kästchen neben den Zahlen (1) bis (4) enthalten Informationen, die durch Beobachtungen der Sonne mittels der Solar Maximum Mission (SMM) gewonnen wurden, bei denen harte Röntgen- oder sogar Gammastrahlung von der Sonne beobachtet wurde. Für diese Ereignisse wurde eine detaillierte Untersuchung begonnen (Wibberenz et al., 1981); dazu werden einzelne Ereignisse mit hoher zeitlicher Auflösung dargestellt. Ein Beispiel für das Ereignis (3), das im integralen Kanal von Abb. 5.1-2 nur gerade angedeutet ist, zeigt Abb. 5.1-3 mit hoher zeitlicher Auflösung.

Die gleichzeitige Analyse von Intensität und Anisotropie zeigt, daß am 7. Juni 1980 drei sehr kurze Teilcheninjektionen aufgetreten sind (mit (1) bis (3) in Abb. 5.1-3 bezeichnet). Es ist wichtig darauf hinzuweisen, daß die Auflösung dieser sehr kurzen Injektionen von einem erdnahen Satelliten praktisch nicht möglich ist. Die größere Nähe zur Sonne (Abstand etwa 0.4 AU zur Zeit der Beobachtung) bewirkt, daß der Einfluß der interplanetaren Ausbreitung auf die zeitliche Struktur der von der Sonne injizierten Teilchen nur gering ist.

Die genaue Betrachtung von Intensitäts- und Anisotropieverläufen zeigt beträchtliche Unterschiede bei

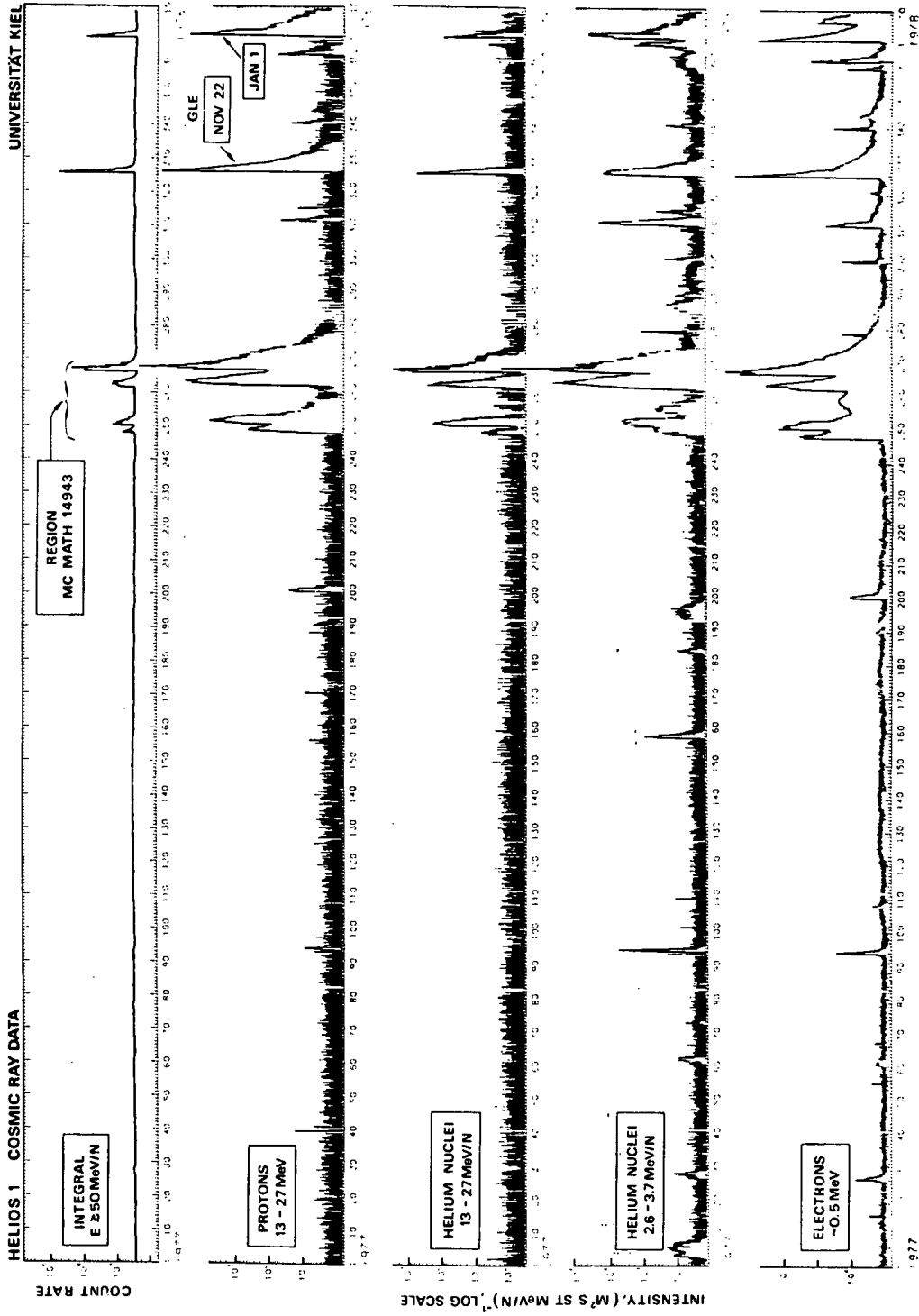


Abb. 5.1-1: Übersicht über die Messungen des Kieler Instruments an Bord von Helios-1 für den Zeitraum 1.1.1977 - 10.1.1978.

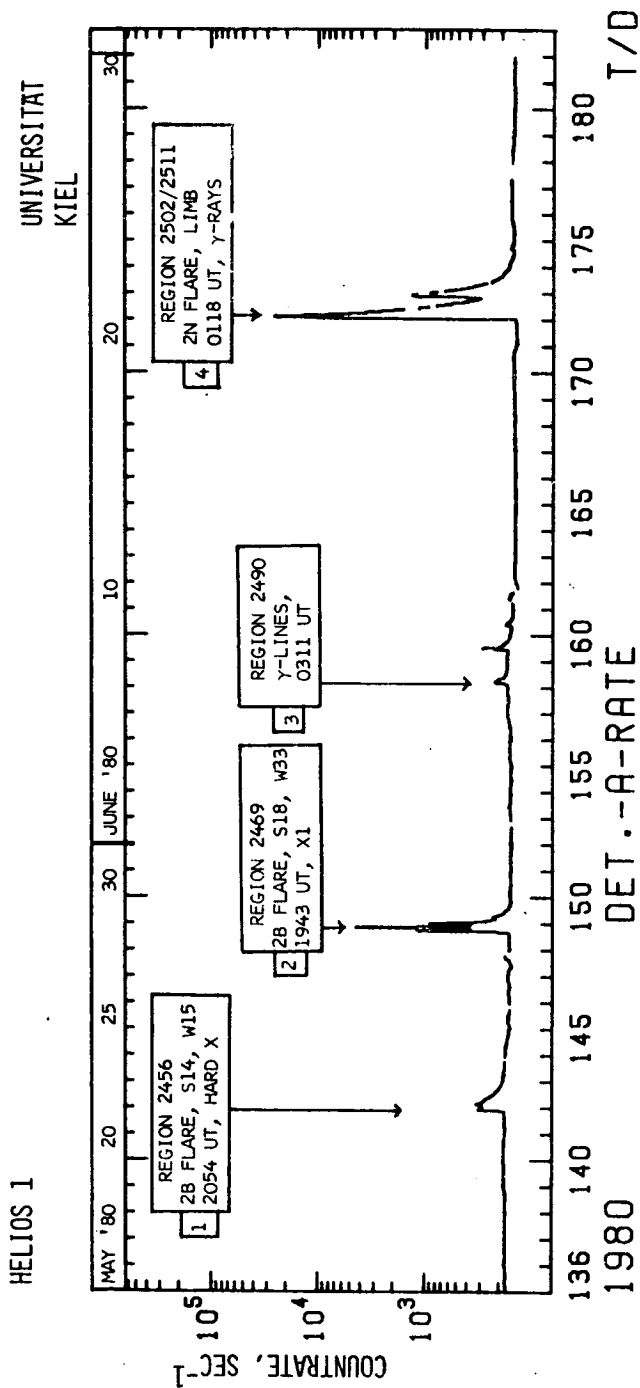


Abb. 5.1-2: Zählrate des integralen Kanals (oberhalb etwa 50 MeV/Nukleon) als Funktion der Zeit während des ersten FBS-Intervalls. (FBS = Flare Build-up Study ist Teil der Untersuchungen des Solar Maximum Year).

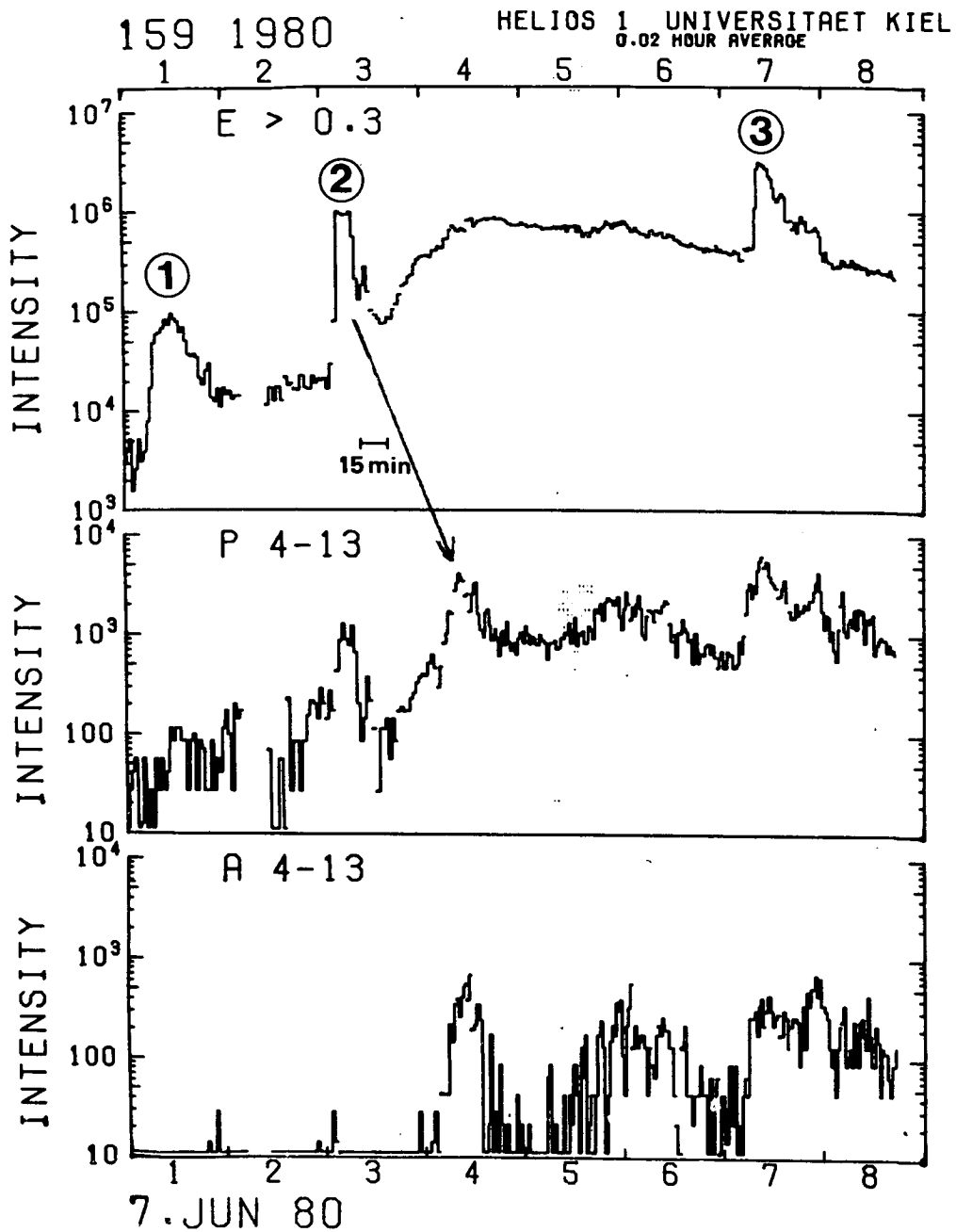


Abb. 5.1-3: Das Ereignis vom 7. Juni 1980 mit hoher zeitlicher Auflösung. Deutlich erkennbar die scharf definierten Einsätze der Elektronen (obere Kurve) sowie das unterschiedliche Verhalten von Protonen (mittlere Kurve) und Alphateilchen (untere Kurve).

einzelnen Ereignissen. Es ist Aufgabe theoretischer Betrachtungen, diese Unterschiede zu deuten und neue Einsichten daraus zu gewinnen. Darüber soll im folgenden ein kurzer Überblick gegeben werden.

## 5.2 Analyse solarer Ereignisse

Die Unterschiede in den Signaturen solarer Ereignisse lassen sich auf folgende Prozesse zurückführen:

1. Vorgänge in der Teilchenquelle, d.h. beim Beschleunigungsprozeß in solaren Flares,
2. Vorgänge in unmittelbarer Umgebung der Sonne, die zu Speicherung, Ausbreitung in den koronalen Magnetfeldern und schließlich dem Entweichen in den interplanetaren Raum führen. Diese Prozesse fassen wir in dem Begriff 'solare Injektion' zusammen.
3. Vorgänge der Teilchenausbreitung in den turbulenten Magnetfeldern des interplanetaren Mediums ('interplanetare Ausbreitung').

Es ist Aufgabe der Dateninterpretation, aus Ergebnissen der in Abb. 4.1-4b, Abb. 5.1-2 und Abb. 5.1-3 dargestellten Art, die Einflüsse der drei genannten Effekte eindeutig voneinander zu trennen. Ausführlichere Diskussionen dazu finden sich bei Wibberenz (1976, 1977, 1979). Der wichtigste Schritt ist zunächst die Trennung der Effekte (2) und (3), d.h. der solaren Injektion und der interplanetaren Ausbreitung. Wie von Schulze et al. (1977) gezeigt wurde, läßt sich dazu die gleichzeitige Analyse von Intensitäts- und Anisotropieverläufen verwenden. Dieses Verfahren wurde von Steffens (1981) wesentlich erweitert. Über erste Ergebnisse wurde von Steffens et al. (1981) berichtet. Das Verfahren läßt sich wie folgt skizzieren. Die von einem Raumfahrzeug im Abstand  $r$  von der Sonne gemessene Teilchendichte  $U(r,t)$  läßt sich darstellen in der Form

$$(1) \quad U(r,t) = \int_0^t I(\tau) f(r,t-\tau) d\tau$$

Dabei beschreibt  $I(t)$  den zeitlichen Verlauf der oben unter (2) beschriebenen solaren Injektion,  $f(t-\tau)$  den zeitlichen Verlauf der interplanetaren Ausbreitung für eine zur Zeit  $t=\tau$  injizierte Gruppe von Teilchen. Für  $I(t)$  und  $f(t)$  werden die Lösungen von aus der Literatur bekannten Ausbreitungsmodellen verwendet. In diesen Modellen sind freie Parameter vorhanden, die durch Anpassung an die Meßdaten bestimmt werden sollen.

Insbesondere wird für die solare Injektion das Modell der koronalen Diffusion nach Reid (1964) verwendet, wofür gilt

$$(2) \quad I(t) = N_0 \frac{1}{r_c^2} \cdot \frac{t_c}{t} \exp \left\{ - \frac{\phi^2}{4} \cdot \frac{t_c}{t} - \frac{t}{A} \right\}$$

Dabei ist  $N_0$  die Gesamtzahl von Teilchen, die in einem bestimmten Energiebereich beim Beschleunigungsprozeß erzeugt wurde,  $\phi$  der Abstand des Flares vom magnetischen Fußpunkt des Raumfahrzeugs in der Korona,  $r_c$  der Sonnenradius,  $t_c$  die koronale Diffusionszeit,  $A$  die 'Entweichzeit', die ein Maß dafür ist, wie effektiv Teilchen in der Korona gespeichert werden können. Für bekanntes  $\phi$  (wird aus den Bahndaten und aus der Sonnenwindgeschwindigkeit ermittelt) hängt das Injektionsprofil von den Parametern  $t_c$  und  $A$  ab. Für die interplanetare Ausbreitung wird das Diffusions-Konvektions-Modell in der Näherung nach Owens (1979) verwendet, wofür gilt

$$(3) \quad f(r,t) = \frac{1}{(4\pi Dt)^{3/2}} \exp \left\{ - \frac{(r - V^*t)^2}{4Dt} \right\}$$

Hierbei ist  $r$  der Abstand des Raumfahrzeugs von der Sonne,  $D$  der interplanetare Diffusionskoeffizient,  $V^*$  eine 'effektive' Konvektionsgeschwindigkeit, die sich aus der gemessenen Sonnenwindgeschwindigkeit berechnen läßt. Die Lösung (3) ist auf 1 emittiertes Teilchen normiert.

Das Faltungsintegral (1) wird numerisch bestimmt für verschiedene Sätze der freien Parameter  $t_c$ ,  $A$  und  $D$ . Abb. 5.2-1 zeigt ein solches Ergebnis der Modellrechnung, im oberen Teil der Dichteverlauf, im unteren Teil der Anisotropieverlauf. Die Anwendung dieses Verfahrens auf den umfangreichen Datensatz von HELIOS steht noch aus. Die bisherigen Ergebnisse (Steffens, 1981) zeigen, daß das Verfahren dann gut zur Trennung solarer und interplanetarer Effekte geeignet ist, wenn die solaren Ereignisse ohne große Datenlücken erfaßt sind und wenn der Anisotropieverlauf nicht durch lokale Inhomogenitäten im interplanetaren Magnetfeld gestört ist.

Von außerordentlich großer Bedeutung ist die Tatsache, daß für die meisten solaren Ereignisse Daten von beiden Fahrzeugen HELIOS 1 und HELIOS 2 zur Verfügung stehen. Für ein bestimmtes Ereignis sind die Anzahl  $N$  ebenso wie die koronalen Parameter  $t_c$  und  $A$ , die in (2) eingehen, konstante - wenn auch zunächst unbekannte - Größen; lediglich der Diffusionskoeffizient  $D$  könnte für die beiden Fahrzeuge verschieden sein. Damit ist das Problem aber im Prinzip überbestimmt. Das gilt in noch stärkerem Maße, wenn noch Daten von einem erdnahen Satelliten zusätzlich verwendet werden. Vorläufige Ergebnisse für eine Kombination mit Daten von Prognos 6 werden von Kunow et al. (1981b) und Kecskemety et al. (1981) diskutiert.

Interessant sind die Grenzfälle des durch die Konvolution (1) beschriebenen Sachverhalts, ebenso wie die Fälle, wo ein

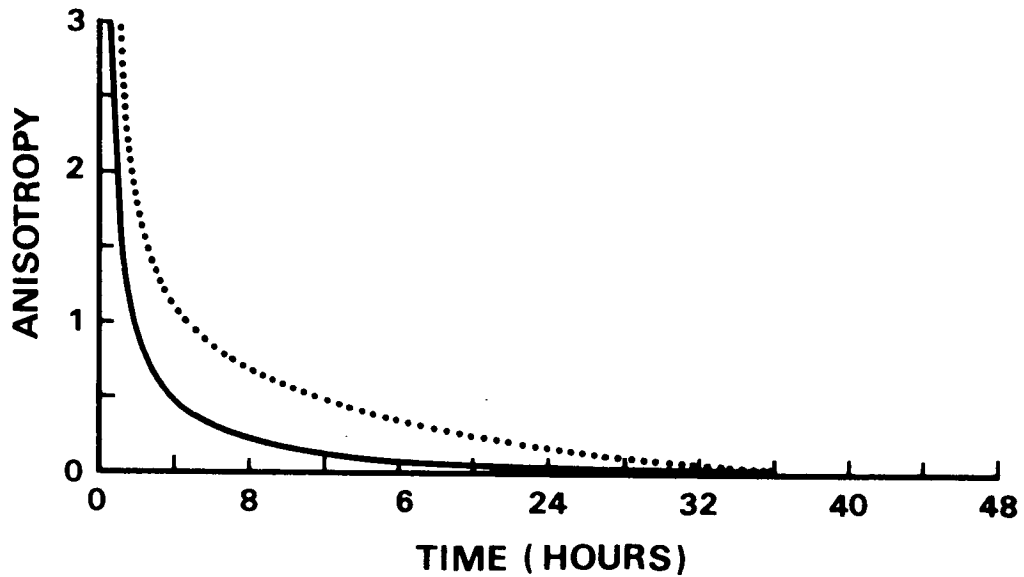
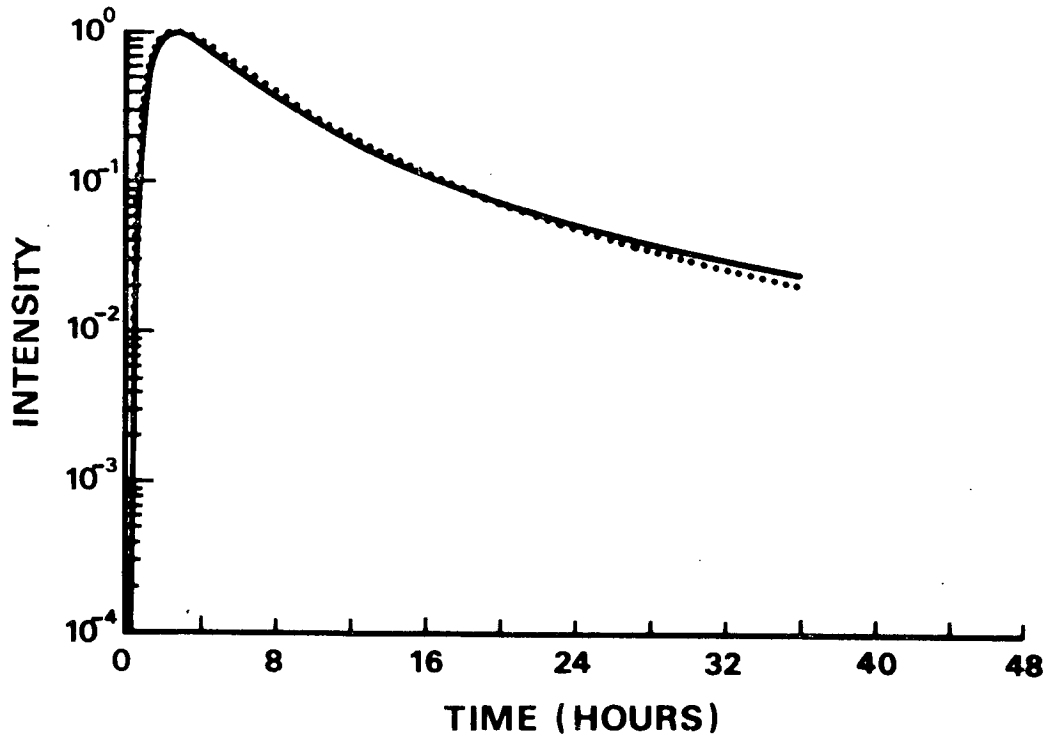


Abb. 5.2-1: Ergebnis des Faltungsintegrals (1) für zwei Sätze von Parametern.

