

DIE PROGRAMMIERSPRACHE PEARL ALS KOMMUNIKATIONSMITTEL

ZUR BESCHREIBUNG UND ABWICKLUNG VON TECHNISCHEN PROZESSEN

A. KURAU

WESSLING

IM FORSCHUNGSZENTRUM OBERPFAFFENHOFEN DER DFVLR

Die nachfolgenden Fachartikel wurden mit freundlicher Genehmigung des Kernforschungszentrums Karlsruhe aus dem KfK-PDV-Bericht 187 nachgedruckt.

Der weitere Nachdruck ist nur mit Genehmigung des Kernforschungszentrum Karlsruhe erlaubt.

Zusammenfassung: Die Lebensphasen der Vorhaben werden in der Forschung, in der Entwicklung sowie in der Produktion analysiert und die Bedeutung des Einsatzes von geeigneten Kommunikationsmitteln aufgezeichnet. Danach werden die Eigenschaften der Programmiersprachen zur Beschreibung und Abwicklung von technischen Prozessen untersucht und die Erfahrungen im Bereich der Raumfahrt mit der Programmiersprache PEARL aus dem Forschungsvorhaben EBOSIPES geschildert. Im Ausblick sind einige ungelöste Probleme aus dem aufgezeichneten Bereich gestreift.

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist die Arbeitsteilung im nationalen sowie im internationalen Bereich sehr erweitert worden. Dieses gilt ebenso in der Forschung als auch in der Entwicklung und in der Produktion. Die Arbeitsteilung ist im allgemeinen nicht mehr so wie in früheren Jahrhunderten an einen Ort gebunden. Damit entstehen Transportprobleme von Rohstoffen, Vorfabrikaten, fertigen Produkten sowie die Notwendigkeit einer exakten Planung und Koordination dieser Vorgänge, um eine rationelle Abwicklung zu gewährleisten. Neben diesem Transport der Güter besteht ebenso die Anforderung, die verwendeten Methoden und Verfahren dieses Prozesses mindestens für einen Teil der Beteiligten transparent zu gestalten.

Neue Zweige der Wissenschaft übernahmen die Realisierung der genannten Forderung. Die Kybernetik widmete sich der Aufzeichnung sowie der Lösung von allgemeinen Steuerungsproblemen. Die Netzplantechnik versuchte die Synchronisation von Aktivitäten, die in großer Anzahl bei umfangreichen Projekten parallel ablaufen, in Griff zu bekommen. Die Einführung der Rechenanlagen für numerische Auswertung sowie zur Automation von Entwurfsverfahren, Produktion und Testen erforderte rege Aktivitäten in einer neuen Disziplin der Wissenschaft, die den Namen Informatik erhielt. Gerade in dieser Disziplin der Wissenschaft tauchte der Begriff "Portabilität" relativ frühzeitig auf und sollte zunächst die Möglichkeit bezeichnen, ein Programm bzw. einen Teil eines Programms für dasselbe oder ein anderes Problem auf ein und derselben Anlage zu verwenden oder was eigentlich noch mehr damit bezweckt werden sollte, das Programm auf Anlagen verschiedenen Typs desselben Herstellers oder sogar auf Anlagen fremder Hersteller ablaufen zu lassen. Schon im Anfang der fünfziger Jahre dieses Jahrhunderts trat diese Problematik deutlich hervor und stimulierte damit, Maßnahmen zu diesem Zweck zu erdenken und zu realisieren.

Die durch Raumfahrt hervorgerufene Miniatisierung von elektronischen Schaltelementen hat in den letzten Jahrzehnten zu großen Packungsdichten und zu Bausteinen geführt, die bis zu Mikrorechnern in der Vielfalt und breiter Anwendungsfähigkeit für Automatisierung in der Zukunft bereitstehen. Diese Entwicklung erfordert im Sinne der rationellen Anwendung nicht nur eine breite Basis der Portabilität bei der Automatisierung sondern darüber hinaus eine zweckmäßige Kommunikation zwischen allen Beteiligten (Maschinen - Maschinen, Menschen - Menschen, Menschen - Maschinen, Maschinen - Menschen) in dem technischen Prozeß sowie dafür geeignete Kommunikationsmittel.

Aus Gründen der Zweckmäßigkeit sollten diese Kommunikationsmittel gleichermaßen zur Beschreibung sowie zur Abwicklung von technischen Prozessen einsetzbar sein und damit Eigenschaften besitzen, die notwendigerweise auch Programmiersprachen aufweisen müssen.

In diesem Beitrag soll über Eigenschaften als Kommunikationsmittel zur Beschreibung sowie Abwicklung von technischen Prozessen der Programmiersprache PEARL (Process and Experimnt Automation Realtime Language) aus der Sicht des Forschungsvorhabens EBOSIPES (ERARBEITEN VON BENUTZERORIENTIERTEN SOFTWARE-MODULN IN PEARL FÜR EXPERIMENTATION IM SPACELAB) in der Anfangsphase der Entwicklung von Spacelab berichtet werden. Das Forschungsvorhaben P 4.2/25; M-DVF/1-EBOSIPES ist vom BMFT im Rahmen des Projekts PDV von 1975 bis 1980 gefördert worden.