—  $D = 0.04 \text{ AU}^2/\text{h}$ ,  $A = 2.5 \text{ h}$ ,  $\varnothing^2 t_c = 2 \text{ h}$

....  $D = 0.10 \text{ AU}^2/\text{h}$ ,  $A = 6.0 \text{ h}$ ,  $\varnothing^2 t_c = 4 \text{ h}$

Die Auswahl zwischen den beiden theoretischen Möglichkeiten erfolgt durch den Vergleich mit der beobachteten Anisotropie.



solches einfaches Transportmodell nicht mehr in der Lage ist, die Physik der Ausbreitungsvorgänge zu beschreiben. Drei solcher Fälle sollen im folgenden skizziert werden.

(i) Impulsartige solare Injektionen.

Solare Injektionen von sehr kurzer Dauer lassen sich in dem oben beschriebenen Formalismus darstellen durch  $I(t) = N_0 \delta(t)$ . Die Konvolution (1) führt dann auf  $U(t) = N_0 f(t)$ . Ereignisse dieser Art lassen sich aus den Daten relativ leicht durch den Anisotropieverlauf erkennen.

Abb. 5.2-2 zeigt ein solches solares Ereignis im Vergleich mit Vorhersagen des durch Gleichung (3) beschriebenen interplanetaren Ausbreitungsmodells.

(ii) Ereignisse mit großer mittlerer freier Weglänge

Die durch Gleichung (3) beschriebenen Lösungen des interplanetaren Ausbreitungsproblems sind gültige Näherungen nur für den Fall, daß die mittlere freie Weglänge klein ist gegen den Abstand  $r$  des Beobachters von der Quelle (Sonne). Es gibt jedoch auch Fälle von nahezu streuungsfreier Ausbreitung, wo Einzelheiten der Pitchwinkelstreuung und die adiabatische Fokussierung entlang des mittleren interplanetaren Magnetfeldes berücksichtigt werden müssen. Man spricht dann von 'kohärenter Ausbreitung' für den Fall  $\lambda \gg r$  oder von 'fokussierter Diffusion' für  $\lambda \approx r$ . Die kohärente Ausbreitung für Protonen von einigen MeV ist übrigens erstmalig an Bord von HELIOS 1 nachgewiesen worden (Wibberenz et al., 1977). Die theoretische Beschreibung erfolgt durch das von Earl (1976) entwickelte Modell des fokussierten Transports. Eine Anwendung auf die HELIOS-Daten wurde während eines einjährigen Aufenthalts von Prof. J. A. Earl im Rahmen einer Förderung durch die Alexander-von-Humboldt-Stiftung entwickelt und ist beschrieben bei Bieber et al. (1979a,b; 1980). Die dafür entwickelten Programme der Intensitäts- und Anisotropieverläufe sowie der Winkelverteilungen sind in Kiel verfügbar und können für weitere Anwendungen abgerufen werden. Ein Beispiel für die gute Beschreibung der Beobachtungen durch die Theorie liefert Abb. 5.2-3.

Ein gewisser Mangel des Earlschen Modells bestand in den nicht ganz realistischen Annahmen über das mittlere Verhalten des interplanetaren Magnetfeldes. Eine Fortentwicklung dieses Modells, in der auch die spiralförmige Struktur des Magnetfeldes berücksichtigt werden kann, stammt von Ng und Wong (1979). Die ersten Ergebnisse einer Zusammenarbeit mit Dr. C. K. Ng sind in Ng et al. (1981) beschrieben.

Abb. 5.2.-4 zeigt die ausgezeichnete Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment für den Intensitäts- und Anisotropieverlauf des 0.3 - 0.8 MeV Elektronenkanals. Ein wesentliches Ergebnis dieser modellmäßigen Anpassung an die Daten ist eine mittlere freie Weglänge für die Teilchenstreuung von etwa 0.7 AU, größer also als der Abstand zwischen Sonne und HELIOS 2 (zu diesem Zeitpunkt bei 0.5 AU). Bei diesen theoretischen Untersuchungen handelt es sich um die numerische Lösung von partiellen Differentialgleichungen zweiten Grades mit drei unabhängigen Veränderlichen; das zeigt, daß ein erheblicher Aufwand getrieben werden muß, um die sehr

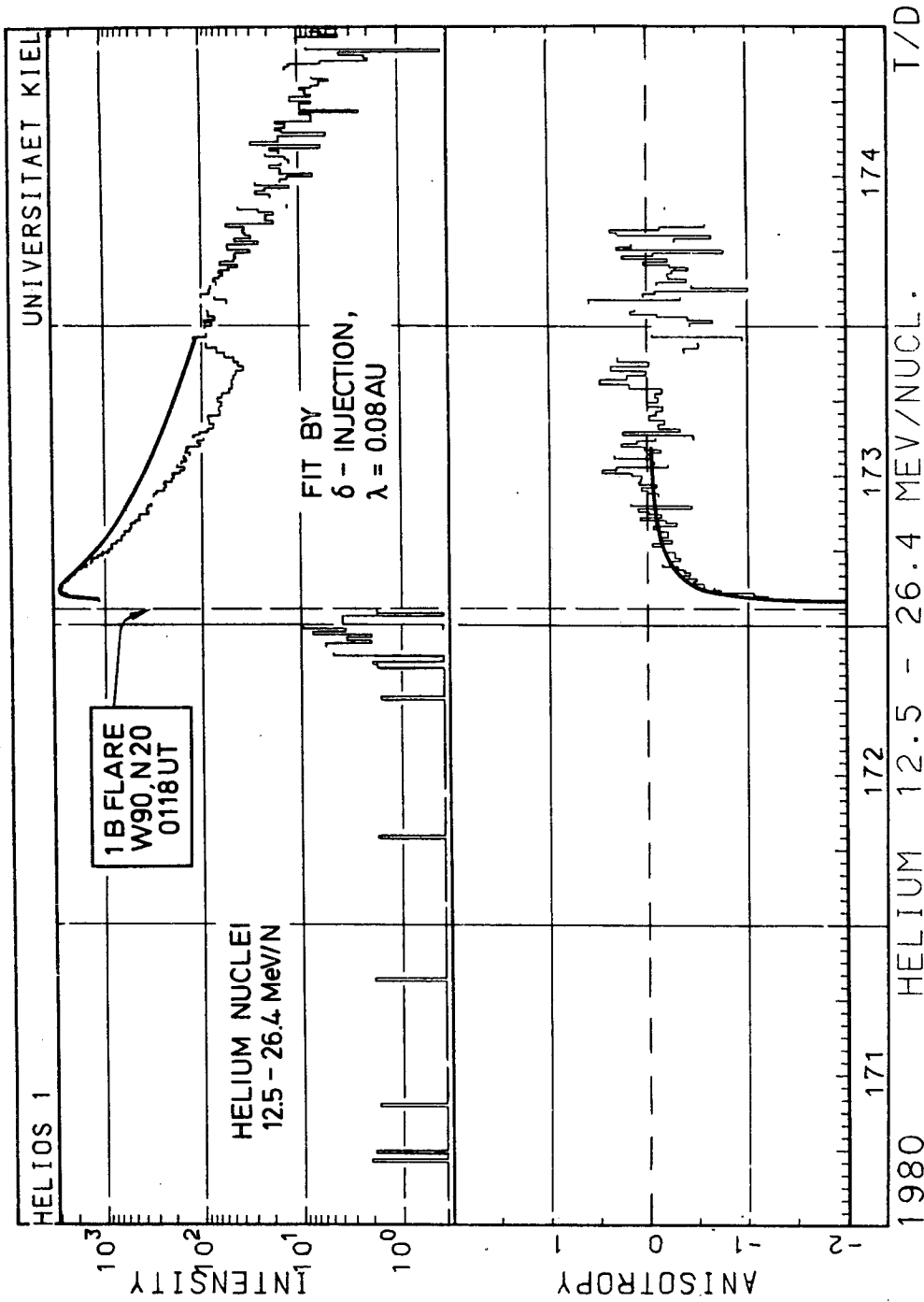


Abb. 5.2-2: Für das solare Ereignis vom 21. Juni 1980 (vgl. No. 4 in Abb. 5.1-2) sind für den Heliumkanal im Energiebereich von 12.5 - 26.4 MeV/Nukleon Intensitäts- und Anisotropieverlauf dargestellt. Die Beobachtungen lassen sich gut beschreiben durch impulsartige Injektion bei der Sonne und eine interplanetare Diffusion mit einer mittleren freien Weglänge von 0.08 AU.

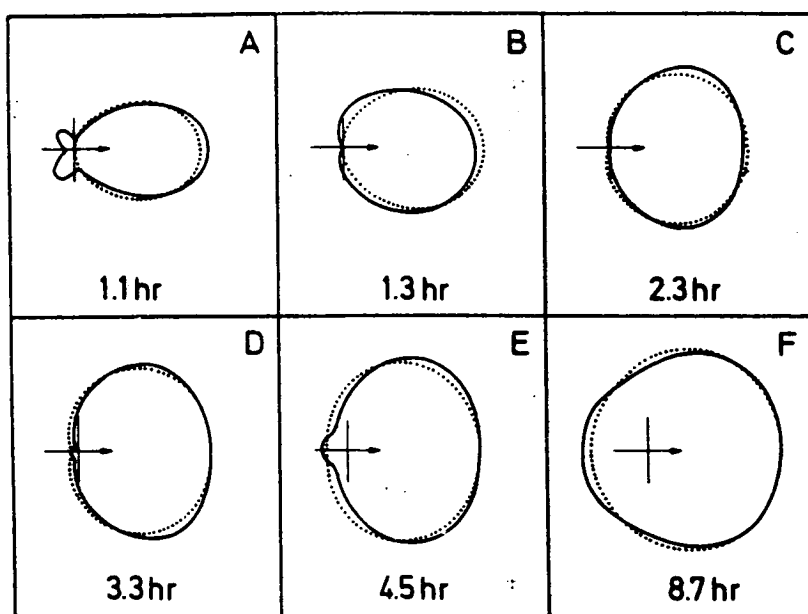


Abb. 5.2-3: Vergleich gemessener Pitchwinkelverteilungen (ausgezogene Kurven) mit der Theorie des fokussierten Transports (gepunktete Kurven) für verschiedene Phasen während des solaren Ereignisses vom 28. März 1976 (aus Bieber et al., 1980)

detaillierten, von HELIOS gelieferten Beobachtungsergebnisse adäquat interpretieren zu können.

(iii) Ereignisse mit sehr langdauernder solarer Injektion.

Es zeigt sich, daß bei großen koronalen Abständen zwischen Flare und Beobachter nicht immer eine angemessene Beschreibung der Beobachtungen durch die einfachen durch (2) und (3) beschriebenen Transportvorgänge möglich ist. Die genauere Untersuchung hat gezeigt, daß man zu einer Modifikation des durch (2) beschriebenen Reidschen Diffusionsmodells kommen muß. Das dazu entwickelte Verfahren wird ebenfalls von Steffens (1981) beschrieben. Hier wird so vorgegangen, daß das Faltungsintegral (1) als Integralgleichung zur Bestimmung der unbekannteren Injektionsfunktion  $I(t)$  aufgefaßt wird. Dabei ist der Dichteverlauf  $U(t)$  aus den Beobachtungen bekannt. Der einzige freie Parameter bei diesem Verfahren ist zunächst der in die Funktion (3) eingehende Diffusionskoeffizient  $D$ . Er wird so lange variiert, bis die aus dem Modell berechnete Anisotropie in befriedigender Übereinstimmung mit den Beobachtungen ist. Ein solches Ergebnis zeigt die Abb. 5.2-5. Bei einer Ausführung der Faltung (1) mit dem Reidschen Diffusionsmodell ergibt sich als beste Anpassung die gestrichelte Kurve. Dabei wird das frühere Ansteigen des beobachteten Dichteprofiles und die relativ kleine Anisotropie schlecht wiedergegeben. Im Gegensatz dazu liefert das Dekonvolutionsverfahren (ausgezogene Kurven) eine exakte Reproduktion des Dichteverlaufs und eine wesentlich bessere Beschreibung der gemessenen Anisotropie.

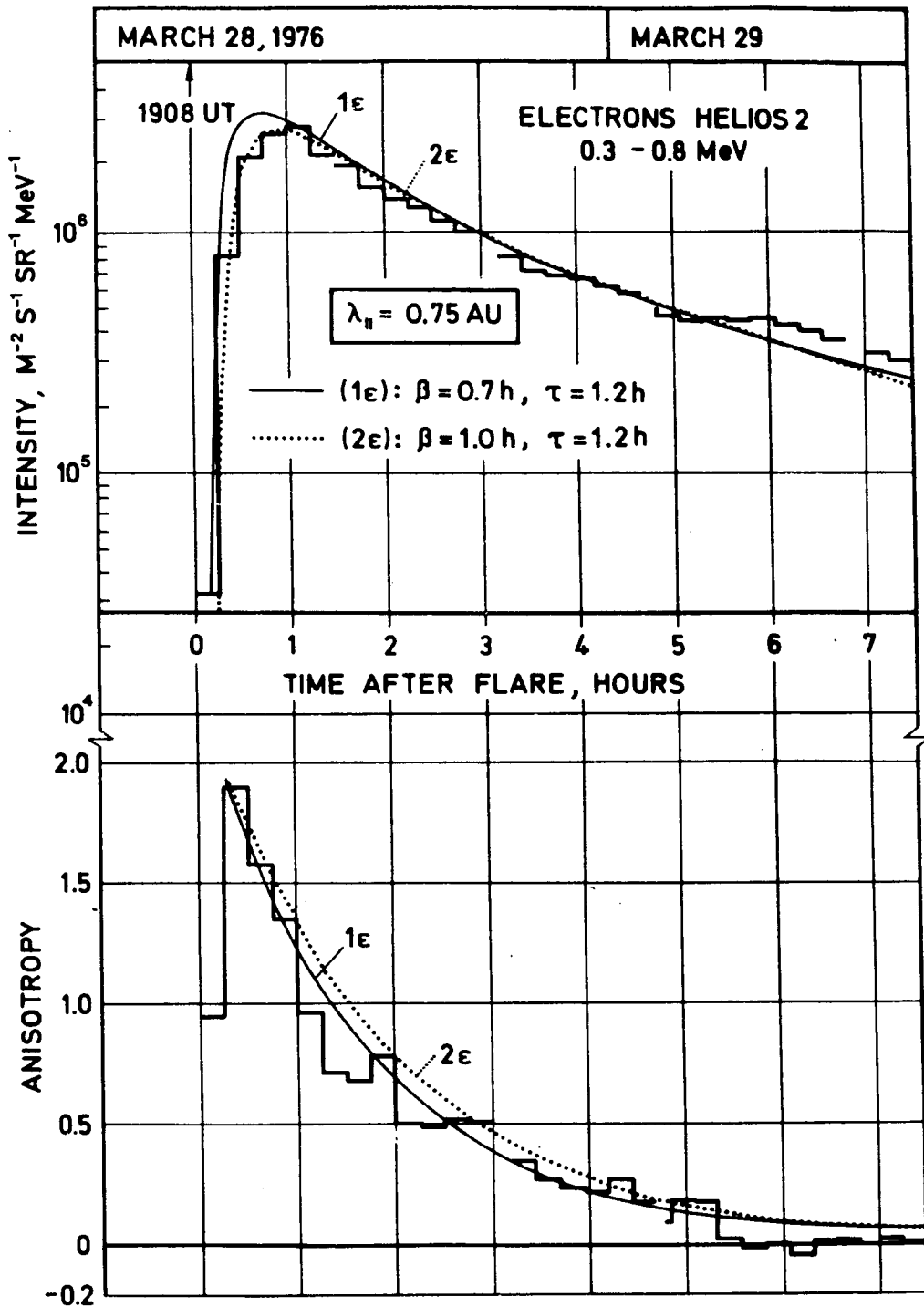


Abb. 5.2-4: Intensitäts- und Anisotropieverlauf für solare Elektronen während des Ereignisses vom 28. März 1976. Vergleich zwischen Theorie und Experiment nach Ng et al. (1981).

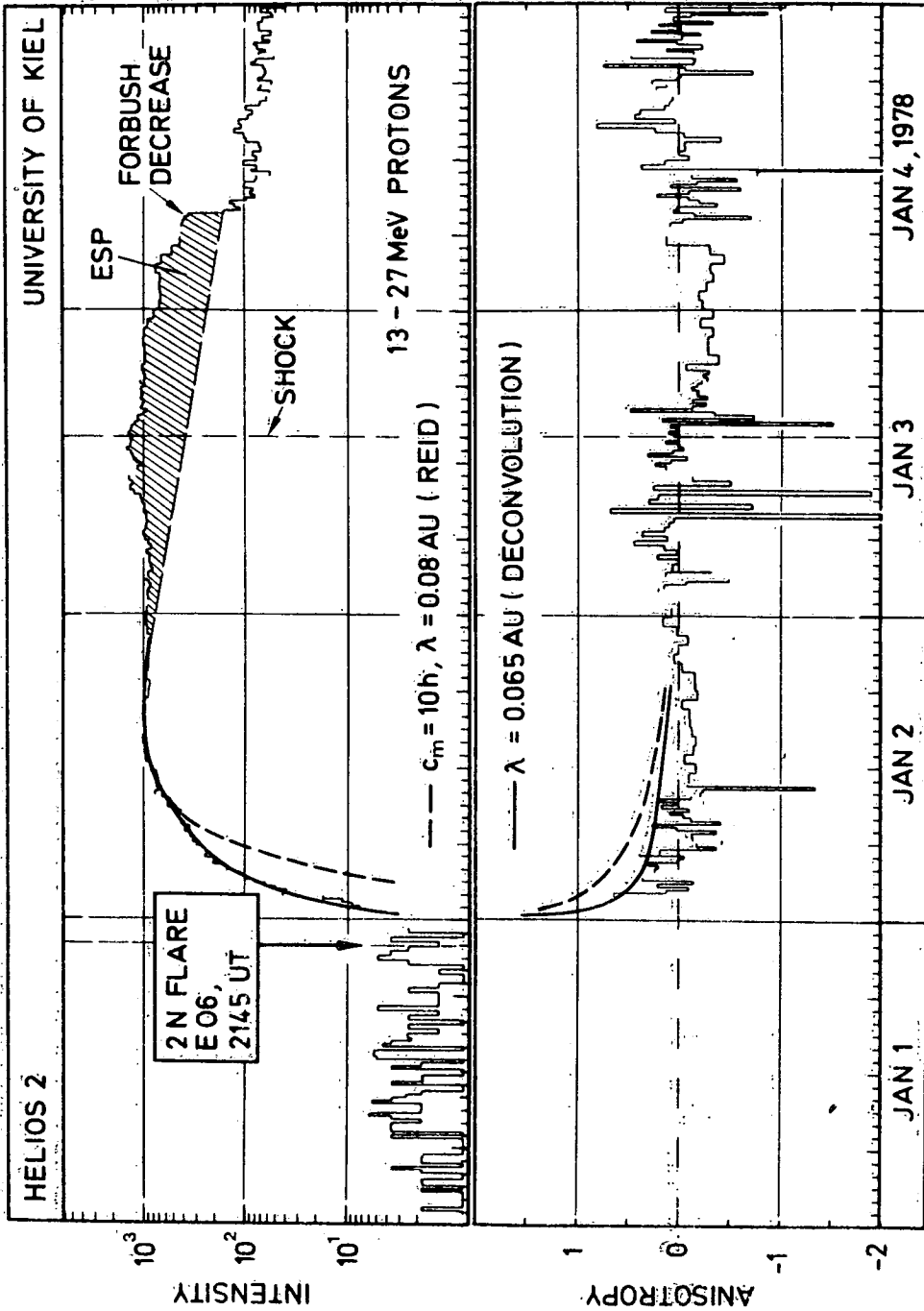


Abb. 5.:2-5: Anpassung von Intensitäts- und Anisotropieverlauf für das solare Ereignis vom 1. Jan. 1978. Gestrichelt: Solare Injektion beschrieben durch das Modell koronaler Diffusion nach Reid; ausgezogen: Ergebnis der Dekonvolution des Faltungsintegrals (nach Steffens, 1981).

(iv) Quellspektren, chemische Zusammensetzung und Flareprozeß:

Zuletzt wurden Ausbreitungsprozesse in der Sonnenumgebung und im interplanetaren Raum beschrieben, entsprechend den einleitend zu Abschnitt 5.2 genannten Effekten (2) und (3). Die Untersuchungen sind für sich genommen interessant, da sie Hinweise auf die Eigenschaften der entsprechenden Raumgebiete und auf die Wechselwirkungen zwischen Plasma, Magnetfeld und energiereichen Teilchen liefern. Daneben liefert die Aufklärung der Ausbreitungsprozesse aber Hinweise auf die Gesamtzahl der beim Flare beschleunigten Teilchen, auf die Energiespektren, auf die chemische Zusammensetzung. Diesen Untersuchungen wird in der jetzt anlaufenden Auswertungsphase des SMY (Solar Maximum Year) besondere Bedeutung zukommen.

Bei einigen Ergebnissen solarer Ereignisse braucht allerdings nicht erst das volle Ausbreitungsproblem gelöst zu werden. Das bezieht sich auf die Untersuchung verschiedener Teilchenarten. Hier ist besonders zu nennen die starke Variation des Verhältnisses von Protonen zu Alphateilchen (Witte, 1979; Witte et al., 1979) sowie die Untersuchung der sog. Helium-3-reichen Ereignisse (Hempe, 1979; Hempe et al., 1979; Kunow, 1978).

### 5.3 Interplanetare Beschleunigung

Außer der Sonne gibt es andere Quellen energiereicher geladener Partikel im Sonnensystem. Hierzu gehören Magnetosphären von Planeten und Stoßwellen im interplanetaren Plasma. Die Signatur der entsprechenden Teilchenereignisse weicht typisch von der bei Flares erzeugten solaren kosmischen Strahlung ab: (1) es werden praktisch keine Elektronen beschleunigt, (2) das Energiespektrum der Nukleonen ist sehr steil, d.h. es treten praktisch keine Teilchen mehr bei hohen Energien auf. (3) Teilchen verschiedener Energie zeigen keine Geschwindigkeitsdispersion. Da das Auftreten dieser Teilchen in engem Zusammenhang mit diskontinuierlichen Änderungen der Eigenschaften des interplanetaren Plasmas und Magnetfeldes steht, ist zu ihrer Identifizierung und Analyse die gleichzeitige Darstellung von Plasma-, Magnetfeld- und Teilchendaten von großer Bedeutung. Hier zeigt sich der hohe Wert der nahezu idealen Instrumentierung von HELIOS und der ausgezeichneten Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Experimentatoren. In Abschnitt 4.1.2 wurde die Aufbereitung von Magnetfelddaten, in Abschnitt 4.4.1 die Behandlung von Sonnenwinddaten, soweit sie für die Korrelation mit den Teilchenmessungen von Bedeutung sind, beschrieben. Bei den interplanetaren Stoßwellen (Shocks) unterscheidet man die korotierenden Shocks, die durch das Aufeinandertreffen schneller und langsamer Sonnenwindströme entstehen, von den flare-erzeugten Shocks, die im Gegensatz zu den korotierenden Shocks nicht-stationär sind und sich im wesentlichen in radialer Richtung ausbreiten. Die entsprechenden Teilchenereignisse für beide Shockarten sind typisch verschieden. Korotierende

Ereignisse an Bord von HELIOS wurden untersucht von Kunow et al. (1977b), Zölllich et al. (1981), Zölllich (1981). Abb. 5.3.-1 zeigt für ein solches Ereignis die Beziehung zwischen der Sonnenwindgeschwindigkeit und der Intensität von Protonen im Energiebereich 4 - 13 MeV. Für die Untersuchung radialer Gradienten ist es von besonderer Bedeutung, mittels der gemessenen Sonnenwindgeschwindigkeit für den Beobachtungsort die solare Länge zurückzurechnen, mit der er entlang eines Magnetfeldbündels verbunden ist.

Die Teilchenpopulation bei flare-erzeugten Shocks wird als ESP-Ereignis (Energetic Storm Particles) bezeichnet. Sie tritt im allgemeinen auf der Rückflanke eines prompten solaren Ereignisses auf (vgl. den schraffierten Teil in der oberen Hälfte von Abb. 5.2-5). Zu einer vollständigen Analyse ist hier die gleichzeitige Untersuchung von Teilchen- und Magnetfelddaten von großer Bedeutung.

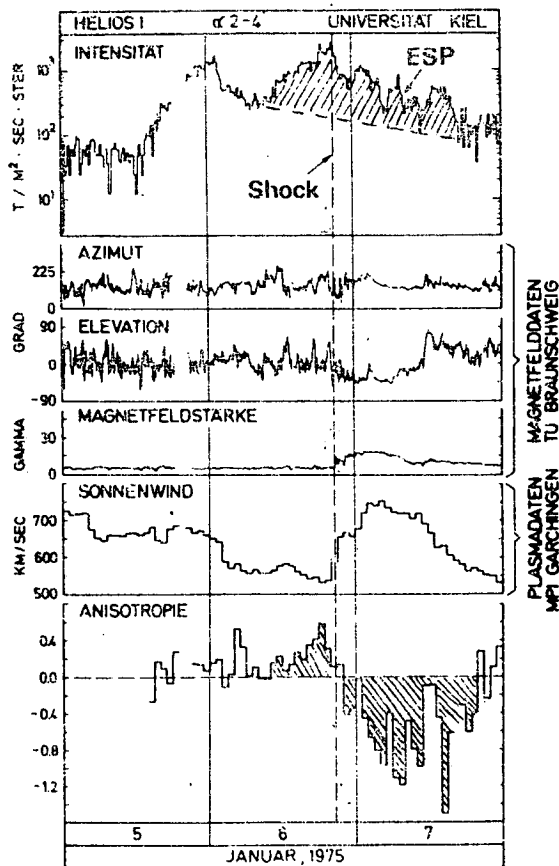


Abb. 5.3-2: Übersichtsbild des solaren Ereignisses vom 5. Januar 1975 für Alphateilchen im Energieintervall von 2 bis 4 MeV. Die ESP-Beiträge sind schraffiert dargestellt. (Aus Zölllich, 1977)

Abb. 5.3-2 (nach Zölllich, 1977) zeigt die typische Signatur eines ESP-Ereignisses: die Teilchenintensität (obere Kurve) beginnt schon viele Stunden vor Eintreffen des Shocks

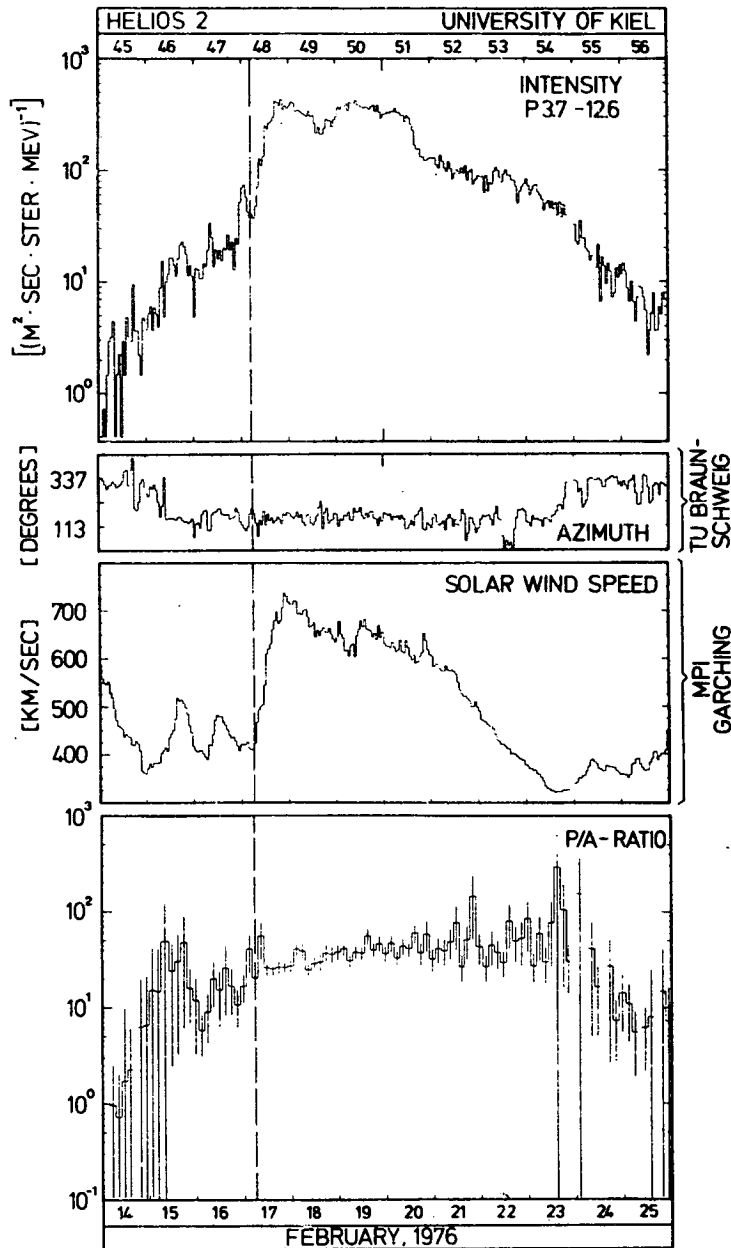


Abb. 5.3-1: Korotierendes Ereignis vom Februar 1976, gemessen von HELIOS 2. (Aus Zölllich, 1981)

Kurve 1 (v. o.): Intensität von Protonen mit 3.7 bis 12.6 MeV

Kurve 2: Azimutrichtung des interplanetaren Magnetfeldes, (Sektorgrenze am 14./15. Februar)

Kurve 3: Sonnenwindgeschwindigkeit

Kurve 4: P-A-Verhältnis



anzusteigen. Die Anisotropie (untere Kurve) steigt zunächst ebenfalls an, geht dann aber in der Nähe des Shocks durch Null und ändert dann ihr Vorzeichen. Das bedeutet, daß die Teilchen den Beobachter nun von der sonnenabgewandten Seite erreichen und daß der über den Beobachter hinwegstreichende Shock tatsächlich die Quelle der Teilchen darstellt. Detailliertere Untersuchungen dieser Art werden inzwischen von Scholz im Rahmen einer Examensarbeit an unserem Institut angestellt. Hier kommt es nun im wesentlichen darauf an, die Daten mit existierenden Beschleunigungsmodellen (Scholer und Morfill, 1976; Axford et al., 1977) zu vergleichen. Dazu dient u.a. die Untersuchung des charakteristischen Anstiegs vor Eintreffen des Shocks, die Variation des Proton-Helium-Verhältnisses und das Studium der Winkelverteilungen vor, während und nach dem Shockdurchgang.

#### 5.4 Solare Modulation galaktischer Teilchen

Das Eindringen der galaktischen kosmischen Strahlung in das Sonnensystem wird beeinflusst von unregelmäßigen zeitlichen Schwankungen des interplanetaren Magnetfeldes, die als Streuzentren für die Strahlungsteilchen wirken (Wibberenz, 1974). Dieser Abschirmmechanismus ist streng korreliert mit dem 11-jährigen Aktivitätszyklus der Sonne und wird in der Theorie beschrieben von einem Diffusions-Konvektions-Modell (Parker, 1965).

Die mathematische Behandlung dieser Transportprozesse besteht in der Lösung einer Fokker-Planck-Gleichung für die Dichte  $U(r,T)$  der kosmischen Strahlung pro Energie-Interval  $dT$ , die die Effekte von Diffusion, Konvektion und adiabatischer Energieabnahme berücksichtigt:

$$\partial U / \partial t + \text{div}(\underline{v}U - \underline{K} \text{grad } U) - 1/3 \partial / \partial T (\alpha TU) \text{div } \underline{v} = 0$$

Hierbei sind  $\underline{v}$  die Sonnenwindgeschwindigkeit,  $\underline{K}$  der Diffusionstensor und  $\alpha = (T + 2T_0)/(T + T_0)$ , wobei  $T_0$  die Ruheenergie ist. Der Zusammenhang zwischen Teilchendichte  $U$  und der tatsächlich gemessenen differentiellen Intensität  $J$  ist gegeben durch  $J = vU/4\pi$ , wobei  $v$  die Teilchengeschwindigkeit ist. Die zeitunabhängige spärlich-symmetrische Form dieser Gleichung lautet:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 v U) - \frac{1}{3} \left[ \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 v) \right] \left[ \frac{\partial}{\partial T} (\alpha T U) \right] = \\ = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 K \frac{\partial U}{\partial r} \right) \end{aligned}$$

Dies ist eine parabolische partielle Differentialgleichung, für die keine analytischen Lösungen existieren, die für alle Energien und mit realistischen Ansätzen für die Form des Diffusionskoeffizienten gültig sind. Das Programm SOLMO berechnet eine numerische Lösung (Fisk, 1971) unter Verwendung

der Methode der impliziten finiten Differenzen (Crank-Nicholsen-Methode). Durch Variation des Diffusionskoeffizienten und geeignete Wahl des Parameters, der die Ausdehnung der Heliosphäre bestimmt, werden die von SOLMO berechneten Spektren an die von HELIOS gemessenen angepaßt. Dies erlaubt eine Aussage über die wichtigste physikalische Größe der Ausbreitungstheorie, nämlich den Diffusionskoeffizienten, über seine räumliche und Steifigkeitsabhängigkeit und über seine zeitliche Veränderung während des 11-jährigen Aktivitätszyklus der Sonne.

Die Messung der Gradienten der Intensität der kosmischen Strahlung in Abhängigkeit von Energie und Teilchensorte liefert einen unmittelbaren Test der Ausbreitungstheorien, auf denen die Modulationsmodelle basieren. In Abb. 5.4-1 werden die mit HELIOS E6 gewonnenen Ergebnisse mit Messungen von Mariner 10 und Pioneer 10/11 verglichen, die zwar einige Jahre früher durchgeführt wurden, aber dennoch zu Zeiten mit vergleichbaren Neutronenmonitor-Zählraten, die für die vorliegende Meßperiode charakteristisch für das Minimum der Sonnenaktivität sind.

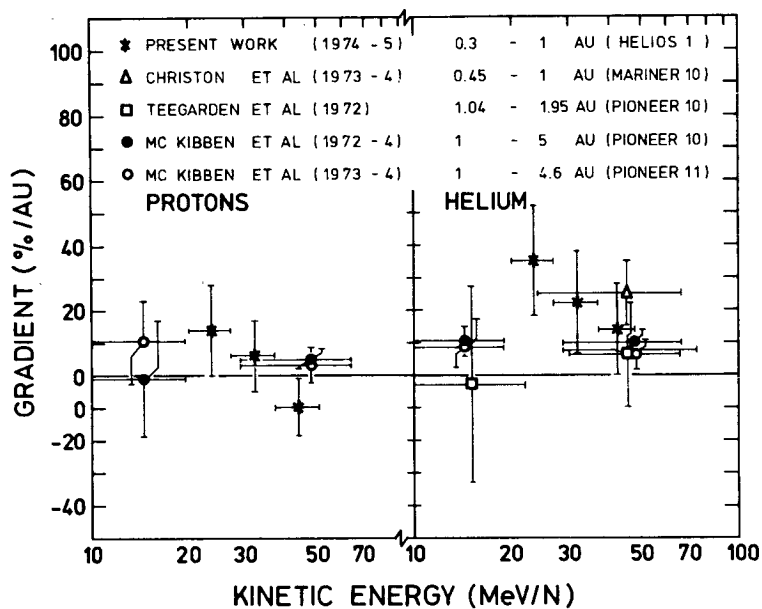


Abb. 5.4-1: Gradienten der galaktischen kosmischen Strahlung zwischen 0.3 und 5 AU.

Es besteht gute Übereinstimmung mit diesen Messungen, und es wird gezeigt, daß für Protonen die kleinen, mit Null verträglichen Gradienten bis 0.3 AU vorherrschen. Die niederenergetische Helium-Komponente verhält sich allerdings anders als die Protonen: Helium hat einen kleinen, aber deutlich positiven Gradienten und wird etwa doppelt so stark moduliert wie Protonen bei gleicher Energie pro Nukleon.

Zeitvariationen erfolgen im inneren Sonnensystem gleichzeitig, d.h. ohne Ausbildung großer Gradienten, und mit einer Verzögerung von 2 bis 3 Monaten auf entsprechende Neutronenmonitor-Änderungen. Dies läßt auf einen großen Abstand

zur Grenze der Heliosphäre schließen ( $\geq 50$  AU) (Müller-Mellin et al., 1976; Müller-Mellin et al., 1977).

## KAPITEL 6

### DATENVERARBEITUNGSANLAGEN

#### 6.1 Hardware

Die sich an den Empfang der EDR-Bänder anschließende Verarbeitung der HELIOS-Experiment-6-Daten ist bisher und wird weiterhin zum ganz überwiegenden Teil auf der für dieses Projekt installierten PDP11-Anlage des Instituts für Reine und Angewandte Kernphysik der Christian-Albrechts-Universität Kiel durchgeführt. Das Universitätsrechenzentrum war zu Missionsbeginn nicht für die regelmäßige Verarbeitung großer Datenmengen auf Magnetband gerüstet und kam dafür also nicht in Betracht, wird jedoch im Rahmen dieses Experiments für theoretische Rechnungen herangezogen. Als Reserveanlage, wie sie von der HELIOS-Projektleitung gefordert wurde, stand eine Telefunkenanlage TR440 in der ehemaligen Außenstelle des Instituts, später umbenannt in Institut für Naturwissenschaftlich-technische Trendanalysen, in Stohl bei Kiel zur Verfügung. Erfreulicherweise mußte jedoch nie davon Gebrauch gemacht werden. Die Kieler Einrichtungen wurden ergänzt durch die Mikrofilmerzeugungsanlage der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitungsanlagen in Bonn. Ihre Dienste sind zwar in beschränktem Umfang in Anspruch genommen worden, jedoch erwiesen sich die elektromechanischen Zeichengeräte an der PDP11 für fast alle Anforderungen der Experimentdatenverarbeitung als ausreichend.

##### 6.1.1 PDP11

Die PDP11-Rechenanlage (Lieferfirma Digital Equipment GmbH) wurde in ihrer Grundstufe mit einer PDP11/20-Zentraleinheit, 16 k Kernspeicher, Lochstreifenein- und -ausgabe, zwei TU10-Magnetbandgeräten (ursprünglich je eine 7-Spur- und eine 9-Spur-Einheit) und einem Calcomp-Trommelplotter 565 im März 1971 in Betrieb genommen und zu Anfang als Test- und Eichplatz für das Detektorsystem sowie die Analog- und Digitalelektronik des HELIOS-Experiments 6 eingesetzt. Die Fähigkeiten eines Rechners waren dabei insbesondere bei mehrdimensionalen Impulshöhenanalysen erforderlich.

Die Anlage wurde den Anforderungen der Experimentvorbereitung gemäß nach einem halben Jahr um ein Festkopffplattenlaufwerk RS64 mit zweimal 64 k Wörtern und ein Doppellaufwerk für DECTapes, danach um ein CAMAC-Interface und im September 1973 um zwei Wechselpplattenlaufwerke RK05, eine Bandeinheit TU10, einen Lochkartenleser und einen Zeilendrucker erweitert. Im Februar 1976 wurde die dann überholte Zentraleinheit PDP11/20 durch die leistungsfähigere PDP11/45 mit Gleitkommaprozessor ersetzt und der Kernspeicher von 28 k auf 68 k erweitert. Hinzu kam Anfang 1977 ein im Vergleich mit den TU10-Typen schnelleres Magnetbandgerät TU45. Im Rahmen eines anderen Weltraumforschungsprojekts unseres Instituts wurde die Anlage durch ein weiteres TU45-Gerät und einen RK06-Wechselplattenspeichers mit 7 M Wörtern Kapazität verstärkt. Die Plattenspeicherkapazität und Zugriffsgeschwindigkeit erhöhte sich Ende 1978 weiter durch die Hinzunahme eines RK07-Wechselplattenspeichers für 14 M Wörter fassende Kassetten.

Auf dem Stand von November 1981 steht der Rechner nunmehr in Verbindung mit folgenden peripheren Geräten:

CA: CAMAC-INTERFACE  
CR: Kartenleser CR11  
LP: Zeilendrucker LP11-J  
PL: Trommelplotter Calcomp 565  
PP: 8-bit-Lochstreifenstanzer  
PR: 8-bit-Lochstreifenleser  
DK0: Wechselplattenspeicher RK05  
DK1: " " "  
DM0: " " RK06  
DM1: " " RK07  
DT0: DECTape-Laufwerk TU56  
DT1: " "  
MM0: 9-Spur-Magnetbandlaufwerk TU45  
MM1: " " "  
MT0: 9-Spur-Magnetbandlaufwerk TU10  
MT1: " " "  
MT2: " " "  
TT0: Konsolterminal DECWRITER II LA36  
TT1: Tektronix 4052 Kleinrechner  
TT2: Bildschirmterminal VT100  
TT3: " "  
TT4: Bildschirmterminal VT52  
TT5: Bildschirmterminal VT100  
TT6: " "  
TT7: Interface Fairchild 4884 zum Tektronix 4052  
TT10: Trommelplotter Calcomp 1012  
TT11: Bildschirmterminal VT52  
TT12: Schreibterminal DECWRITER IV LA34  
TT13: " " "  
VL: Grafikbildschirm VT01A

Das vormals vorhandene RS64-Festkopffplattenlaufwerk ist wegen seiner geringen Speicherkapazität von zweimal 64 k Wörtern wieder aus dem System herausgenommen worden.

Für das Hardwaresystem, soweit es von der Firma Digital Equipment GmbH geliefert ist, besteht seit Ablauf der

Garantiezeiten der Geräte ein Wartungsvertrag mit der Lieferfirma, der eingebettet ist in einen Sammelwartungsvertrag für alle ihre Anlagen an der Kieler Universität. Im Rahmen dieses Vertrages ist Wartungspersonal direkt in der Universität an allen Werktagen dauernd stationiert und wird bei Bedarf durch auswärtige Fachleute ergänzt. Das Bestehen dieses Vertrages hat dem Experiment hervorragend genützt.

## 6.2 Betriebssysteme

### 6.2.1 Papertape Software

Als Betriebssystem diente anfänglich die DEC-Papertape-Software. Ihr Vorteil lag in ihren geringen Ansprüchen an Speicherplatz.

### 6.2.2 DOS/BATCH

Die Papertape-Software wurde wegen ihrer Schwerfälligkeit im August 1971 abgelöst durch das DOS/BATCH-System, bei dem die Betriebssoftware, die Anwendungsprogramme und -dateien auf Magnetplatten zur Verfügung stehen (DEC-Dokument DEC-11-ODBHA-A-D, 1974). Voraussetzung war die Hinzunahme von Plattenspeichern, zunächst also der zwei Festkopflaufwerke RS64, und die Erweiterung des Kernspeichers auf die erforderlichen 28 k Wörter Kapazität.

### 6.2.3 RSX11M

Nachdem die Zentraleinheit der PDP11-Anlage durch den Typ PDP11/45 mit Gleitkommaarithmetikprozessor und Speichermanagement ersetzt worden war, wurde im Jahre 1976 das Betriebssystem der PDP11 von DOS/BATCH auf das ebenfalls plattenorientierte leistungsfähigere Echtzeitsystem RSX11M umgestellt (DEC-Dokument AA-2555D-TC, 1979). Dieses System ist von der Herstellerfirma inzwischen mehrfach verbessert worden und arbeitet jetzt (Oktober 1981) in der Version 3.2. Es vereint in sich Multiprogramming mit schneller Reaktion auf Echtzeitereignisse. Im Gegensatz zu DOS/BATCH können mehrere Programme gleichzeitig laufen, wobei ihnen gemäß einer vorher vereinbarten Rangfolge (Priorität) im zyklischen Wechsel Arbeitszeit der Zentraleinheit zugeteilt wird (Multiprogramming). Ein- und ausgabeintensive Programme, wie sie typisch sind für die Datenverarbeitung des HELIOS-Experiments 6, behindern sich dabei gegenseitig kaum. Ist der Platzbedarf gleichzeitig aufgerufener Programme

insgesamt größer als der verfügbare Speicher, werden die Programme auf der Grundlage einer sich dynamisch verändernden Zusatzrangfolge (Swapping-Priorität) auf Plattenspeicher ausgelagert (Checkpointing), wofür zunächst die zwei RK05-Laufwerke, später dann das RK06- und das RK07-Laufwerk benutzt wurden. Voraussetzung für einen effektiven Betrieb ist ein ausreichend großer Speicher, wie er in der jetzigen Ausbaustufe mit nutzbaren 124 k Wörtern vorliegt. Die Echtzeitfähigkeiten des Betriebssystems lassen sich u.a. nutzen bei Weiterentwicklung, Erprobung und Eichung von Instrumenten, wie sie für die Messung der kosmischen Strahlung auf HELIOS eingesetzt worden sind.

Die Vorteile gegenüber DOS/BATCH im Hinblick auf die Geschwindigkeit der Datenverarbeitung wie auch im Hinblick auf die Verfügbarkeit des Rechners für die Entwicklung und Erprobung neuer Programme haben sich als beträchtlich erwiesen.

Als Programmiersprachen stehen MACRO-Assembler, FORTRAN-4-Plus, BASIC und PASCAL zur Verfügung, von denen für die magnetbandorientierte Datenverarbeitung zur Hauptsache FORTRAN sowie für einige spezielle Zwecke MACRO benutzt worden sind.

## KAPITEL 7

### DATENVERARBEITUNGSBETRIEB

Die Aufbereitung und Verarbeitung der wissenschaftlichen Daten der Instrumente zur Messung der kosmischen Teilchenstrahlung an Bord der Raumsonden HELIOS 1 und HELIOS 2 erfolgte an einer Datenverarbeitungsanlage des Typs PDP 11, die dem Institut für Reine und Angewandte Kernphysik zu diesem Zweck ganztägig zur Verfügung steht. Die Anlage wurde als Testgerät für die verschiedenen Modelle des Instruments installiert und später zum Zwecke der Datenverarbeitung und Datenaufbereitung weiter ausgebaut. Eine genaue Beschreibung der Anlage befindet sich in Kapitel 6.

Unschätzbare Vorteile bestehen darin, daß die Datenverarbeitungsanlage durch ihren Standort in den Räumen der Experimentatoren und auf der Grundlage von regelmäßiger Wartung jederzeit schnellen Zugriff bietet und daß die Operateure voll in das Experimentatorenteam integriert sind. Dies hat sich im Verlauf des Datenverarbeitungsbetriebes immer wieder gezeigt, wenn es darum ging, mit von außen herangetragenen (EDR-)Problemen oder selbst erzeugten Problemen flexibel und unbürokratisch fertigzuwerden. Hinzu kommt, daß die Experimentatoren, die auch an der Hardware-Entwicklung beteiligt waren, den größten Teil der Programme zur Datenaufbereitung und Datenverarbeitung geschrieben haben. Flexibilität und Sachkompetenz waren der Schlüssel dafür, daß die Datenverarbeitung am Institut für Reine und Angewandte Kernphysik praktisch über die gesamte Mission immer mit der geringsten möglichen Verzögerung gegenüber dem Datenempfang gearbeitet hat. Dies hat sich u.a. bei Konferenzen und Workshops gezeigt, wenn wir die uns verfügbaren Daten z.B. mit den Daten unseres amerikanischen Parallel-Experiments verglichen.

Die direkten Arbeiten an der Datenaufbereitung und Datenauswertung begannen am 1. 6. 1972. Dabei ging es zunächst um die Erarbeitung vorläufiger Konzepte zur Datenauswertung des Experiments in Zusammenarbeit mit einem Gesamtkonzept zur wissenschaftlichen Datenauswertung HELIOS. Es zeigte sich sehr bald, daß die Struktur des Experiment-Datenrahmens, der aufgrund der vorausgegangenen Datenreduktion und -kompression sehr komplex gestaltet war (vgl. Kapitel 1.6), eine Datenaufbereitung durch die Experimentatoren selbst zwingend erforderte. Da im Testprogrammpaket für die Experimenttests zum Teil ähnliche Programme bereits auf dem computergesteuerten Testgerät des Instituts liefen, bot es sich an, das Testgerät entsprechend zu



erweitern, um auch die Auswertung der Experiment-Datenbänder auf dieser Anlage vorzunehmen.

Sehr nützlich war auch die Beteiligung eines Spezialisten der Datenauswertung des Kieler AZUR-Experiments an der Definition der HELIOS-Datenauswertung in dieser Phase für einige Monate. Dadurch war es möglich, bereits 1972 ein erstes Konzept für den Datenverarbeitungsplan vorzulegen. Im Jahre 1973 wurde ein Co-Experimentator, R. Müller-Mellin, für fünf Monate an das Goddard-Space-Flight-Center, Greenbelt, Maryland geschickt, um die Methoden der Datenaufbereitung und Datenverarbeitung ähnlicher Experimente in den U.S.A. zu studieren. Die dort gemachten Erfahrungen ermöglichten es uns, die Datenverarbeitung in optimaler Weise, ausgerichtet auf die Anforderungen der wissenschaftlichen Datenanalyse zu organisieren, die zugrunde liegenden Ideen für viele Teilprogramme zu übernehmen sowie Mängel, die zum Teil historisch bedingt waren, zu vermeiden.

Es zeigte sich bald, daß das rechnergestützte Testsystem für die Zwecke der Datenverarbeitung doch beträchtlich erweitert werden mußte. Notwendig war insbesondere die Erweiterung um Magnetbandgeräte, Plattenspeicher, Kernspeicher und um einen Zeilendrucker, um die Masse der anfallenden Informationen sowie die Matrizen für mehrdimensionale Darstellungen effektiv ausdrucken zu können.

In der zweiten Hälfte des Jahres 1973 und im Jahre 1974 erfolgte die Entwicklung der Mehrzahl der zur Datenaufbereitung und Datenverarbeitung notwendigen Programme. (Vgl. Kapitel 3 und 4). Darüber hinaus wurde in diesen Jahren von mehr theoretisch orientierten Wissenschaftlern des Instituts für Kernphysik an der Verarbeitung von Modellen für die koronale und interplanetare Ausbreitung solarer Teilchen gearbeitet. (Vgl. die Arbeiten von Reinhard, Richter, Schulze und Kunstmann in Kapitel 5).

Der endgültige Datenauswertungsplan wurde im März 1974 fertiggestellt. Am 28. 8. 1974 fand ein Review der Datenverarbeitungsplanung durch die Projektleitung und den Projektwissenschaftler statt. Es wurde festgestellt, daß sich die Vorbereitungen zur Datenverarbeitung in einem guten Zustand befanden.

Nach dem Start von HELIOS 1 am 10. Dez. 1974 wurde mit großer Intensität an Fertigstellung und Tests der Datenverarbeitungsprogramme gearbeitet. Die Tests des Datenverarbeitungssystems mit Dummy-EDRs ergab keine wesentlichen Probleme. Die Erstellung von Test-EDRs unter Verwendung von Daten des Thermal-Vakuum-Tests verzögerte sich stark und hatte darüber hinaus praktisch keine Relevanz für eine physikalisch orientierte Auswertung. Später dauerte es sehr lange, bis die routinemäßige Produktion verlässlicher Experiment-Datenbänder am 4. 11. 1975 am GSOC begann.

Erst nach Verarbeitung der ersten Test-EDRs stellte sich heraus, daß der veranschlagte Aufwand an Maschinenzeit (Zeit, in der die Rechenmaschine mit allen peripheren Geräten durch keine anderen Aufgaben benutzt werden kann) wesentlich höher war, als

vorher abgeschätzt wurde. Zur Aufarbeitung von 24 Stunden Missionszeit waren bei Anwendung aller Routine-Datenverarbeitungsprogramme auf den Datensatz ca. 18 Stunden Maschinenzeit notwendig. Dies war im wesentlichen auf die sehr komplexe Struktur des Experiment-Datenrahmens sowie auf aufwendige Rechenoperationen und lange Magnetbandspulzeiten zurückzuführen. Im Jahre 1975 wurde deshalb die Zentraleinheit, die bis dahin aus einer PDP 11/20 bestand, ausgetauscht und durch eine PDP 11/45 ersetzt, wobei gleichzeitig die Speicherkapazität erhöht wurde. Dieser Austausch wirkte sich wie vorhergesagt tatsächlich so aus, daß die parallele Datenverarbeitung für HELIOS 1 und HELIOS 2 in ca. 2 bis 2.5 Operateursschichten durchgeführt werden konnte.

Im Jahr 1975 war darüber hinaus in erhöhtem Maße Missionsunterstützung durch Experimentatoren, insbesondere in den ersten Monaten nach dem Start sowie bei Perihelppassagen, erforderlich. Während der Zeiten, in denen kein Experimentator des Experiments am Kontrollzentrum anwesend war, wurden die Near-Real-Time-Daten von HELIOS 1 an das Institut geschickt und hier besonders intensiv durchgesehen, um ein ordnungsgemäßes Funktionieren des Experiments zu erhalten.

Interessante Ereignisse kündigen sich vielfach durch Änderungen in den Sonnenfleckengruppen an. Aus diesem Grunde wurde besonders im ersten Missionsjahr intensiv die Information über Sonnenaktivität und Zustand des interplanetaren Raumes aufbereitet, die täglich viermal vom Weltwarnzentrum Boulder, Colorado per Telex an das Institut gesandt wird. Basierend auf diesen Informationen wurde versucht ein Vorwarnsystem für spezielle, wissenschaftlich besonders interessante Ereignisse für HELIOS zu entwickeln.

Im Jahr 1975 wurden erste Vorträge über Ergebnisse von HELIOS auf internationalen Konferenzen gehalten, die auf großes Interesse stießen.

Im Jahr 1976, nach dem Start von HELIOS 2, ergaben sich sowohl für den Missionsbetrieb als auch für die Datenverarbeitung zusätzliche Probleme, da nunmehr von zwei Raumfahrzeugen gleichzeitig mit praktisch vollständiger zeitlicher Überdeckung Daten geliefert wurden. Mit dem Team des GSOC, Oberpfaffenhofen, wurden Prozeduren ausgearbeitet, nach denen beide Raumfahrzeuge in routinemäßigem Wechsel kommandiert und überwacht werden konnten. Dies war deshalb nicht ganz einfach, da sowohl operationelle Gesichtspunkte als auch die Anforderungen der verschiedenen Wissenschaftlergruppen, die zum Teil recht unterschiedlich waren, in Einklang gebracht werden mußten. Ein guter Standardbetriebsplan für beide Raumfahrzeuge, der jeweils an die Gegebenheiten des einzelnen Tages angepaßt werden konnte, war eine wesentliche Voraussetzung für den sehr erfolgreichen Betrieb der beiden Raumfahrzeuge mit einem Maximum an zurückgewonnenen wissenschaftlichen Daten. An dieser Stelle ist zu sagen, daß es auch heute noch kaum Raumfahrzeuge mit derart kompletter Datenüberdeckung gibt, wie wir sie von beiden HELIOS-Raumfahrzeugen über Jahre erhalten haben.

Neben der weiteren Verfolgung der Vorwarnmeldungen über die

Sonnenaktivität wurde ein Programm für eine sogenannte Science-Emergency entwickelt, nach der im Falle von vorhersagbaren solaren Ereignissen hohen wissenschaftlichen Wertes versucht werden sollte, zusätzliche Datenempfangsstationen zu erhalten. Tatsächlich wurde für einige Ereignisse im Jahre 1976 für Zeiten ohne Datenüberdeckung zumindest eines der beiden Raumfahrzeuge bei Vorhersage starker Sonnenaktivität erreicht, daß für HELIOS zusätzliche Antennen des Deep-Space-Network zur Verfügung gestellt werden konnten. Dies galt insbesondere für Ereignisse des sehr interessanten und intensiv ausgewerteten STIP-Intervalls II (Kunow et al., 1977c).

Aufgrund der starken Verzögerungen der Auslieferung von Datenbändern im Jahre 1975 mußte 1976 weitgehend ein 24-Stunden-Betrieb für die HELIOS-Datenverarbeitung eingeführt werden. Auch weiterhin blieb es nicht aus, daß Fehler auf Experiment-Datenbändern oder Folgebändern aufgrund von Programmfehlern festgestellt wurden, die zu einer erneuten Überarbeitung größerer Datensätze Anlaß gaben. Darüber hinaus mußten weiter Programme zur Datenanalyse erarbeitet werden, die sodann auf die Datensätze angewandt wurden.

Auf nationalen und internationalen Konferenzen wurden vielfach spezielle HELIOS-Symposien abgehalten, auf denen die wissenschaftliche Öffentlichkeit über die Ergebnisse von HELIOS 1 und erste Ergebnisse von HELIOS 2 informiert werden konnte. Im Herbst 1976 hielt das Kieler Experiment-Team ein einwöchiges Seminar über den wissenschaftlichen Hintergrund der HELIOS-Messungen ab, bei dem referiert wurde über den momentanen Stand der Erkenntnisse für die verschiedenen physikalischen Erscheinungen, die von HELIOS 1 und HELIOS 2 gemessen werden können. Wissenschaftliche Kooperationen wurden begonnen mit dem Goddard-Space-Flight-Center zur Frage der Gradienten und der Modulation der galaktischen kosmischen Strahlung, für die vom Goddard-Space-Flight-Center die Referenzdaten bei einer Astronomischen Einheit, gemessen mit IMP, zur Verfügung gestellt werden konnten. Außerdem wurde mit dem California Institute of Technology eine Zusammenarbeit zur Frage der radialen Abhängigkeit korotierender Ereignisse begonnen.

Mit Beginn des Jahres 1977 konnte die Datenverarbeitung in zunehmendem Maße routinemäßig durchgeführt werden, obwohl auch in diesem Jahr weitere Probleme erneut Programmänderungen und zum Teil Mehrfachverarbeitung von Experiment-Datenbändern und von Folgebändern erforderlich machten. Insbesondere waren dies Sprünge in der Uhr des Raumfahrzeuges, die eine korrekte zeitliche Zuordnung, vor allem von Daten aus dem Kernspeicher, sehr schwierig machten. Außerdem gab es, wie in den Vorjahren, immer wieder Probleme mit der Erstellung der an Bord gespeicherten Daten auf speziellen DM7-Datenbändern. Auch mußten zusätzliche Programme zur Verbesserung der Datenpräsentation aufgrund der bisherigen Erfahrungen sowie weitere Programme zur wissenschaftlichen Datenauswertung erstellt werden.

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Zusammenarbeiten mit dem Goddard-Space-Flight-Center und dem CALTEC wurde eine Kooperation mit J. A. Earl von der University of Maryland zur

Frage der interplanetaren Ausbreitung solarer Teilchen unter den konkurrierenden Einflüssen von Fokussierung und Streuung begonnen. Diese Zusammenarbeit führte zu einem einjährigen Aufenthalt von J. A. Earl und einem neunmonatigen Aufenthalt von J. W. Bieber, beide University of Maryland, am Institut für Kernphysik.

Einer von uns, B. Iwers, war vom März 1977 bis Februar 1979 Faculty-Research-Assistent an der University of Maryland und hat in Zusammenarbeit mit dem Goddard-Space-Flight-Center an IMP-Daten, insbesondere Elektronenmessungen, gearbeitet. Er hat dabei viele Erfahrungen gewonnen, die nach seiner Rückkehr in das Kieler Experiment-Team der Datenauswertung zugute kamen.

Etwa zur gleichen Zeit war G. Green während zweier kürzerer Aufenthalte an der Johns Hopkins University, Applied Physics Laboratory, Laurel, Maryland. Er hat dort in Zusammenarbeit mit E. C. Roelof die Wirkung konzentrierter interplanetarer Streuregionen auf die Ausbreitung von Flareteilchen in einem im übrigen als streufrei modellierten Medium studiert. Die bereits vorliegenden HELIOS-Intensitäts- und Anisotropiemessungen von solaren Ereignissen aus der Zeit des solaren Minimums boten dazu eine hervorragende empirische Grundlage.

Zusammen mit R. E. Gold vom Applied Physics Laboratory fand er anlässlich dieser beiden Aufenthalte außerdem, daß sich 0.5-MeV-Elektronen vom Jupiter selbst in Perihel-Passagen, also bei nur 0.3 AU Abstand von der Sonne, deutlich in den HELIOS-Daten abzeichnen. Bis dahin galt ihr Eindringen in das innere Sonnensystem nur bis 1 AU als bestätigt.

Auch 1977 wurden wieder viele Daten auf nationalen und internationalen Konferenzen präsentiert.

Das Jahr 1978 war im Hinblick auf die Datenaufbereitung gekennzeichnet von einem relativ störungsfreien Routinebetrieb. Die eingehenden Experiment-Datenbänder wurden mit praktisch keiner Verzögerung am Institut für Kernphysik weiter verarbeitet, so daß verhältnismäßig schnell aktuelle Daten präsentiert werden konnten. Die im Experiment-Team arbeitenden Wissenschaftler spezialisierten sich auf bestimmte Erscheinungen und untersuchten die vorhandenen Daten in Bezug auf die jeweiligen Effekte sehr detailliert. Die internationale Zusammenarbeit wurde fortgesetzt und erweitert um eine Zusammenarbeit zwischen HELIOS-Experimentatoren und den Experimentatoren auf VOYAGER 1 und 2 und IMP 7 und 8, die im September 1978 zu einem HELIOS-VOYAGER-Workshop führte. Die Ergebnisse wurden, soweit sie abgeschlossen waren, als Vorträge und Veröffentlichungen vorgestellt.

Im Jahre 1979 gab es dann bei der Routinedatenverarbeitung einige Verzögerungen, da sich herausgestellt hatte, daß die Magnetfelddaten auf den Experiment-Datenbändern, die nach vorläufigen Algorithmen bereits vom GSOC berechnet worden sind, einer genaueren Prüfung und insbesondere einer Publikation nicht standhalten. Es war also erforderlich, vom Experimentator, F. Neubauer, der TU Braunschweig, neu korrigierte Datenbänder für eine genauere Analyse sowie für Veröffentlichungen zu verwenden.

Hierfür mußten zunächst neue Programme zur Einmischung dieser Daten entwickelt werden. Darüber hinaus ergab sich die Notwendigkeit, praktisch alle Magnetfelddaten für die gesamte Mission neu einzumischen. Für insgesamt neun Missionsjahre von HELIOS 1 und HELIOS 2 zusammen war dies ein erheblicher Arbeitsaufwand, der zwangsläufig zu Verzögerungen bei der aktuellen Datenaufbereitung führen mußte.

Wissenschaftlich wurden im Jahr 1979 insbesondere die Arbeiten zu den Protonen-Alpha-Verhältnissen zu Zeiten solarer Ereignisse vorläufig abgeschlossen und in Form einer Dissertation von M. Witte vorgelegt. Ebenso wurden vorerst die Arbeiten an Helium-3-reichen Ereignissen von H. Hempe abgeschlossen und als Dissertation vorgelegt. Gleichzeitig schieden damit aber auch schon die ersten langjährigen Mitarbeiter des HELIOS-Teams aus dem Experiment-Team aus, wodurch es notwendig wurde, die von ihnen erarbeiteten Programmpakete durch andere Mitarbeiter übernehmen zu lassen.

Bei dieser Gelegenheit zeigte sich erneut die Notwendigkeit, die Zahl der Personalstellen (Stammpersonal) zur langfristigen Unterstützung von Forschungsvorhaben des vorliegenden Typs zu erhöhen. Nur auf diese Weise kann sichergestellt werden, daß grundlegende Erfahrungen aus einem Forschungsprojekt auch in spätere Anwendungen einfließen können bzw. zur weiteren Bearbeitung desselben Projekts zur Verfügung stehen.

Die auf nationalen und internationalen Konferenzen veröffentlichten Ergebnisse wurden mit großem Interesse aufgenommen.

Leider fiel am 10. März 1980 HELIOS 2 vollständig aus, so daß seit diesem Tag praktisch nur noch die Daten von HELIOS 1 zur Verfügung stehen. Wissenschaftlich ist das ein großer Verlust, da viele interessante Ergebnisse sich besonders auf die Daten beider Raumfahrzeuge gleichzeitig an verschiedenen Orten stützten. Da HELIOS 1 jedoch mittlerweile mehr als sechs Jahre lebte, wurde bereits - rein aufgrund der langen Lebensdauer - erreicht, wofür 1975 und 1976 mit großem Einsatz geworben wurde: eine Solar-Maximum-Mission. Tatsächlich zeigen die Daten in beträchtlich verstärktem Maße solare Ereignisse, so daß nahezu keine ruhigen Zeiten mehr beobachtet werden konnten.

Die Datenverarbeitung ist weitgehend auf dem laufenden, doch die wissenschaftliche Auswertung der Experimente konzentriert sich bei der Fülle des vorliegenden Datenmaterials zunächst auf besonders interessante Zeitintervalle. Die Bearbeitung von Gesamtübersichten, wie z.B. die Herausgabe eines Kataloges solarer Ereignisse, ist inzwischen auch von besonderem wissenschaftlichen Interesse, wird jedoch zunächst noch etwas zurückgestellt. Neue internationale Kooperationen wurden begonnen z.B. mit dem Central-Research-Institute for Physics, Budapest, Ungarn, sowie mit der University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia, wobei es insbesondere um den Vergleich von HELIOS-Daten sowie Daten anderer Raumfahrzeuge mit theoretischen Modellen geht. Diese Arbeiten werden weiterhin fortgesetzt. Darüber hinaus konzentrieren sich die Arbeiten momentan auf die

Auswertung von besonders interessanten solaren Ereignissen des Solar-Maximum-Year, für die Kollaborationen im Rahmen internationaler Studiengruppen des Solar-Maximum-Year (STIP, FBS) insbesondere auch mit Experimentatoren der ISEE- und der Solar-Maximum-Mission vorgesehen sind.

## KAPITEL 8

### SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die wissenschaftlichen Ergebnisse des Experiments zur Messung der kosmischen Strahlung an Bord der Sonden HELIOS 1 und HELIOS 2 (Experiment 6) sind das Ergebnis einer erfolgreichen Zusammenarbeit von vielen Arbeitsgruppen an verschiedenen Forschungsinstituten, Industriefirmen und Verwaltungsstellen über einen Zeitraum von nunmehr 15 Jahren. Dabei wurde zunächst das Meßgerät entwickelt, gefertigt und zur Flugreife gebracht. Das Raumfahrzeug und das flugfähige Instrument sind die Basis zur Erlangung wissenschaftlicher Ergebnisse. In der letzten Phase der Experiment-Tests wurde mit der Vorbereitung der Datenauswertung begonnen. Aus den Beschreibungen der Kapitel 2 bis 5 des vorliegenden Berichtes ist zu ersehen, wie außerordentlich komplex das gesamte Datenverarbeitungssystem für dieses Experiment ist. Im Zusammenhang mit den Vorbereitungen und der Durchführung der Datenverarbeitung für dieses Experiment wurden viele Programme entwickelt, die auch für die Datenauswertung anderer Experimente der Weltraumforschung eingesetzt werden können. So wurden z.B. bei HELIOS entwickelte Unterprogramme zur Datenverarbeitung bei ISEE in nur wenig modifizierter Form wieder verwendet. Auch für die Auswertung von Tests für ein Experiment des ISPM-Projekts wurden Programmteile bereits verwendet, eine intensive Nutzung von Programmen der HELIOS-Datenauswertung bei der Auswertung dieses Experiments ist vorgesehen. Ebenso stehen die Programme zur modellmäßigen mathematischen Beschreibung von Vorgängen im interplanetaren Raum natürlich für die wissenschaftliche Interpretation von Daten anderer Projekte zur Verfügung, wie es insbesondere bereits bei wissenschaftlichen Kooperationen in Form von Anwendung auf Daten anderer Raumfahrzeuge eingesetzt wurde. Zusammenfassend ist also zu sagen, daß mit dem Aufbau des Rechnersystems mit den zugehörigen peripheren Geräten, durch den Aufbau des Systems der Datenverarbeitungsprogramme für HELIOS sowie durch die Erfahrungen in der Verarbeitung, Auswertung und Interpretation eines sehr umfangreichen Datensatzes am Institut für Reine und Angewandte Kernphysik die Grundlage dafür geschaffen wurde, Messungen von weiteren Instrumenten zur Erforschung des Weltraums effektiv auszuwerten.

Die Fülle der vorliegenden Daten, die auf der langen Lebensdauer der Sonde und des Meßinstruments, auf einer guten Steuerung des SONDENSYSTEMS sowie auf der großen Unterstützung des Projekts durch Bereitstellung von Antennenzeit beruht, bedingt, daß noch längst nicht alle Daten nach den

erforderlichen Kriterien untersucht worden sind. Viele Aspekte, die zum Verständnis des interplanetaren Raumes zwischen Sonne und Erde, zur Deutung der Vorgänge auf der Sonne und zur Funktion der Heliosphäre insgesamt notwendig sind, konnten bisher nicht untersucht werden. Wir hoffen, daß wir nach Überschreiten des Sonnenfleckenmaximums noch möglichst lange Daten von HELIOS 1 bekommen werden. Zusätzlich zur Auswertung dieser neuen Daten werden wir uns jedoch noch einige Jahre mit der genaueren Analyse und Interpretation bereits vorhandener HELIOS-Daten beschäftigen müssen.



## KAPITEL 9

### DANKSAGUNG

Das deutsch-amerikanische kooperative Raumforschungsprojekt HELIOS wurde iniziert und gefördert durch den Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) und die National Aeronautics- and Space Administration (NASA). Das Experiment der Universität Kiel wurde gefördert durch den BMFT über die DFVLR-Bereich Projektträgerschaften. Wir möchten hierfür besonders dem Programm-Manager K. Käsmeyer und dem Programm-Wissenschaftler M. Otterbein danken. Mit allen Mitgliedern des deutschen Projektbüros bei der DFVLR-BPT haben wir jederzeit gut zusammengearbeitet. Stellvertretend für alle möchten wir an dieser Stelle dem ehemaligen Projektleiter des HELIOS-Projekts, A. Kutzer, und W. Kempe danken. Für die besondere Unterstützung durch das amerikanische Projektbüro und das JPL-Deep-Space-Network möchten wir dem amerikanischen Projekt-Management unter dem Projekt-Manager G. Ousley (NASA-GSFC) und K. Heftmann (JPL) danken.

Die Projekt-Wissenschaftler H. Porsche und J. Trainor haben sich jederzeit mit großem Engagement dafür eingesetzt, daß in größtmöglichem Umfang Daten optimaler Qualität den Experimentatoren zur Verfügung gestellt werden konnten.

F. Neubauer und G. Mußmann, Institut für Geophysik und Meteorologie der Technischen Universität Braunschweig, sowie H. Rosenbauer und R. Schwenn, MPA Lindau und MPE Garching, danken wir für die Bereitstellung der Magnetfeld bzw. Sonnenwinddaten ihrer HELIOS-Experimente.

Außer dem Team der Universität Kiel waren an der Entwicklung und Fertigung des HELIOS-Experiments 6 eine Arbeitsgruppe des Instituts für Datenverarbeitungsanlagen der Technischen Universität Braunschweig unter Leitung von F. Gliem, die Firma Dornier System GmbH mit dem Projektleiter A. Popp, die Firma AEG-Telefunken und die Firma Matrix Corporation, U.S.A., beteiligt. Allen Mitarbeiter dieser Arbeitsgruppen, die am Experiment mitgearbeitet haben, möchten wir noch einmal für die ausgezeichnete Arbeit danken, die zu zwei über viele Jahre perfekt arbeitenden Weltraum-Experimenten geführt hat.

Das German-Space-Operation-Center (DFVLR-GSOC) war verantwortlich für den Missionsbetrieb und für die Gewinnung und Aufbereitung von Experiment-Daten bis zur Erzeugung der EDRs. Wir möchten stellvertretend für das gesamte Team G. Hiendlmeier, J. Kehr, H.-J. Panitz, H.-P. Piotrowski und K. Wiegand unseren

Dank sagen. Sie alle haben beim Betrieb des Raumfahrzeuges und insbesondere auch unseres Experimentes sowie bei der Erstellung der Experiment-Datenbänder eine hervorragende Arbeit geleistet, die nur bei starkem persönlichem Engagement und großem Verantwortungsbewußtsein möglich ist. Einen wesentlichen Beitrag zur Vollständigkeit der Daten lieferten auch das Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, Kalifornien, und das Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn, durch Bereitstellung der Antennen.

Der Leitung des Instituts für Reine und Angewandte Kernphysik danken wir für die ausdauernde Unterstützung des HELIOS-Projekts seit nunmehr 15 Jahren. Stellvertretend für die verschiedenen Bereiche des Instituts möchten wir H. Heyn, K. F. Jesse, J. Drechsler, R. Löwe und E. Palmus für ihre Mitarbeit danken. Der Bau des Experiments, die Aufbereitung der Daten und die Präsentation der wissenschaftlichen Ergebnisse wäre nicht möglich gewesen ohne die engagierte Beteiligung aller Mitglieder des Kieler HELIOS-Teams und der Gruppe Weltraumforschung des Instituts für Kernphysik. Wir danken sehr für die ausdauernden Bemühungen und die ausgezeichneten Arbeiten von V. Fleissner, G. Langer, L. Leu, U. Mende, F. Rehbein, E. Rode, G. Salzmann, C. P. Vieille und E. C. Wriedt.

Während der ganzen Lebensdauer des HELIOS-Projektes mußten wir uns auf die zuverlässige und verantwortliche Mitarbeit jedes einzelnen an dem Projekt beteiligten verlassen. Nur wenige von ihnen konnten persönlich genannt werden. Wir sind sehr dankbar für ihren hohen Einsatz, der zu einem großen Erfolg des gesamten HELIOS-Projekts geführt hat.

Schließlich sei bemerkt, daß dieser Bericht auf der HELIOS-Exp.-6-Datenverarbeitungsanlage erstellt und redigiert worden ist. Verwendet wurden dazu aus der Software der Herstellerfirma Texteditoren und ein Textformatierungsprogramm, das zwei von uns (RMM und GG) an die vorliegenden Anforderungen angepaßt haben.

## KAPITEL 10

### LITERATUR

Althouse, W. E.: A logarithmic pulse-height to pulse-width converter. California State Polytechnic College, 1968.

Axford, W. I., Leer, E., Skadron, G.: Acceleration of cosmic rays at shock fronts. Proc. 15th Int. Cosmic Ray Conf., Vol. 2, 273, 1977.

Barkas, W. H., Berger, M. J.: Tables of energy losses and ranges of heavy charged particles. In: Studies in penetration of charged particles in matter, NAS-NRC Publication 1133, Washington D.C., 1964.

Beuermann, K. P., Reinhard, R., Richter, A., Wibberenz, G.: Solar-terrestrische Beziehungen. Atomkernenergie 20, 196, 1972.

Bieber, J. W., Earl, J. A., Green, G., Kunow, H., Müller-Mellin, R., Wibberenz, G.: Pitch-angle scattering of solar energetic particles: New information from HELIOS. Proc. 16th Int. Cosmic Ray Conf., Vol. 5, 246-251, 1979b.

Bieber, J. W., Earl, J. A., Green, G., Kunow, H., Müller-Mellin, R., Wibberenz, G.: Interplanetary pitch angle scattering and coronal transport of solar energetic particles: new information from HELIOS. J. Geophys. Res. 85, 2313-2323, 1980

Bieber, J. W., Earl, J. A., Green, G., Kunow, H., Müller-Mellin, R., Wibberenz, G.: Interpretation and analysis of solar particle intensities and anisotropies observed aboard HELIOS 2 on 28 March 1976. In: Space Res. 1, ed. M. J. Rycroft, Pergamon Press, New York, 403-406, 1979a.

Earl, J. A.: The effect of adiabatic focusing upon charged-particle propagation in random magnetic fields. Astrophys. J. 205, 900-919, 1976.

Fisk, L. A.: Solar modulation of galactic cosmic rays, 2. J. Geophys. Res. 76, 221-226.

Gliem, F., Mauruschat, P., Schwartz, P.: Dokumentation Digitalteil des HELIOS-Experiments 6. Inst. f. Datenverarbeitungsanlagen der Techn. Universität Braunschweig, 1972.

Green, G.: Die adaptive Meßwerterfassung bei einem

Experiment zur Messung der kosmischen Strahlung an Bord der interplanetaren Sonde HELIOS. Dissertation, Kiel 1971.

Green, G., Hasler, H. G., Kunow, H.: An adaptive data compression method for a cosmic ray experiment on board a space probe. Nucl. Instr. Meth. 86, 213-216, 1970.

Hempe, H., Witte, M., Kunow, H., Green, G., Müller-Mellin, R., Wibberenz, G.: H/He and He-3/He-4 ratios during selected solar cosmic ray particle events. Proc. HELIOS Seminar on Scientific Results, Bonn, Preprint in: IFKKI 76/8, 1976.

Hempe, H., Müller-Mellin, R., Kunow, H., and Wibberenz, G.: Measurement of H-rich flares on board HELIOS 1 and 2. Proc. 16th Int. Cosmic Ray Conf., Kyoto, Japan, Vol. 5, 95-100, 1979.

Hempe, H.: Solare Teilchenereignisse mit einem hohen Isotopenverhältnis He-3/He-4, gemessen an Bord von HELIOS. Dissertation, Kiel, 1979.

Iwers, B.: Energieeichung und Bestimmung des Auflösungsvermögens des HELIOS-Experiment 6 am Hamburger Isochron-Zyklotron. Diplomarbeit, Kiel, 1976.

Jepsen, U.: Ansprechverhalten des Experiments 6 an Bord von HELIOS A und B auf Protonen der kosmischen Strahlung mit Energien größer als 51 MeV. Diplomarbeit, Kiel, 1978.

Kecskemety, K., Gombosi, T. I., Somogyi, A. J., Szentgali, A., Wibberenz, G., Green, G., Kunow, H., Steffens, V., Kurt, V. G., Logachev, Yu. I., Pisarenko, N. F., Stolpovskii, V. G.: Spacecraft determination of energetic particle propagation parameters: The 1 January 1978 solar event. Proc. 17th Int. Cosmic Ray Conf., Vol. 3, 89-92, 1981.

Kunow, H., Wibberenz, G., Green, G., Müller-Mellin, R., Witte, M., Hempe, H.: Das Kieler Experiment zur Messung der kosmischen Strahlung zwischen 1.0 und 0.3 AE (E6), Raumfahrtforschung 19, 253-258, 1975.

Kunow, H., Wibberenz, G., Green, G., Müller-Mellin, R., Witte, M., Hempe, H., Fuckner, J.: Characteristic features of coronal propagation as derived from solar Particle observations by HELIOS 1 and 2 during STIP Interval II. In: L. D. de Feiter Memorial Symposium, eds. M. A. Shea, D. F. Smart and S. T. Wu, Air Force Geophysics Laboratory AFGL-TR-77-0309, 363-372, Tel Aviv, 1977. Preprints IFKKI 77/2, 1977b.

Kunow, H., Witte, M., Wibberenz, G., Hempe, H., Müller-Mellin, R., Green, G., Iwers, B., Fuckner, J.: Cosmic ray measurements on board HELIOS 1 from December 1974 to September 1975: Quiet time spectra, radial gradients, and solar events. J. Geophys. 42, 615-631, 1977a.

Kunow, H., Müller-Mellin, R., Iwers, B., Witte, M., Hempe, H., Wibberenz, G., Green, G., Fuckner, J.: MeV protons, alpha particles and electrons as observed aboard HELIOS 1 and 2

during STIP interval II. World Data Center A, Report UAG-61, 134-140, 1977c.

Kunow, H., Green, G., Witte, M., Müller-Mellin, R., Hempe, H.: HELIOS Experiment 6 (description in tables). Bundesministerium für Forschung und Technologie BMFT-FB-W 74-06, 113, 1974.

Kunow, H., Wibberenz, G., Green, G., Müller-Mellin, R., Witte, M., Hempe, H., Mewaldt, R. A., Stone, E. C., Vogt, R. E.: Simultaneous observations of cosmic ray particles in a corotating interplanetary structure at different solar distances between 0.3 and 1 AU from HELIOS 1 and 2 and IMP 7 and 8. In: Proc. 15th Int. Cosmic Ray Conf., Plovdiv, Vol. 3, 227, 1977d.

Kunow, H.: Selected results from the University of Kiel cosmic ray experiments on board the solar probes HELIOS 1 and 2. In: Proc. 10th Leningrad Seminar on Cosmophysics 73-97, 1978.

Kunow, H., Green, G., Müller, R., Witte, M., Vollmers, H.: Das Kieler Experiment zur Untersuchung der kosmischen Strahlung an Bord der Sonnensonde HELIOS. Atomkernenergie 20, 193, 1972.

Kunow, H., Wibberenz, G., Green, G., Müller-Mellin, R., Witte, M., Hempe, H.: Cosmic Ray experiment (E6). In: HELIOS Sol. Probes Science Summaries, ed. J. H. Trainor, NASA-GSFC TM 82005, Greenbelt, Md., USA, 36-51, 1980.

Kunow, H., Wibberenz, G., Green, G., Hempe, H., Iwers, B., Müller-Mellin, R., Witte, M., Fuckner, J., Popp, A.: Ein Experiment zur Messung der kosmischen Strahlung an Bord der Sonnensonden HELIOS 1 und 2 (Experiment 6). Bundesministerium für Forschung und Technologie BMFT-FB-W 81-016, 1981.

Kunow, H., Green, G., Müller-Mellin, R., Wibberenz, G., Tatrallyaya, M., Gombosi, T., Kecskemety, K., Kurt, K., Logachev, Yu. I., Stolpovskii, V. G.: On the role of coronal propagation during the 22 November 1977 solar particle event. Proc. 17th Int. Cosmic Ray Conf., Vol. 3, 88, 1981b.

Kunstmann, J. E.: Solutions of the Fokker-Planck equation for the early times when diffusive modes are not yet valid. Sol. Phys. 59, 395, 1978.

Kunstmann, J. E.: A new transport mode for energetic charged particles in magnetic fluctuations superposed on a diverging mean field. Astrophys. J. 229, 812, 1979.

Müller-Mellin, R., Witte, M., Hempe, H., Kunow, H., Wibberenz, G., Green, G.: Cosmic ray radial intensity gradients in the solar system. Int. Symp. Solar-Terr. Phys., Boulder, USA, 1976; Preprint IFKKI 76/6, 1976.

Müller-Mellin, R., Witte, M., Hempe, H., Kunow, H., Wibberenz, G., Green, G.: Cosmic ray radial gradients: HELIOS 1 results between 1.0 and 0.3 AU. In: Proc. 15th Int. Cosmic Ray Conf., Plovdiv, Vol. 11, 214-218, 1977.

Ng, C. K., Wong, K. Y.: Solar particle propagation under the influence of pitch-angle diffusion and collimation in the interplanetary magnetic field. Proc. 16th Int. Cosmic Ray Conf., Vol. 5, 252-257, 1979.

Ng., C. K., Wibberenz, G., Green, G., Kunow, H.: Focused transport during the solar event of 28 March 1976. Proc. 17th Int. Cosmic Ray Conf., Vol. 3, 389-392, 1981.

Nolte, J. T., Roelof, E. C.: Large-scale structure of the interplanetary medium I: High coronal source longitude of the quiet-time solar wind. Solar Phys. 33, 241-257, 1973.

Owens, A. J.: Interplanetary diffusion of solar cosmic rays: A new approximate analytic solution. J. Geophys. Res. 84, 4451-4456, 1979.

Reid, G. C.: A diffusive model for the initial phase of a solar proton event. J. Geophys. Res. 69, 2659-2667, 1964.

Reinhard, R., Wibberenz, G.: Propagation of solar flare protons in the corona. Solar Phys. 36, 473-494, 1974.

Reinhard, R., Wibberenz, G.: Separation of solar and interplanetary transport processes of flare accelerated particles. Bundesministerium für Forschung und Technologie BMFT-FB-W 74-08, 120, 1974.

Richter, A.: Propagation of Alfvén waves in the inhomogeneous interplanetary medium. Bundesministerium für Forschung und Technologie BMFT-FB-W 74-8, 98, 1974.

Scholer, M., Morfill, G.: On the alpha to proton ratio changes in energetic storm particle events. J. Geophys. Res. 81, 5027-5031, 1976

Schulze, B. M., Richter, A., Wibberenz, G.: The influence of finite injection periods on anisotropies during solar particle events. Bundesministerium für Forschung und Technologie BMFT-FB-W 74-8, 143, 1974.

Schulze, B. M., Richter, A. K., Wibberenz, G.: Influence of prompt but finite injections and of interplanetary propagation on time-intensity and time-anisotropy profiles of solar cosmic rays and the November 18, 1968, proton event. Solar Phys. 54, 207, 1977.

Parker, E. N.: The passage of energetic charged particles through the interplanetary medium. Planet. Space Sci. 13, 115, 1965.

Schwartz, J. W., Barker, R. C.: Bit-plane encoding, a technique for source encoding. IEEE-TA-AES-2, NO. 4, 1966.

Steffens, V.: Untersuchung solarer Ereignisse aus Messungen an Bord von HELIOS 1 und 2. Trennung von koronaler und interplanetarer Ausbreitung der solaren kosmischen Strahlung. Diplomarbeit, Kiel, 1981.

Steinbuch, K.: Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung. Berlin 1962.

Steffens, V. Wibberenz, G., Kunow, H.: On the separation of solar and interplanetary transport processes by deconvolution of observed intensity profiles. Proc. 17th Int. Cosmic Ray Conf., Vol. 3, 106, 1981

Vielle, C. P.: Energiespektren von 4-50 MeV Protonen der kosmischen Strahlung an Bord der Sonnensonde HELIOS. Diplomarbeit, Kiel, 1977.

Vollmers, H.: Modellrechnungen zur Untersuchung des Energieauflösungsvermögens und der Trennung der Teilchenarten bei Messungen mit einem Detektorteleskop der Sonnensonde HELIOS. Diplomarbeit, Kiel, 1972.

Wibberenz, G.: Interplanetary magnetic fields and the propagation of cosmic rays. J. Geophys. Res. 40, 667, 1974.

Wibberenz, G.: Coronal propagation: Variations with solar longitude and latitude. Proc. Symp. on the Study of the Sun and the Interplanetary Medium in Three Dimensions. GSFC X-660-76-53, 261, 1976a.

Wibberenz, G., Kunow, H., Green, G., Müller-Mellin, R., Witte, M., Hempe, H., Mewaldt, R., Stone, E. C., Vogt, R. E., Reinhard, R.: Radial development of a solar cosmic ray event between 0.4 and 1 AU on March 3, 1975, as observed from HELIOS 1 and IMP (abstract). Proc. 15th Int. Cosmic Ray Conf., Plovdiv, Vol. 5, 188, 1977.

Wibberenz, G.: Coronal and Interplanetary Propagation. Proc. 16th Int. Cosmic Ray Conf., Rapporteur Paper, Vol. 14, 234-252, 1979.

Wibberenz, G.: Signatures of cosmic ray events and their relations to propagation and acceleration processes. In: Study of Travelling Interplanetary Phenomena, eds. M. A. Shea, D. F. Smart, 323-342, Dordrecht, Holland, 1977.

Wibberenz, G., Iwers, B., Kunow, H.: HELIOS 1 energetic particle observations during the first 'Flare Build-up Study' interval May/June 1980. Proc. 17th Int. Cosmic Ray Conf., Vol. 3, 40, 1981b.

Witte, M., Hempe, H., Kunow, H., Wibberenz, G., Green, G., Müller-Mellin, R., Iwers, B.: Energy spectra of protons and alpha particles on HELIOS 1. Proc. 14th Int. Cosmic Ray Conf., 4263-4267, 1975.

Witte, M.: Untersuchung des Langzeitverhaltens der Kieler Meßinstrumente an Bord der Raumsonden HELIOS 1 und 2. Preprint IFKKI 78/1, 1978.

Witte, M., Wibberenz, G., Kunow, H., Müller-Mellin, R.: On the rigidity dependence of the mean free path for solar flare particles derived from their proton/Helium time

variations. Proc. 16th Int. Cosmic Ray Conf., Kyoto, Japan, Vol. 5, 79-84, 1979.

Witte, M.: Das Verhältnis von Protonen und Alphateilchen in solaren Flare-Ereignissen und seine Aussagen zur interplanetaren Teilchenausbreitung. Dissertation, Kiel, 1979.

Zöllich, F.: Theorie der Compton-Getting-Korrektur und ihre Anwendungen auf Messungen von Winkelverteilungen der solaren kosmischen Strahlung an Bord von HELIOS 1. Diplomarbeit, Kiel, 1977.

Zöllich, F.: Interplanetare Beschleunigung am Beispiel korotierender Ereignisse - Analyse der Messungen auf HELIOS 1 und 2 in den Jahren 1975 und 1976. Dissertation, Kiel 1981.

Zöllich, F., Wibberenz, G., Kunow, H., Green, G.: Corotating events in the energy range 4-13 MeV as observed on HELIOS 1 and 2 in 1975 and 1976. Adv. Space Res. 1, 89-92, 1981.



## ANHANG A

### MAGPAC-BIBLIOTHEK, BANDKOPIER- UND -DUMPPROGRAMME

#### A.1 Anwendung

MAGPAC ist eine Bibliothek, bestehend aus Unterprogrammen, die Operationen mit industriekompatiblen, sonst aber beliebig formatierten Magnetbändern erlauben. Die Magnetbänder müssen 0.5 Zoll breit sein, dem Industriestandard entsprechen und eine der folgenden Spezifikationen erfüllen:

Spur	Schreibdichte	Schreibcode	Parität
9	1600	PE	gerade/ungerade
9	800	NRZI	gerade/ungerade
7	800	NRZI	gerade/ungerade
7	556	NRZI	gerade/ungerade
7	200	NRZI	gerade/ungerade

MAGPAC läuft unter dem Betriebssystem RSX11M von Version 2 ab aufwärts und benutzt die vom Betriebssystem bereitgestellten Magnetbandtreiber-Routinen.

#### A.2 Aufruf

Der Aufruf der einzelnen Unterprogramme kann von FORTRAN- oder von MACRO-Programmen aus erfolgen. Er muß der PDP-11 FORTRAN CALLING SEQUENCE-Konvention für Unterprogrammaufrufe genügen (über PC, mit Adresse der Argumentenliste in R5).

MAGPAC selbst ist ausschließlich in MACRO geschrieben. Die FORTRAN-Bibliothek wird nicht benutzt.

MAGPAC benutzt LUNs (Logical Unit Numbers) zwischen 10 und 17 (10 + Tape Unit Number). Darauf muß bei TKB geachtet werden!

### A.3 Programmbeschreibung

Das rufende Programm muß zwei Datenpuffer zur Aufnahme von Lese/Schreibdaten bzw. Magnetbandstatus-Information bereitstellen. Der Lese/Schreibpuffer dient zur Aufnahme eines Records. Beim Lesen muß er 1 bis 32767 Wörter lang sein, beim Schreiben 7 bis 32767. Der Magnetbandstatuspuffer ist 14 Wörter lang. Zu Beginn der Magnetbandoperationen muß der Aufruf INTAPE gegeben werden.

Beispiel:            DIMENSION ISTAT(14)  
                      CALL INTAPE(ISTAT,0,1)

Die folgende Tabelle gibt die Bedeutung der 14 Statuswörter an:

Adresse	Inhalt	Bedeutung
ISTAT (1)	0	Letzter Befehl war UNLOAD
	1	READ
	2	WRITE
	3	ENDFIL
	4	REWIND
	5	BSPACE
	6	FSPACE
	7	PARITY
	8	DENSIT
	9	STATUS
ISTAT (2)	0	Sonst,
	1	Band hinter EOF (vor EOF, falls letzter Befehl BSPACE oder FSPACE mit negativem Argument)
ISTAT (3)	0	Sonst,
	1	Band an BOT-Marke
ISTAT (4)	0	Sonst,
	1	Band hinter EOT-Marke
ISTAT (5)	0	Schreibring vorhanden
	1	Schreibring entfernt
ISTAT (6)	0	Ungerade Parität
	1	Gerade Parität
ISTAT (7)	0	9 Spur
	1	7 Spur
ISTAT (8)	0	200 bpi normal mode
	1	556 bpi normal mode
	2	800 bpi dump mode
	3	800 bpi normal mode
	4	1600 bpi normal mode

ISTAT (9)	0	Sonst,
	1	Letzter Befehl verursachte Fehler (Paritätsfehler, Bad Block, Hardware-Fehler)
ISTAT (10)	.	Spare
ISTAT (11)	0	Sonst,
	1	Recordlängenfehler (Record länger als Puffer)
ISTAT (12)	0	Sonst,
	1	Der letzte Befehl benutzte ungültigen Befehlscode oder die Anzahl der zu transferierenden Wörter war falsch spezifiziert
	2	EOV (End of Volume)
	4	Blank Tape
ISTAT (13)		Anzahl der nicht transferierten Wörter
ISTAT (14)		Anzahl der nicht übersprungenen Records/Files

-----

### A.3.1 Beschreibung der einzelnen MAGPAC-Routinen

#### INTAPE

Der Aufruf CALL INTAPE(ISTAT,MT1,MT2,...) initiiert den Zugriff eines Benutzerprogrammes auf die Magnetbandtreiber-Routinen. Die angegebenen Magnetbandeinheiten werden für das Programm reserviert (attached).

Als Argumente werden die Adressen des Magnetbandstatuspuffers ISTAT und die Nummern der zu benutzenden Magnetbandeinheiten übergeben.

Dieser Aufruf muß zu Anfang der Magnetbandoperation erfolgen. Sind die gewünschten Magnetbandeinheiten schon von anderen Programmen mittels INTAPE belegt, wartet das rufende Programm, bis sie entweder durch OUTAPE oder Programmende wieder freigegeben (detached) werden.

#### OUTAPE

Der Aufruf CALL OUTAPE(MT1,MT2,...) gibt die durch INTAPE reservierten Magnetbandeinheiten wieder frei (detach). Das Programmende gibt diese automatisch frei.

### UNLOAD

Der Aufruf CALL UNLOAD(MT) spult die Magnetbandeinheit MT bis zur BOT-Marke zurück und schaltet sie logisch ab (OFFLINE). Die Statusinformation wird übermittelt. Achtung: der Operateur muß die Einheit MT per Hand wieder ONLINE schalten, bevor weitere Bandoperationen ausgeführt werden.

### REWIND

Der Aufruf CALL REWIND(MT) spult die Magnetbandeinheit MT bis zur BOT-Marke zurück. Die Statusinformation wird übermittelt.

### BSPACE

Der Aufruf CALL BSPACE(MT,N) springt vorwärts (N positiv) oder rückwärts (N negativ) über Records, bis entweder N Records übersprungen sind oder eine BOT- bzw. EOT-Marke oder ein EOF-Record erreicht ist. Die Marken werden nicht übersprungen, aber gezählt, der EOF-Record wird übersprungen, gezählt und die Differenz zu N im Statuswort ISTAT(14) abgelegt. Die Statusinformation wird übermittelt.

### ZU BEACHTEN

Wenn in Vorwärtsrichtung ein EOF-Record übersprungen werden soll, der direkt auf einen EOF-Record folgt, wird der Sprung zwar gezählt, aber nicht ausgeführt, EOF gelöscht (ISTAT(2) = 0) und EOVS gesetzt (ISTAT(12) = 2). Das Band bleibt zwischen den beiden EOF-Records stehen und kann in Vorwärtsrichtung nur mit einem READ bewegt werden. Nach diesem READ wird EOVS wieder gelöscht und EOF gesetzt.

### FSPACE

Der Aufruf CALL FSPACE(MT,N) springt vorwärts (N positiv) oder rückwärts (N negativ) über Files, bis entweder N Files übersprungen sind oder eine BOT- bzw. EOT-Marke erreicht ist. Die Anzahl der nicht übersprungenen Files wird in ISTAT(14) abgelegt. Die Statusinformation wird übermittelt.

Achtung: Spezialfall wie bei BSPACE.

### ENDFIL

Der Aufruf CALL ENDFIL(MT) schreibt einen EOF-Record auf Magnetbandeinheit MT. Die Statusinformation wird übermittelt.

### PARITY

Der Aufruf CALL PARITY(MT,N) setzt die Parität für die Lese/Schreiboperationen auf der Magnetbandeinheit MT fest. Wird dieser Aufruf nicht gegeben, wird automatisch ungerade Parität angenommen. Die Statusinformation wird übermittelt.

N = 0	ungerade Parität
N = 1	gerade Parität

### DENSIT

Der Aufruf CALL DENSIT(MT,N) setzt die Schreibdichte für die Lese/Schreiboperationen auf der Magnetbandeinheit MT fest. Wird dieser Aufruf nicht gegeben, wird automatisch 800 bpi normal mode angenommen.

N = 0	200 bpi normal mode
N = 1	556 bpi normal mode
N = 2	800 bpi dump mode
N = 3	800 bpi normal mode
N = 4	1600 bpi normal mode

Bei 7-Spur-Bändern gehen in normal mode die Bits 6,7,14,15 eines PDP-11-Wortes verloren. In dump mode werden die Bits 0-3 im ersten, 4-7 im zweiten, 8-11 im dritten, 12-15 im vierten Charakter abgelegt. Die Statusinformation wird übermittelt.

### STATUS

Der Aufruf CALL STATUS(MT) übermittelt die Statusinformation der Magnetbandeinheit MT.

### READB

Der Aufruf CALL READB(MT,IBUF,N) liest auf Magnetbandeinheit MT einen Record von N Wörtern ( $1 \leq N \leq 32767$ ), höchstens aber alle Wörter im Record und legt sie im Puffer IBUF ab. Ist N kleiner als die Anzahl Wörter im Record, wird ein Recordlängenfehler angezeigt (ISTAT(11) = 1). Es wird die geforderte Anzahl Wörter gelesen und in das rufende Programm zurückgekehrt. Die restlichen Wörter im Record sind verloren und können nur durch Zurückspringen und nochmaliges Lesen mit größerem N wiedergewonnen werden.

Ist N größer als die Anzahl Wörter im Record, wird die Differenz der tatsächlich gelesenen Wörter zu N in ISTAT(13) übermittelt.

Treten Lesefehler auf, wird neunmal versucht, denselben Record zu lesen, bevor ISTAT(9) oder (seltener) ISTAT(12) gesetzt werden.

Die Statusinformation wird übermittelt.

#### WRITEB

Der Aufruf CALL WRITEB(MT,IBUF,N) schreibt auf Magnetbandeinheit MT einen Record von N Wörtern ( $7 \leq N \leq 32767$ ) aus dem Puffer IBUF.

Treten Schreibfehler auf, wird neunmal versucht, mit extended interrecord gap zu schreiben, bevor ISTAT(9) oder (seltener) ISTAT(12) gesetzt werden. Die Statusinformation wird übermittelt.

### A.4 TCOPY

#### A.4.1 Anwendung

Das Benutzerprogramm TCOPY ermöglicht das Duplizieren eines industriekompatiblen, sonst aber beliebig formatierten Magnetbandes (Spezifikation siehe MAGPAC-Beschreibung). Es erfüllt auf Anforderung folgende Sonderwünsche:

1. Während des Kopiervorganges können File-Nummer und Anzahl Blöcke pro File protokolliert werden.
2. Das Ausgabeband kann vorgespult werden, sodaß das Eingabeband hinter das logische Ende (=3 EOF-Blöcke) eines schon beschriebenen Ausgabebandes kopiert wird (Trennung der 'Großfiles' durch 2 EOF-Blöcke).
3. Das Eingabeband kann vorgespult werden um einen oder mehrere 'Großfiles' (abgeschlossen durch 2 aufeinanderfolgende EOF-Blöcke).

#### A.4.2 Programmbeschreibung

Das Programm meldet sich mit TAPE COPY und verlangt vom Operateur die Beantwortung folgender Fragen:

Frage	Antwort
FILE/RECORD PROTOKOLL (Y,N) ?	YES, NO
Eingabebandgerät	0,1,2,4,5

```
TRACK = 7,9
DENSITY = (nur bei 7-Spur) 200, 556, 800, 801
(801 = core dump mode)
PARITY = (nur bei 7-Spur) ODD, EVEN
Ausgabebandgerät 0,1,2,4,5
TRACK = 7,9
DENSITY = (nur bei 7-Spur) 200, 556, 800, 801
PARITY = (nur bei 7-Spur) ODD, EVEN
SOLL OUTPUT BAND VORGESPULT WERDEN (Y,N): YES, NO
-----
```

TCOPY positioniert Ein- und Ausgabebänder durch REWIND auf ihre BOT-Marken. Falls vorgespult werden soll, geschieht dies solange, bis drei aufeinanderfolgende EOF-Records angetroffen werden. Der dritte EOF-Record wird sodann rückwärts übersprungen, so daß die zwei verbleibenden EOF-Records als Trennzeichen dienen.

Der nächste Record des Eingabebandes wird mit READB in einen Puffer der Länge 10K Bytes (= 5120 Wörter) gelesen und von dort mit WRITEB auf das Ausgabeband geschrieben. Ist der Record kleiner als der Puffer, wird nur der aktuelle Record ausgegeben. Ist der Record größer als der Puffer, wird nur der Pufferinhalt ausgegeben und auf dem Zeilendrucker ein RECORD LENGTH ERROR IN FILE X RECORD X protokolliert. Tritt ein Lesefehler (Paritätsfehler oder Hardware-Fehler) auf, wird auf dem Zeilendrucker INPUT ERROR IN FILE X RECORD X protokolliert, aber der fehlerhaft gelesene Block wird dennoch kopiert. Tritt ein Schreibfehler auf, wird auf dem Zeilendrucker OUTPUT ERROR IN FILE X RECORD X protokolliert.

Es wird solange kopiert, bis auf dem Eingabeband ein logisches Bandende (LEOT), bestehend aus drei EOF-Records hintereinander, erkannt wird oder bis die Bandendemarke (EOT) erreicht ist. Wird LEOT angetroffen, fragt das Programm, ob ein neuer Kopiervorgang gestartet werden soll, wird EOT angetroffen, fragt das Programm, ob der laufende Kopiervorgang mit einem neuen Eingabeband fortgesetzt werden soll.

Wird auf dem Ausgabeband die Bandendemarke erreicht, kann auf einem weiteren Band der Kopiervorgang fortgesetzt werden. Die hierzu notwendigen Operateuranweisungen werden auf dem Terminal ausgedruckt.

## A.5 TDUMP

### A.5.1 Anwendung

Das Benutzerprogramm TDUMP liefert einen oktalen Ausdruck eines industriekompatiblen, sonst aber beliebig formatierten Magnetbandes (Spezifikation siehe MAGPAC-Beschreibung). Es

erfüllt auf Anforderung zwei Sonderwünsche:

1. Der Ausdruck beginnt erst ab einem gewünschten Record in einem gewünschten File.
2. Der Ausdruck beginnt erst, wenn ein bestimmtes Wort im Record einen bestimmten Inhalt hat.

#### A.5.2 Programmbeschreibung

Das Programm meldet sich mit TAPE DUMP und verlangt vom Operateur die Beantwortung folgender Fragen:

Frage	Antwort
TAPE UNIT NUMBER =	0, 1, 2, 4, 5
TRACK =	7, 9
DENSITY =	200, 556, 800, 801, 1600
PARITY = (nur bei 7-Spur)	ODD, EVEN
SOLL EIN BESTIMMTES WORT GESUCHT WERDEN?	YES, NO
WORT, INHALT (I-FORMAT)	1..., 0...
FILE NO BEGIN =	1....
RECORD NO BEGIN =	1....

Durch REWIND wird die gewünschte Magnetbandeinheit auf die BOT-Marke zurückgesetzt und sodann bis zu dem gewünschten Record vorgespult. Der Record wird mit READB in einen Puffer der Länge 10K Bytes (= 5120 Wörter) gelesen und auf dem Zeilendrucker ausgegeben. Der Zeilendrucker wird zu diesem Zweck für das Programm reserviert (attached). Ist der Record kleiner als der Puffer, wird nur der aktuelle Record ausgegeben.

Ist der Record größer als der Puffer, wird nur der Pufferinhalt ausgegeben. Die restlichen Daten im Record werden nicht angezeigt. Falls ein Record nicht fehlerfrei eingelesen werden kann (Paritäts- oder Hardware-Fehler), wird dieser nicht überlesen, sondern mit der Fehlermeldung \*\*\*\* ERROR \*\*\*\* versehen zur Ausgabe freigegeben. Der Ausdruck wird beendet, wenn ein logisches Bandende (LEOT) bestehend aus drei EOF-Records hintereinander entdeckt wird oder die EOT-Marke erreicht ist.



ANHANG B

EDR-BAND-SPEZIFIKATION

EDR Tape Structure

Compatibility Test Block  
Tape Header Label  
EOF  
Telemetry File  
EOF  
Orbit/Attitude/Command File  
EOF  
.  
.  
.  
Telemetry File  
EOF  
Orbit/Attitude/Command File  
EOF  
Tape Trailer Label  
EOF  
EOF  
EOF

Telemetry File Structure

Telemetry File Header  
Copy of last Housekeeping Block  
Science Data Block  
Housekeeping Data Block  
.  
.  
.  
Science Data Block  
Housekeeping Data Block

Orbit/Attitude/Command File Structure

Orbit/Attitude/Command File Label  
Orbit/Attitude Block  
.  
.  
.  
Orbit/Attitude Block  
Command Block  
.

Command Block

Tape Header Label

Word	Contents	Value
0	Label Identification	1
1	Reel Number	Variable
2	S/C-Number (90=A, 91=B, 95=C)	90, 91 or 95
3	Tape-Level (1=EDR)	1
4	Experiment Identification	6
5	E6-EDR Sequence Number	Variable
6	Loc. of Generat. (1=CDC3800, 3=Amdahl)	1, 3
7	Day of Generation (MEZ)	1 to 31
8	Month of Generation (MEZ)	1 to 12
9	Year of Generation	19..
10-35	not defined	

Telemetry File Label

Word	Contents	Value
0	Label Identification	2
1	File Number on Tape	Odd (Var)
2	Telemetry Format	1,2,3,5
3	Bitrate (Bits/Secon)	Variable
4	File Start Time	Days (D) 1 to 366
5	File Start Time	Hours (H) 0 to 23
6	File Start Time	Minutes (M) 0 to 59
7	File Start Time	msec (MS) 0 to 59999
8	File Stop Time	(D) 1 to 366
9	File Stop Time	(H) 0 to 23
10	File Stop Time	(M) 0 to 59
11	File Stop Time	(MS) 0 to 59999
12-19	not defined	
20	Blocklength (Words) in File	
21-35	not defined	

Time tags represent ground receipt time (GMT) for the first and last telemetry frame received on ground the data of which are contained in the file.

Orbit/Attitude/Command File Label

Word	Contents	Value
0	Label Identification	3
1	File Number on Tape	Even (Var)
2	not defined	
3	not defined	

4	Time First O/A Block	(D)	1 to 366
5	Time First O/A Block	(H)	0 to 23
6	Time First O/A Block	(M)	0 to 59
7	Time First O/A Block	(MS)	0 to 59999
8	Time Last O/A Block	(D)	1 to 366
9	Time Last O/A Block	(H)	0 to 23
10	Time Last O/A Block	(M)	0 to 59
11	Time Last O/A Block	(MS)	0 to 59999
12	Time First Command	(D)	1 to 366
13	Time First Command	(H)	0 to 23
14	Time First Command	(M)	0 to 59
15	Time First Command	(MS)	0 to 59999
16	Time Last Command	(D)	1 to 366
17	Time Last Command	(H)	0 to 23
18	Time Last Command	(M)	0 to 59
19	Time Last Command	(MS)	0 to 59999
20	Length of O/A Blocks (Words)		
21	Number of O/A Blocks		
22	Length of Command Blocks (Words)		
23	Number of Command Blocks		
24-35	not defined		

-----

Time tags represent GMT for ground receipt of TLM-signal resp. ground transmission of commands.

Tape Trailer Label

Word	Contents	Value
0	Label Identification	4
1	Total Number of Data Files on Tape	Variable
2	not defined	
3	not defined	
4	Start Time First TLM-File	(D) 1 to 366
5	Start Time First TLM-File	(H) 0 to 23
6	Start Time First TLM-File	(M) 0 to 59
7	Start Time First TLM-File	(MS) 0 to 59999
8	Stop Time Last TLM-File	(D) 1 to 366
9	Stop Time Last TLM-File	(H) 0 to 23
10	Stop Time Last TLM-File	(M) 0 to 59
11	Stop Time Last TLM-File	(MS) 0 to 59999
12-35	not defined	

-----

Time tags are copied from the first and last TLM-file labels.

Telemetry Data Blocks

One block contains data of one E6 experiment data frame (up to 720 bits), one set of E2-vectors and data quality indications. Besides science data blocks engineering blocks of the same length are intermixed with science blocks. Word length is 16 bits (MSB = bit 0 is left).

Science Data Block Format

Word	Contents	Value
0	Block Identification	11
1	Block Sequence Number in File	Variable
2	Format	1,2,3,5
3	Bitrate (Bits/Second) from Station	Variable
4	Number of First S/C-Frame in Block	0 to 71
5	Number of Last S/C-Frame in Block	0 to 71
6	Distribution Mode	0 to 7
7	Bitrate from S/C-Frame	Variable
8	Ground Receipt Time (GMT) (D)	1 to 366
9	Ground Receipt Time (GMT) (H)	0 to 23
10	Ground Receipt Time (GMT) (M)	0 to 59
11	Ground Receipt Time (GMT) (MS)	0 to 59999
12	S/C Transmit Time (GMT) (D)	1 to 366
13	S/C Transmit Time (GMT) (H)	0 to 23
14	S/C Transmit Time (GMT) (M)	0 to 59
15	S/C Transmit Time (GMT) (MS)	0 to 59999
16	Ground Receipt Time (GMT) (Y)	19..
17	not defined	
18-19	Time-word out of first two TLM-frames (Even/Odd) containing valid data for this block.	
20-109	90 E6-words of telemetry data. In case of formats FM1, FM2 and FM3 the last words contain no valid data for detailed word format see remark.	
110-112	Averaged E2-components U,V,W. (Integer Gamma Values)	
113-115	E2-Offset values C1, C2 and C3 (Integer Gamma Values)	
116-140	Spare - not defined	
	Remark: One word consists of 16 bits numbered 0 to 15 from left to right.	
	Bit 0 0=valid data, 1=invalid data	
	Bit 1 0=coded data, 1=uncoded data	
	Bits 2-4 data quality indicator ranging from 1 to 4 4=good quality 1=bad quality	
	Bits 5-7 always zero	
	Bits 8-15 one telemetry word	

Time tags are associated with the first bit of the first telemetry frame containing valid data for this data block.

Engineering Block

Word	Contents	Value
0	Block Identification	10
1	Block Sequence Number in File	Variable
2	Format	1,2,3,5
3	Bitrate (Bits/Second)	Variable
4	Number of First S/C Frame in Block	0 to 287
5	Number of Last S/C Frame in Block	0 to 287
6	Distribution Mode	0 to 7
7	not defined	
8	Ground Receipt Time (GMT) (D)	1 to 366

9	Ground Receipt Time (GMT)	(H)	0 to 23
10	Ground Receipt Time (GMT)	(M)	0 to 59
11	Ground Receipt Time (GMT)	(MS)	0 to 59999
12	S/C Transmit Time (GMT)	(D)	1 to 366
13	S/C Transmit Time (GMT)	(H)	0 to 23
14	S/C Transmit Time (GMT)	(M)	0 to 59
15	S/C Transmit Time (GMT)	(MS)	0 to 59999
16	S/C Transmit Time (GMT)	(Y)	74...
17	not defined		
18-21	4 Times Channel B-002	Power, Subsystems on/off	
22-25	4 Times Channel B-003	continued	
26-29	4 Times Channel B-004	continued	
30-33	4 Times Channel B-005	S/C Command Counter	
34-37	4 Times Channel B-038		
38-41	Spare - not defined		
42-43	2 Times Channel C-000	E2 Flippercontrol	
44-45	2 Times Channel C-001	E2 Offset of Sensor comp.	
46-47	2 Times Channel C-002	continued	
48-49	2 Times Channel C-003	continued	
50-51	2 Times Channel C-047		
52-53	2 Times Channel C-052	HD1CRT	
54-55	2 Times Channel C-053	HD2CRT	
56-57	2 Times Channel C-054	HD3CRT	
58-59	2 Times Channel C-055	HD4CRT	
60-61	2 Times Channel C-056	HD5CRT	
62-63	2 Times Channel C-057	PHCVLT	
64-65	2 Times Channel C-058	PHAVLT	
66-67	2 Times Channel C-059	V05CRT	
68-69	2 Times Channel C-060	V10CRT	
70-71	2 Times Channel C-061	V20VLT	
72-73	2 Times Channel C-062	PHCTMP	
74-75	2 Times Channel C-063	E6BTMP	
76-77	2 Times Channel C-064	LEVTMP	
78-81	Spare - not defined		
82	Channel D-000	Spin Period (8 Bit, LSW)	
83	Channel D-001	Spin Period (4 Bit, MSW)	
84	Channel D-062	Temp. inside E2A-Sensor	
85	Channel D-063	Temp. inside E2B-Elec. Box	
86	Channel D-076	E6ELEC	
87	Channel D-077	E6SENS Scintillator Housing	
88	Channel D-103	LOTIN4 Compartment Top Plate	
89	Channel D-114	E6SOUT E6A - +Y-Surface	
90-140	Spare - not defined		

-----

Time tags are associated with the first bit of the first telemetry frame containing valid data for this data block.

#### Orbit/Attitude Data Block

Orbit/Attitude data are provided as copy from the Orbit/Attitude tape preceded by 3 words. The following format is used for every Orbit/Attitude value. The first two words of a word-triple contain a positive or negative fixpoint number (mantissa, basis 10) with the most significant bit contained in the leftmost bit of the first word and the least significant bit in the rightmost bit of the second word.

The exponent (basis 10) is contained in the third word of a triple having the MSB in bit 0 (leftmost). Two's complement is used for negative numbers. The three words preceding the Orbit/Attitude data contain the following information:

Word	Contents	Value
0	Block Identification	20
1	Block Number in File	Variable
2	not defined	

#### Command Block

One command-block contains up to 10 confirmed (successfully radiated) commands. The spacecraft-commands are encoded in the following way: The command address is reflected as a binary number which gives - interpreted as integer (I-Format) - the octal address. Emergency-commands (acronym starts with letter E) are flagged by adding 1000 (decimal) to the address, illegal commands (acronym XXXX) are flagged by adding 2000 (decimal) to the address.

#### Examples

Command (HGOS-2-3-110)	Decimal Value
150-MANT	150
540-DR32	540
540-XXXX	2540
564-DR53	564
564-EM64	1564

#### Command Block

Word	Contents	Value
0	Block Identification	30
1	Block Number in File	Variable
2	Number of Commands in Block	1 to 10
3	not defined	
4	Ground Transmit Time (GMT) (D)	1 to 366
5	Ground Transmit Time (GMT) (H)	0 to 23
6	Ground Transmit Time (GMT) (M)	0 to 59
7	Ground Transmit Time (GMT) (MS)	0 to 59999
8	S/C Receipt Time (GMT) (D)	1 to 366
9	S/C Receipt Time (GMT) (H)	0 to 23
10	S/C Receipt Time (GMT) (M)	0 to 59
11	S/C Receipt Time (GMT) (MS)	0 to 59999
12	Spacecraft Command	
13	not defined	
14	not defined	
15-122	9 Repetitions of Words 3 to 14	

ANHANG C

OA-BAND-SPEZIFIKATION

Das OA-Band ist im PDP11-Format geschrieben. Jedes Datenwort im Datenblock ist als Gleitkommazahl (zwei 16-bit-Wörter) dargestellt.

OA Tape Structure

Compatibility Test Block  
Tape Header Label  
EOF  
Data Block  
.  
.  
.  
Data Block  
EOF  
EOF  
EOF

Compatibility Test Block

Word	Contents
1-240	Decimal integer numbers from -120 to 119

Tape Header Label

Word	Contents	Value
1-3	not defined	
4	S/C number	90, 91
5	Tape level (OA=8)	8
6-16	not defined	

TIME BLOCK

1	Julian date in ephemeris time (ET)
2	Time in seconds past January 1, 1950 in ephemeris time

3 Year in Gregorian calendar date  
4 Month "  
5 Day "  
6 Hour "  
7 Minutes "  
8 Seconds "  
9 Time since launch in seconds  
10 Ephemeris time - universal time in seconds

HELIOCENTRIC BLOCK (mean ecliptic and equinox of 1950.0)

11 X position coordinates of HELIOS in AU  
12 Y "  
13 Z "  
14 UX velocity coordinates of HELIOS in AU/day  
15 UY "  
16 UZ "  
17-22 Same as above for Mercury  
23-28 Same as above for Venus  
29-34 Same as above for Earth  
35-40 Same as above for Mars  
41-46 Same as above for Jupiter  
47-52 Same as above for the moon  
53 Ecliptical longitude of HELIOS counted from mean  
equinox  
54 Ecliptical longitude of HELIOS counted from  
earth-sun line  
55 Ecliptical latitude of HELIOS  
56 Distance Sun - HELIOS in AU  
57-60 Same as above for Mercury  
61-64 Same as above for Venus  
65-68 Same as above for Earth  
69-72 Same as above for Mars  
73-76 Same as above for Jupiter  
77-80 Same as above for the moon  
81 Radial velocity of HELIOS in AU/day  
82 Normal velocity of HELIOS in AU/day  
83 Heliographic longitude of HELIOS counted from the  
ascending node  
84 Heliographic latitude of HELIOS  
85 Number of rotations of the sun since launch at  
16 degrees heliographic latitude referred to  
earth  
86 same, referred to HELIOS

GEOCENTRIC BLOCK (true Earth equator and equinox of date)

87 Right ascension of HELIOS  
88 Declination of HELIOS  
89 Distance/AU Earth - HELIOS  
90-92 Same as above for the moon  
93-95 Same as above for the sun  
96 Radial velocity of HELIOS in AU/day  
97 Normal velocity of HELIOS in AU/day  
(mean ecliptic and equinox of 1950.0):  
98 X position coordinates of HELIOS in AU  
99 Y "  
100 Z "



101 VX velocity coordinates of HELIOS in AU/day  
102 VY "  
103 VZ "  
104-109 Same as above for the sun  
110 Solar ecliptical latitude of HELIOS  
111 Solar ecliptical longitude of HELIOS  
112 X solar magnetospheric coordinates of HELIOS  
113 Y "  
114 Z "

DISTANCES BLOCK (distances in AU)

115 HELIOS - Mercury  
116 HELIOS - Venus  
117 HELIOS - Earth  
118 HELIOS - Mars  
119 HELIOS - Jupiter  
120 HELIOS - Moon  
121 HELIOS - Moon orbit

ANGLES BLOCK (angles in degrees)

122 Earth - HELIOS - Sun  
123 HELIOS - Sun - Earth  
124 Sun - Earth - HELIOS  
125 HELIOS - Earth - Moon  
126 Ecliptic plane - Earth-HELIOS-line  
127 Right ascension of orbit pole  
128 Declination of orbit pole  
129-138 not used

SOLAR CONNECTION BLOCK

139 Proton temperature at HELIOS  
140 Proton density at HELIOS  
141 Day of year (DOY)  
142 Solar wind velocity at Earth (set to 500 km/s)  
143 Solar wind velocity at HELIOS (if no data available  
set to 500 km/s)  
144 Carrington longitude of Earth, radial  
145 Carrington longitude of HELIOS, radial  
146 Magnetic footpoint of Earth, counted from Earth-Sun  
line (nominal value 49.3 degrees at 500 km/s)  
147 Magnetic footpoint of fieldline through HELIOS,  
counted from Earth-Sun line (if no data  
available computed with solar wind velocity  
of 500 km/s)  
148 Carrington longitude of magnetic footpoint through  
Earth  
149 Carrington longitude of magnetic footpoint through  
HELIOS  
150 Carrington rotation number referred to HELIOS

ANHANG D

CLEAN-BAND-SPEZIFIKATION

CLEAN Tape Structure

Compatibility Test Block  
Tape Header Label  
EOF  
Telemetry File  
EOF  
Orbit/Attitude/Command File  
EOF  
.  
.  
.  
Telemetry File  
EOF  
Orbit/Attitude/Command File  
EOF  
EOF  
EOF

Telemetry File Structure

Telemetry File Label  
Copy of last Housekeeping Block  
Science Data Block  
Housekeeping Data Block  
.  
.  
.  
Science Data Block  
Housekeeping Data Block

Orbit/Attitude/Command File Structure

Orbit/Attitude/Command File Label  
Orbit/Attitude Block  
.  
.  
.  
Orbit/Attitude Block  
Command Block  
.

Command Block

Compatibility Test Block

Word	Contents
1-240	Decimal integer numbers from -120 to 119

Tape Header Label

Word	Contents	Value
1	Label identification	1
2	Magtape unit (read)	65,66,67,69,70 (A,B,C,E,F)
3	Magtape unit (write)	65,66,67,69,70 (A,B,C,E,F)
4	S/C number	90,91,95 (A,B,C)
5	Tape level (CLEAN = 2)	2
6	Experiment identification	6
7	EDR sequence number	var.
8	CLEAN-tape sequence number	var.
9	Location of generation (EDR) (1 = CDC3800, 3 = Amdahl)	1, 3
10	Location of generation (CLEAN) (101 = PDP-11)	101
11	Day of generation (EDR)	1....31
12	Month of generation (EDR)	1....12
13	Year of generation (EDR)	19..
14	Day of generation (CLEAN)	1....31
15	Month of generation (CLEAN)	1....12
16	Year of generation (CLEAN)	19..
17	Program version (CLEAN)	0....32767
18-36	not defined	

Telemetry File Label

Word	Contents	Value
1	Label identification	2
2	File number on tape	odd (var.)
3	Telemetry format	1,2,3,5
4	Bitrate	var.
5	File start time (D)	1....366
6	File start time (H)	0....23
7	File start time (M)	0....59
8	File start time (MS)	0....59999
9	File stop time (D)	1....366
10	File stop time (H)	0....23
11	File stop time (M)	0....59
12	File stop time (MS)	0....59999
13	File start time (Y)	19..

14-24 not defined  
 25 Error flag for time tags (0: good, -1: error)  
 26-36 not defined

Errors in time tags are flagged by setting the number of the day to its negative value.

Science Data Block

Word	Contents	Value
1	Block identification	11
2	Block sequence number in file	var.
3	Telemetry format	1,2,3,5
4	Bitrate from station	var.
5	Number of first S/C frame in block	0.....71
6	Number of last S/C frame in block	0.....71
7	Distribution mode	0.....7
8	Spintime (Spinrate = $1024*60/Spintime$ )	var.
9	Ground receipt time (D)	1.....366
10	Ground receipt time (H)	0.....23
11	Ground receipt time (M)	0.....59
12	Ground receipt time (MS)	0.....59999
13	S/C transmit time (D)	1.....366
14	S/C transmit time (H)	0.....23
15	S/C transmit time (M)	0.....59
16	S/C transmit time (MS)	0.....59999
17	S/C transmit time (Y)	19..
18	Bitrate from S/C-frame	var.
19-20	Time words out of first two TLM-frames containing valid data for this block	
21	Record quality:	
	0 all S/C frames valid, no sorting failure	
	1 all S/C frames valid, N not 3 times identical	
	2 all S/C frames valid, N not allowed	
	4 all S/C frames valid, R not twice identical	
	8 all S/C frames valid, R not allowed	
	16 all S/C frames valid, E not identical	
	32 all S/C frames valid, Sync word false	
	64 at least 1 S/C frame invalid	
	128 E6 Power off	
22	No. of S/C-frames per EDF	
23	No. of valid S/C-frames per EDF	
24	No. of coded S/C-frames per EDF	
25	No. of S/C-frames with quality = 1	
26	No. of S/C-frames with quality = 2	
27	No. of S/C-frames with quality = 3	
28	No. of S/C-frames with quality = 4	
29-31	not defined	

If word 21 (record quality) is 0, words 32 to 137 contain the sorted EDF. Otherwise the EDF will be stored as read in.

Word 21 = 0:

32 - 121 90 E6-words of telemetry data. In case of

formats FM1, FM2, FM3, the last words contain no valid data. One word consists of 16 bits numbered 0 to 15 from left to right.

Bit 0 : 0 = valid data, 1 = invalid data

Bit 1 : 0 = coded data, 1 = uncoded data

Bits 2-4 : Data quality indicator ranging from 1 to 4. 4 = good quality  
1 = bad quality

Bits 5-7 : always zero

Bits 8-15 : one telemetry word

122-137 not defined  
138-140 Averaged E2-components U,V,W (integer gamma values)  
141-143 E2-offset values C1,C2,C3 (integer gamma values)  
144 not defined

Word 21 = 0

32 EDF frame number  
33 Sync word  
34 Status word  
35 Serial number  
36 EDF duration  
37 EDF end sector  
38 EDF precounter overflow  
39 14 - No. of counting rate bit planes  
40-71 16 pulse height words  
72-135 32 decompressed counting rates  
136 not defined  
137 not defined  
138-140 Averaged E2-components U,V,W (integer gamma values)  
141-143 E2-offset values C1,C2,C3 (integer gamma values)  
144 not defined

### Engineering Block

Word	Contents	Value
1	Block identification	10
2	Block sequence number in file	var.
3	Format	1,2,3,5
4	Bitrate (bits/seconds)	var.
5	Number of first S/C frame in block	0....287
6	Number of last S/C frame in block	0....287
7	Distribution mode	1....7
8	not defined	
9	Ground receipt time (D)	1....366
10	Ground receipt time (H)	0....23
11	Ground receipt time (M)	0....59
12	Ground receipt time (MS)	0....59999
13	S/C transmit time (D)	1....366
14	S/C transmit time (H)	0....23
15	S/C transmit time (M)	0....59
16	S/C transmit time (MS)	0....59999

17	S/C transmit time (Y)	19..
18	not defined	
19-22	4 times channel B-002	
23-26	4 times channel B-003	
27-30	4 times channel B-004	
31-34	4 times channel B-005	
35-38	4 times channel B-038	
39-42	not defined	
43-44	2 times channel C-000	
45-46	2 times channel C-001	
47-48	2 times channel C-002	
49-50	2 times channel C-003	
51-52	2 times channel C-047	
53-54	2 times channel C-052	
55-56	2 times channel C-053	
57-58	2 times channel C-054	
59-60	2 times channel C-055	
61-62	2 times channel C-056	
63-64	2 times channel C-057	
65-66	2 times channel C-058	
67-68	2 times channel C-059	
69-70	2 times channel C-060	
71-72	2 times channel C-061	
73-74	2 times channel C-062	
75-76	2 times channel C-063	
77-78	2 times channel C-064	
79-82	not defined	
83	Channel D-000	
84	Channel D-001	
85	Channel D-062	
86	Channel D-063	
87	Channel D-076	
88	Channel D-077	
89	Channel D-103	
90	Channel D-114	
91-144	not defined	

-----

Orbit/Attitude/Command File Label

Word	Contents	Value
1	Label identification	3
2	File Number on Tape	even (var)
3	not defined	
4	not defined	
5	Time first O/A block (D)	1...366
6	Time first O/A block (H)	0...23
7	Time first O/A block (M)	0...59
8	Time first O/A block (MS)	0...59999
9	Time last O/A block (D)	1...366
10	Time last O/A block (H)	0...23
11	Time last O/A block (M)	0...59
12	Time last O/A block (MS)	0...59999
13	Time first command (D)	1...366
14	Time first command (H)	0...23
15	Time first command (M)	0...59

16	Time first command (MS)	0...59999
17	Time last command (D)	1...366
18	Time last command (H)	0...23
19	Time last command (M)	0...59
20	Time last command (MS)	0...59999
21	Length of O/A blocks (words)	
22	Number of O/A blocks	
23	Length of command blocks (words)	
24	Number of command blocks	
25	Error flag time tags (0: good, -1: error)	
26-36	not defined	

-----

### Orbit/Attitude Data Block

Orbit/Attitude data are provided as copy from the Orbit/Attitude tape preceded by three words. The following format is used for every O/A value. The first two words of a word-triple contain a positive or negative fixpoint number (mantissa, basis 10) with the most significant bit contained in the leftmost bit of the first word and the least significant bit in the rightmost bit of the second word.

The exponent (basis 10) is contained in the third word of a triple having the MSB in bit 0 (leftmost). Two-s complement is used for negative numbers. The three words preceding the O/A data contain the following information:

Word	Contents	Value
1	Block identification	20
2	Block number in file	var.
3	not defined	

-----

### Command Block

One command block contains up to 10 confirmed (successfully radiated) commands. The spacecraft commands are encoded in the following way: The command address is reflected as a binary number which gives, interpreted as integer (I-format), the octal address.

Emergency commands (acronym starts with letter E) are flagged by adding 1000 (decimal) to the address, illegal commands (acronym XXXX) are flagged by adding 2000 (decimal) to the address.

Word	Contents	Value
1	Block identification	30
2	Block number in file	var.
3	Number of commands in block	1...10
4	Error flag (word 3 from 1 to 10)	0:good, -1:error
5	Ground transmit time (D)	1...366

6	Ground transmit time (H)	0...23
7	Ground transmit time (M)	0...59
8	Ground transmit time (MS)	0...59999
9	S/C receipt time (D)	1...366
10	S/C receipt time (H)	0...23
11	S/C receipt time (M)	0...59
12	S/C receipt time (MS)	0...59999
13	Spacecraft command	
14	not defined	
15	not defined	
16-123	up to 9 repetitions of words 4 to 15	

---



ANHANG E  
RATTAP-BAND-SPEZIFIKATION

RATTAP Tape Structure

Compatiblity Test Block  
Tape Header Label  
EOF  
Rates Data Block  
.  
.  
.  
Rates Data Block  
Housekeeping Data Block  
Orbit/Attitude/Command Data Block  
Rates Data Block  
.  
.  
.  
Rates Data Block  
Housekeeping Data Block  
Orbit/Attitude/Command Data Block  
EOF  
EOF  
EOF

Compatibility Test Block

Word	Contents
1-240	Decimal integer numbers from -120 to 119

Tape Header Label

Word	Contents	Value
1	Label identification	1
2	Magtape unit (read)	65,66,67,69,70(A,B,C,E,F)
3	Magtape unit (write)	65,66,67,69,70(A,B,C,E,F)
4	S/C number	90,91,95 (A,B,C)
5	Tape level (RATTAP=4)	4
6	Experiment identification	6
7	EDR sequence number	variable

8	CLEAN-tape sequence number	variable
9	Location of generation (CLEAN)	101
	(101 = PDP11)	
10	Location of generation (RATTAP)	101, 102
	(101 = PDP11, 102 = TR440)	
11	Day of generation (CLEAN)	1...31
12	Month of generation (CLEAN)	1...12
13	Year of generation (CLEAN)	74...
14	Day of generation (RATTAP)	1...31
15	Month of generation (RATTAP)	1...12
16	Year of generation (RATTAP)	74...
17	Program version No. (RATTAP)	
18	B-field data (Braunschweig)	0=NO, 1=YES
19-36	not defined	

Version 2: Trend check implemented, HK blocks and OA blocks included only every 3 hours instead of at each occurrence, BS in nT instead of nT/10 previously.

Version 3: Aliasing filter (-20.94 deg) taken into account in magnetic field values.

Version 13: Error in trend check for sum rates corrected.

#### Rates Data Block

Word	Contents
1-39	see CLEAN-tape specification (science data block)
40	questionable dead time correction
	0 = correct      1 = EDF missing
41	overflow warning (one of last 2 EDF or current EDF has M = 1) if not equal 0
42	pure DMO if = 0
43-44	not defined
45-46	counting rate      1
47-48	2
49-50	3
51-52	4
53-54	5
55-56	6
57-58	7
59-60	8
61-62	counting rate      9
63-64	10
65-66	11
67-68	12
69-70	13
71-72	14
73-74	15
75-76	16
77-78	counting rate      17
79-80	18
81-82	19
83-84	20

85-86		21	
87-88		22	
89-90		23	
91-92		24	
93-94	counting rate	25	
95-96		26 / CR*	4+2 in frame 2
97-98		27 / CR*	4+2 "
99-100		28 / CR*	4+2 "
101-102		29 / CR*	4+2 "
103-104		30 / CR*	16+8 "
105-106		31 / CR*	16+8 "
107-108		32 / CR*5	12+256 "
109-110	sum 1-8		
111-112	9-16		
113-114	17-24		
115-116	25-32		
117-118	not defined		
119-120	time 1,2,3 for CR	1	
121-122		2	
123-124		3	
125-126		4	
127-128		5	
129-130		6	
131-132		7	
133-134		8	
135-136	time 1,2,3 for CR	9	
137-138		10	
139-140		11	
141-142		12	
143-144		13	
145-146		14	
147-148		15	
149-150		16	
151-152	time 1,2,3 for CR	17 /	time 4 in frame 2
153-154		18	
155-156		19	
157-158		20	"
159-160		21	
161-162		22	
163-164		23	
165-166		24	
167-168	time 1,2,3 for CR	25 /	time 4 in frame 2
169-170		26	
171-172		27	
173-174		28	
175-176		29	
177-178		30	"
179-180		31	
181-182		32 /	time 4 in frame 2
183-184	time 4 for sum	1-8 /	"
185-186		9-16 /	"
187-188	"	17-24 /	not defined in frame 2
189-190		25-32 /	"
191	not defined		
192	1 if Braunschweig magnetic field data included		
193-195	averaged E2-components X,Y,Z		(integer nT/10 values)
196-198	E2 offset values C1,C2,C3		( " " )
199-200	BS = SQRT (X*X + Y*Y + Z*Z)		solar eclipt. coord.

201-202 BE = arctan (Z/SQRT (X\*X + Y\*Y)) (-90 to 90 deg)  
203-204 BA = arctan (Y/X) ( 0 to 360 deg)  
205-206 coincidence rate sum in new EDMF  
207-208 " " old "  
209-210 dead time counter (AZK) in new EDF2  
211-212 " " old "  
213-240 not defined

-----

NOTE

The counting rates (words 45 to 116 and 205 to 212), associated times (words 119 to 190) and magnetic field values (words 199 to 204) are real numbers (representation according to PDP-11 FORTRAN convention).

'Counting rates' are to be understood here, however, as (integer) counting results taken over their corresponding times. The reason to convey counting results and times separately is to facilitate averaging over longer time intervals as performed by program RZJ1.

Counting results are marked by a minus sign if their trend check is negative.

Magnetic field values are replaced by filler values if their trend check is negative. The filler values are -1 for X, Y, Z and accordingly 1.73, -35.3 deg, 225.0 deg for field strength BS, field elevation angle BE, and field azimuth angle BA.

Definition of time 1,2,3,4

time 1: time period for sectored counting rates

$$\text{time 1} = (\text{time}_{\text{uncorr}} - \text{time}_{\text{sect}} - \text{time}_{\text{var}}) / D * \text{INT}(D/8)$$

attributed to all sectored counting rates (but time 2 or 3 may override)

time 2: time period for sectored counting rates with additional sector.

$$\text{time 2} = (\text{time}_{\text{uncorr}} - \text{time}_{\text{sect}} - \text{time}_{\text{var}}) / D * (\text{INT}(D/8) + 1)$$

attributed to MOD(D,8) consecutive sectors, starting with sector  
MOD(8+E-MOD(D,8),8)

time 3: time 1 or time 2 with correction for formatting

$$\text{time } 3_1 = \text{time } 1,2 - 2706 * 0.0036 \text{ (formatting frame 0 or 1)}$$

$$\text{time } 3_2 = \text{time } 1,2 - 2724 * 0.0036 \text{ (formatting frame 2)}$$

attributed to 3 sectors:

1. sector:  $E^{-1}$  : time  $3_1$  if  $R^0 = 1$  or  $R^0 = 2$   
time  $3_2$  if  $R^0 = 0$
2. sector:  $E^{-2}$  : time  $3_1$  if  $R^0 = 2$  or  $R^0 = 0$   
time  $3_2$  if  $R^0 = 1$
3. sector  $E^{-3} = E^0 - D^0$ : time  $3_1$  if  $R^0 = 0$  or  $R^0 = 1$   
time  $3_2$  if  $R^0 = 2$

time 4: time period for unsectored counting rates

$$\text{time 4} = \text{time}_{\text{uncorr}} - \text{time}_{\text{form}} - \text{time}_{\text{sect}} - \text{time}_{\text{var}}$$

attributed to all unsectored counting rates

uncorrected time period:

$$\begin{aligned} \text{time}_{\text{uncorr}} &= D * \text{spintime} * 10^3 / 1024 / 8 && \text{(millisec)} \\ &= 13\ 500 && \text{with spintime} = 1024 \end{aligned}$$

dead time caused by formatting:

$$\text{time}_{\text{form}} = (2 * 2706 + 2724) * 0.0036 = 29.29 \quad \text{(millicece)}$$

dead time caused by sector switching:

$$\begin{aligned} \text{time}_{\text{sect}} &= (3 * 641 + (D-3) * 305) * 0.0036 && \text{(millisec)} \\ &= 122.21 && \text{with } D = 108 \\ &= 22772. && \text{with } D = 20736 \end{aligned}$$

variable dead time caused by discriminator signal:

$$\begin{aligned} \text{time}_{\text{var}} &= \frac{2}{3} \text{time}^0_{\text{discr}} + \frac{1}{3} \text{time}^1_{\text{discr}} && \text{in frame 0} \\ &= \frac{1}{3} \text{time}^0_{\text{discr}} + \frac{2}{3} \text{time}^1_{\text{discr}} && \text{in frame 1} \\ &= \text{time}^0_{\text{discr}} && \text{in frame 2} \end{aligned}$$

$$\text{time}_{\text{discr}} = \text{AZK}/820 + \text{CRSUM} * 0.0012 \quad \text{(millisec)}$$

$$\begin{aligned} \text{CRSUM} &= \sum_{i=1}^{32} \text{CR} (i) \text{ in frame 0} \\ &+ \sum_{i=1}^{32} \text{CR} (i) \text{ in frame 1} \\ &+ \sum_{i=1}^{23} \text{CR} (i) + \text{CR} (30) \text{ in frame 2} \end{aligned}$$

ANHANG F  
FORMAT DES RZJ-BANDES

Das RZJ-Ausgabeband ist folgendermaßen aufgebaut:

BOT-Marke  
Kompatibilitätsblock  
Bandkopf.  
EOF  
Datenblock  
.  
.  
.  
Datenblock  
EOF  
EOF  
EOF

Diese Blöcke haben 16-bit-wortweise folgende Struktur:

Kompatibilitätsblock (wie bei CLEAN, RATTAP, RTB):

Wort	Inhalt
1	-120
.	
.	
.	
240	+119

Bandkopf:

Wort	Inhalt / Bedeutung
1	1 / Kennung für Bandkopf
2	(65,66,67,69 oder 70) / Nummer + 65 des Magnetbandgerätes, von dem das CLEAN-Band gelesen worden ist
3	(65,66,67,69 oder 70) / Nummer + 65 des Magnetbandgerätes, auf dem das RATTAP-Band geschrieben worden ist
4	(90 oder 91) / HELIOS 1 oder 2
5	6 / Kennung für RZJ-Band
6	6 / Kennung für Experiment 6, von GSOC gesetzt
7	(0 ... 32767) / EDR-Nummer

8 Nummer des ersten verwendeten RATTAP/RTB-Bandes  
 9 101 / Kennung für PDP11 (CLEAN)  
 10 101 / Kennung für PDP11 (RATTAP)  
 11/13 Tag, Monat, Jahr der EDR-Erzeugung  
 14/16 Tag, Monat, Jahr der CLEAN-Band-Erzeugung  
 17 Version des RZJ1-Programms  
 18 (-1,0,1,2,3) Sammelart bei RZJ1  
 19 (0,1,2) / Gruppe für Sammelart 2  
 20 (0,1,2,3) / Koinzidenztyp "  
 21 dortige Mindestteilchenzahl "  
 22 0 / Standardverarbeitung durch RZJ1  
 1 / sonst  
 23 Zustandsregisterstellung (normal 151 oktal)  
 24 Nummer des RZJ-Bandes  
 25 0 / festes Sektorsystem bei Akkumulation,  
 1 / Sektorsystem nach Magnetfeld-Azimut  
 orientiert  
 26 1 / Routineverarbeitung durch RZJ1,  
 0 / sonst  
 27 Intervalldauer/min für EDF-Akkumulation  
 nach Sammelart 1  
 28 0 / Trendcheckmarkierungen durch RZJ1  
 29/30 halber Öffnungswinkel/Grad des  
 Detektorteleskops (näherungsweise  
 Effektivwert 15 Grad)  
 31 Art der Bestimmung der Symmetrieachse der  
 Teilchenwinkelverteilungen:  
 0 / Magnetfeldazimut mit Iteration  
 1 / Teilchenverteilung mit Iteration  
 2 / radial von der Sonne ( 0 Grad)  
 3 / azimutal (270 Grad)  
 -1 / Magnetfeldazimut ohne Iteration  
 -2 / senkrecht zum Magnetfeldazimut  
 (BA + 90 Grad)  
 32 Korrekturkennzeichnung durch ANK1  
 0 / unkorrigiert  
 sonst / siehe Programm ANK1  
 33 Jahr vom ersten verwendeten RTB-Band  
 34 1 / Eingabe von RTB-Band  
 -1 / Eingabe von RATTAP-Band  
 0 / unbekannt (bei RZJ1-Version <= 99)  
 35/36 leer

-----

Datenblock:

Wort	Inhalt / Bedeutung
1- 32	Gemeinsame Kennung
33- 560	Daten der Gruppe 0
561-1088	Daten der Gruppe 1
1089-1616	Daten der Gruppe 2

-----

Die Bestandteile eines Datenblocks sind ihrerseits folgendermaßen zusammengefügt:



Gemeinsame Kennung:

Wort	Inhalt / Bedeutung
1	Zustandsregisterstellung (normal 151 oktal)
2	Version des Programms RZJ1
3	Nummer des verwendeten RATTAP/RTB-Bandes
4	1 / Beginn eines neuen Tages 0 / sonst
5	Jahr der Messung - 1900
6	Datenblocktyp: 0 / RZJ-Block 1 / Orbit-Attitude-Block (nicht verwendet)
7	HELIOS-Flugnummer 90 / HELIOS 1 91 / HELIOS 2
8	Version des RATTAP-Programms
9	Sammelart bei RZJ1 -1 / ein RZJ-Block nach jedem RTB-Block, 0 / ein RZJ-Block, sobald in jeder Gruppe mindestens ein RTB-Block gewesen ist, 1 / ein RZJ-Block, sobald über eine vorge- wählte Zeit akkumuliert worden ist, 2 / ein RZJ-Block, sobald von einem vorge- wählten Koinzidenttyp eine vorgewählte Anzahl von Ereignissen akkumuliert worden ist, 3 / Akkumulation gemäß Steuerfile RZSTEU
10	(0,1,2) / Gruppe für Sammelart 2
11	(0,1,2,3) / Koinzidenttyp "
12	dortige Mindestteilchenzahl "
13	Sammelzeit/min für Sammelart 1
14	0 / Standardverarbeitung durch RZJ1, 1 / sonst
15	0 / festes Sektorsystem bei Akkumulation, 1 / Sektorsystem nach B-Azimut orientiert
16	0 / Trendcheckmarkierungen von RATTAP durch RZJ1 berücksichtigt, 1 / sonst
17	Version des Korrekturprogramms ANK1
18	1 / Routineverarbeitung durch RZJ1, 0 / sonst
19	Art der Bestimmung der Symmetrieachse der Teilchenwinkelverteilungen: -2 / Magnetfeldazimut + 90 Grad, -1 / Magnetfeldazimut, 0 / Magnetfeldazimut mit anschließender Iteration für minimale Unsymmetrie (Iteration nur ab 250 Teilchen), 1 / Fundamentale der Teilchenwinkelverteilung mit anschließender Iteration für minimale Unsymmetrie, 2 / radial von der Sonne ( 0 Grad), 3 / azimuthal (270 Grad)
20	1 / Eingabe von RTB-Band, -1 / Eingabe von RATTAP-Band
21/22	leer
23/27	Datum der Erzeugung durch RZJ1

28/32 Datum der Einordnung (vom Programm A01 einzusetzen).

Jede der drei Datengruppen 0, 1 und 2 besteht aus 528 16-bit-Wörtern äquivalent zu 264 Gleitkommazahlen von 32 bit Länge und setzt sich aus vier Untergruppen 0 bis 3 zu je 64 Gleitkommazahlen sowie einer Gruppenkennung zusammen. Die Untergruppen enthalten die wesentliche Meßinformation des Experiments 6. Ihre Zuordnung zu den Koinzidenttypen und Zählraten geht aus folgender Aufstellung hervor:

Gruppe 0:

32-bit-Wort	Inhalt / Bedeutung
1... 64	A2
65... 128	A4
129... 192	A13
193... 256	P27
257... 264	Gruppenkennung

Gruppe 1:

32-bit-Wort	Inhalt / Bedeutung
1... 64	P1
65... 128	P13
129... 192	E03
193... 256	E08
257... 264	Gruppenkennung

Gruppe 2:

32-bit-Wort	Inhalt / Bedeutung
1... 64	P51
65... 128	P4
129... 192	nichtsektorierte Daten
193... 256	nichtsektorierte Daten
257... 264	Gruppenkennung

Die 64 Gleitkommazahlen, die pro Koinzidenttyp den sektorisierten Daten zugeordnet sind, haben folgende Bedeutungen:

32-bit-Wort	Inhalt / Bedeutung
1... 8	Sektorintensitäten $m^{*2}$ sec sr MeV
9... 16	deren Fehler " "
17... 19	Mittelwert der acht Sektorintensitäten
20... 22	rms-Anisotropie A0 der Verteilung in der Meßebe
23	Azimutrichtung/Grad der Anisotropie
24	rms-Unsymmetrie U der Verteilung in der

	Meßebeane
25	Vorwärtskomponente V der Intensität in der Meßebeane
26	Rückwärtskomponente R "
27	(V-R)/(V+R)
28	Vorwärtskomponente V1 der Intensität in der Meßebeane
29	Rückwärtskomponente R1 "
30	Q1 = (V1-R1)/(V1+R1)
31...33	rms-Anisotropie der symmetrisierten Verteilung in der Meßebeane
34...36	rms-Anisotropie der Pitchverteilung
37...39	Vorwärtskomponente V2 der Pitchwinkel- verteilung
40...42	Rückwärtskomponente R2 "
43...45	Q2 = (V2-R2)/(V2+R2)
46...48	Legendrekoeffizient G0 der Pitchwinkel- verteilung = Intensität F2 der Pitchwinkelverteilung über den vollen Raumwinkel gemittelt
49...51	G1/G0 = Anisotropie erster Ordnung
52...54	G2/G0 = Anisotropie zweiter Ordnung
55...57	G3/G0 = Anisotropie dritter Ordnung
58...60	G4/G0 = Anisotropie vierter Ordnung
61	U/A0 (siehe 24 und 20)
62	Teilchensumme/(Sektorsummenzeit*Geome- triefaktor*Energiebereich)
63	Teilchensumme über alle acht Sektoren
64	Sektorsummenzeit/msec

Sind hierin drei Gleitkommazahlen pro Zeile angegeben, so enthalten sie der Reihe nach den Wert, den Wert plus Ein-Sigma-Toleranz und den Wert minus Ein-Sigma-Toleranz.

Die Verteilungen in der Meßebeane sind durch Kosinuskoeffizienten a und Sinuskoeffizienten b bis zur vierten Harmonischen derart dargestellt, daß jede Sektorintensität Mittelwert dieser Funktion über den Sektor ist. In der symmetrisierten Verteilung sind die Sinuskoeffizienten gleich Null gesetzt. Die rms-Anisotropie A0 und die rms-Unsymmetrie U sind folgendermaßen definiert:

$$A_0 = \sqrt{\sum_{n=1}^4 (a_{on}^2 + b_{on}^2) / (a_{o0}^2 + \sum_{n=1}^4 (a_{on}^2 + b_{on}^2))}$$

$$U = \sqrt{\sum_{n=1}^4 b_{1n}^2 / \sum_{n=1}^4 (a_{1n}^2 + b_{1n}^2)}$$

Für die Intensitätskomponenten V, R, V1, R1, V2 und R2 gilt:

$$\begin{pmatrix} V \\ R \end{pmatrix} = a_{10} \pm \frac{2}{3} a_{11} \mp \frac{2}{5} a_{13} - \frac{1}{3} a_{14}$$

$$\begin{pmatrix} V1 \\ R1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\pi} \int_A^B f_1(\alpha) d\alpha = a_{10} \pm \frac{2}{\pi} \left( a_{11} - \frac{1}{3} a_{13} \right) \quad \left| \begin{array}{l} A = \mp \pi/2 \\ B = \left( \begin{array}{l} \pi/2 \\ 3\pi/2 \end{array} \right) \end{array} \right.$$

$$\begin{pmatrix} V2 \\ R2 \end{pmatrix} = 2 \int_C^D f_2(\vartheta) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta = a_{20} \pm \frac{2}{3} a_{21} \mp \frac{2}{5} a_{23} - \frac{1}{3} a_{24} \quad \left| \begin{array}{l} C = \left( \begin{array}{l} 0 \\ \pi/2 \end{array} \right) \\ D = \left( \begin{array}{l} \pi/2 \\ \pi \end{array} \right) \end{array} \right.$$

Bei den nichtsektorierten Daten sind im Interesse einer den sektorierten Daten ähnlichen Anordnung die Koinzidenttypen und Zählraten den 64 Gleitkommazahlen ihrer Untergruppen in der folgenden Weise zugeordnet:

Untergruppe 2:

32-bit-Wort	Inhalt / Bedeutung
1 mod 8	A27
2 mod 8	E2
3 mod 8	P37
4 mod 8	E3
5 mod 8	A37
6 mod 8	A48
7 mod 8	Untergrundzählrate in Detektor 4
0 mod 8	Zählrate in Detektor 1

Untergruppe 3:

32-bit-Wort	Inhalt / Bedeutung
1 mod 8	Zählrate in Detektor 2
2 mod 8	" " 3
3 mod 8	" " 4
4 mod 8	" " 5
5 mod 8	" " C
6 mod 8	" " A
7 mod 8	dito, sektoriert und subkommutiert
0 mod 8	Rate der Arbeitszyklen des Koinzidenznetzwerkes

Pro Koinzidenttyp oder Zählrate sind dabei der Reihe nach die sechs Informationen

1. bei Koinzidenzen: Intensität (m\*\*2 sec sr MeV)  
sonst: Zählrate sec
2. zugehöriger Fehler
3. Intensität bzw. Zählrate + Fehler
4. " " - "
5. Zählerstand
6. Zähldauer

Zusätzlich enthält die Gruppe 2 in ihrer Untergruppe 3 in den Wörtern 49, 50 und 51 den betragsweise gemittelten Magnetfeldelevationswinkel für die Gruppen 0, 1 und 2.

Die Gruppenkennung hat schließlich in allen drei Gruppen den Aufbau

Wort	Inhalt / Bedeutung
1	laufende Nummer des erstes verwendeten EDFs
2	" " letzten " "
3	Anzahl der verwendeten EDFs
4	-1 / Lücke vor dem ersten verwendeten EDF 0 / sonst
5	Anzahl der EDFs mit fragwürdiger Totzeit- korrektur
6	Anzahl der EDFs mit Vorzählerüberlauf
7, 8	Anfang des Zeitintervalls
9, 10	Ende " "
11, 12	Magnetfeldstärke/Gamma
13, 14	" -elevationswinkel/Grad
15, 16	" -azimutwinkel/Grad

Alle Teilchen- und Magnetfelddaten sind in den RZJ-Datenblöcken durch Gleitkommazahlen dargestellt. In Fällen, in denen diese Daten fehlen oder nicht berechnet werden können, werden die entsprechenden Plätze durch den Fülldatenwert -9999.9 belegt.

ANHANG G  
PHA-BAND-SPEZIFIKATION

PHA Tape Structure

Compatibility Test Block  
Tape Header Label  
EOF  
PHA Data Block  
.  
.  
.  
PHA Data Block  
Housekeeping Data Block  
Orbit/Attitude/Command Data Block  
PHA Data Block  
.  
.  
.  
PHA Data Block  
Housekeeping Data Block  
Orbit/Attitude/Command Data Block  
EOF  
EOF  
EOF

Compatibility Test Block

Word	Contents
1-240	Decimal integer numbers from -120 to 119

Tape Header Label

Word	Contents	Value
1	Label identification	1
2	Magtape unit (read)	65,66,67,69,70(A,B,C,E,F)
3	Magtape unit (write)	65,66,67,69,70(A,B,C,E,F)
4	S/C number	90,91,95 (A,B,C)
5	Tape level (PHA = 3)	3
6	Experiment identification	6

7	EDR sequence number	var.
8	CLEAN-tape sequence number	var.
9	Location of generation (CLEAN)	101
10	Location of generation (PHA) (101 = PDP11)	101.
11	Day of generation (CLEAN)	1...31
12	Month of generation (CLEAN)	1...12
13	Year of generation (CLEAN)	74...
14	Day of generation (PHA)	1...31
15	Month of generation (PHA)	1...12
16	Year of generation (PHA)	74...
17	Version-No. of IMPTAP	
18-36	not defined	

Science Data Block

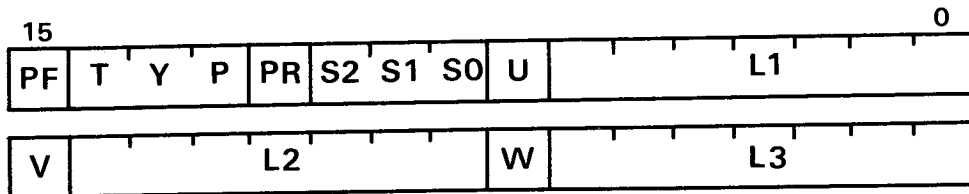
Word	Contents	Value
1	Block identification	11
2	Block sequence number in file	var.
3	Telemetry format	1,2,3,5
4	Bitrate	var.
5	Number of first S/C frame in block	0...71
6	Number of last S/C frame in block	0...71
7	Distribution mode	0...7
8	Spintime (Spinrate=1024*60/Spintime)	var.
9	Ground receipt time (D)	1...366
10	Ground receipt time (H)	0...23
11	Ground receipt time (M)	0...59
12	Ground receipt time (MS)	0...59999
13	S/C transmit time (D)	1...366
14	S/C transmit time (H)	0...23
15	S/C transmit time (M)	0...59
16	S/C transmit time (MS)	0...59999
17	S/C transmit time (Y)	74...
18	not defined	
19-20	Time words out of first two TLM-frames containing valid data for this block	
21	Record quality:	
	0 all S/C frames valid, no sorting failure	
	1 all S/C frames valid, N not 3 times identical	
	2 all S/C frames valid, N not allowed	
	4 all S/C frames valid, R not twice identical	
	8 all S/C frames valid, R not allowed	
	16 all S/C frames valid, E not identical	
	32 all S/C frames valid, sync word false	
	64 at least 1 S/C frame invalid	
	128 E6 power off	
22	No of S/C frames per EDF	
23	No of valid S/C frames per EDF	
24	No of coded S/C frames per EDF	
25	No of S/C frames with quality = 1	
26	No of S/C frames with quality = 2	
27	No of S/C frames with quality = 3	
28	No of S/C frames with quality = 4	
29	1: Serial number questionable	
30-31	not defined	

32 EDF frame number  
33 Sync word  
34 Status word  
35 Serial number  
36 EDF duration  
37 EDF end sector  
38 EDF precounter overflow  
39 14 - No of counting rate bit planes  
40-71 16 pulse height words  
72 not defined  
73-74 Magnetic field strength BS  
75-76 " elevation angle BE  
77-78 " azimuth angle BA  
79-81 not defined

---

Errors in time tags are flagged by setting the number of the day to its negative value.

Pulse height word



PF = PARITY FAILURE



ANHANG H

PHALES- UND PHARED-BAND-SPEZIFIKATION

Struktur des PHALES- bzw. PHARED-Bandes

File Header Label  
Start/Stop-Zeit Block  
.  
.  
.  
Start/Stop-Zeit Block  
IHW Data Block  
.  
.  
.  
IHW Data Block  
File Trailer Label  
EOF  
File Header Label  
.  
.  
.  
File Trailer Label  
EOF  
EOF  
EOF

File Header Block

Wort	Inhalt	Form / Wert
1	Filename (z.B. ABC)	RADIX-50
2	Filename (z.B. DEF)	RADIX-50
3	Extension (z.B. 001)	RADIX-50
4	UIC (z.B. 33,33)	Byte,Byte
5	Protection (z.B. "233)	Oktal
6	Datum ((Jahr - 1970) * 1000 + Tag des Jahres)	Integer
7	nicht definiert	0

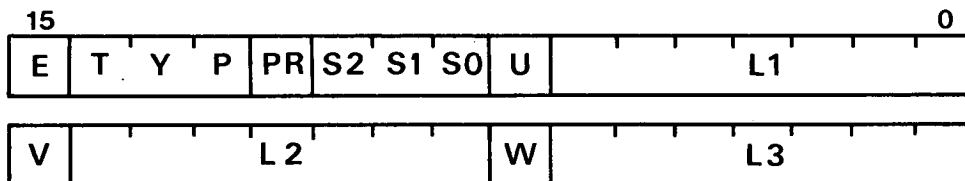
Start/Stop-Zeit-Block

Wort	Inhalt	Wert
1	Blockidentifikation	1
2	HELIOS 1 oder 2	1, 2
3	Typengruppe 0 oder 1-6	0, 1
4	Startzeit der Periode (Y)	74...
5	" (D)	1...366
6	" (H)	0...23
7	" (M)	0...59
8	" (S)	0...59
9	Stopzeit der Periode (Y)	74...
10	" (D)	1...366
11	" (H)	0...23
12	" (M)	0...59
13	" (S)	0...59
14-20	nicht definiert	0

Impulshöhenwort-Block

Wort	Inhalt	Wert
1	Blockidentifikation	2
2	nicht definiert	0
3-4	IHW	
5-6	IHW oder 0	
.		
.		
.		
399-400	IHW oder 0	

Impulshöhenwort



E = 1 Eichmode für Typ 0  
 0 sonst

Impulshöhenwörter mit Paritätsfehlern werden verworfen, aber gezählt (siehe Trailer-Block, Wort 8 - 9).

Trailer - Block

Wort	Inhalt	Wert
1	Blockidentifikation	3
2	Dauer aller Perioden (D)	1...366

3	"	(H)	0....23
4	"	(M)	0....59
5	"	(S)	0....59
6-7	1	Anzahl IHWs aller Perioden (alle Typen, einschl. Paritätsfehler)	REAL
8-9	2	IHws mit Paritätsfehlern (alle Typen)	
10-11	3	IHws aus anderer Typengruppe	
12-13	4	IHws aus gewünschter Typengruppe	
14-15	5	Typ 0 IHws (untere Matrix, gesamt)	
16-17	6	Typ 0 IHws (untere Matrix, Box)	
18-19	7	1	
20-21	8	1	
22-23	9	2	
24-25	10	2	
26-27	11	3	
28-29	12	3	
30-31	13	" 4	" "
32-33	14	4	
34-35	15	5	
36-37	16	5	
38-39	17	6	
40-41	18	6	
42-43	19	Typ 0 IHws (obere Matrix, gesamt)	
44-45	20	Typ 0 IHws (obere Matrix, Box)	
46-47	21	1	
48-49	22	1	
50-51	23	2	
52-53	24	2	
54-55	25	3	
56-57	26	3	
58-59	27	" 4	" "
60-61	28	4	
62-63	29	5	
64-65	30	5	
66-67	31	6	
68-69	32	6	
70-71	33	Typ 0 IHws im Eichmode	
72-100		nicht definiert	

-----

Die Wörter 14 bis 69 werden vom Programm PHALES auf Null gesetzt. Das Programm PHARED schreibt entsprechend der Typengruppe (siehe Start/Stop-Zeit-Block, Wort 3) nur die Wörter 14-17 und 42-45 oder die Wörter 18-41 und 46-69.