2 Lebensphasen eines Vorhabens

Im allgemeinen durchläuft ein Vorhaben mehrere Lebensphasen. Die Entstehungsphase ist durch das Durchsetzen einer tragenden Idee gekennzeichnet. Dann folgt die Entwicklungsphase der vorgesehenen Aufgabe. Die eigentliche Lebensphase des Vorhabens ist eng mit dem Zweck der Bestimmung verbunden und verlangt oft große Anpassung an eine sich zeitlich verändernde Umwelt. Die Endphase eines Vorhabens tritt dann ein, wenn die Aufgabe in dem vorgesehenen Rahmen erfüllt worden ist, oder die festgelegten Randparameter eine weitere Anpassung an die veränderten Umweltbedingungen nicht mehr zulassen.

Die Entstehungsphase wird im allgemeinen durch ein Individuum eingeleitet, das recht einsam und oft mit großem Einsatz, wie dieses in der Geschichte wiederholt belegt ist, für seine Idee eintreten muß.

Erfordert die Verwirklichung dieser Idee mehr Mittel, als der Ideenschöpfer aufbringen kann, so ist die Mobilisierung der Gemeinschaft für diese Idee erforderlich [6]. Der Umfang dieser Mobilisierung kann auf Grund des Zieles bzw. auch wegen der Größe der erforderlichen finanziellen Mittel den Rahmen eines Landes sprengen und deswegen die internationale Zusammenarbeit einer Reihe von souveränen Staaten beanspruchen. Hierfür ist eine Kommunikation mit der Gemeinschaft notwendig, um die Durchführbarkeit, die Motivation zur Bereitstellung der benötigten Mittel ausreichend transparent zu machen und so die Grundlage für die Entscheidungen vorzubereiten. In der Zukunft werden mehr und mehr sorgfältig durchgedachte Modelle dazu notwendig sein, da im allgemeinen die Kompliziertheit der Vorhaben zunimmt. Das Durchschreiten der in Fig. 1 eingezeichneten Bereiche wird in den meisten Fällen nicht nur vom Zentrum nach außen verlaufen, sondern auch umgekehrt. Wobei Interationsschritte auf der Grenze zwischen zwei benachbarten Bereichen oder über Grenzen mehrerer Bereiche hinweg nicht auszuschließen sind.

Die Entwicklungsphase ist durch die Bereitstellung einer Reihe von geeigneten Modellen mit entsprechenden Simulationstests sowie Tests in der Prozeßumgebung gekennzeichnet. Die Sorgfältigkeit bei der Vorbereitung der Modelle, Tests und Demonstrationen wirkt sich entscheidend bei der späteren Erfüllung der Aufgabe aus.

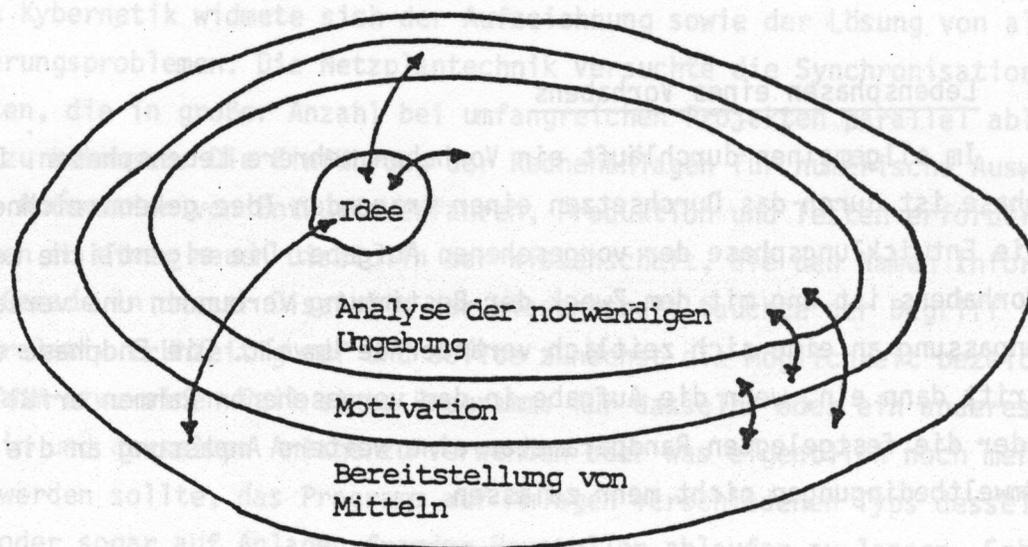


Fig. 1 Reifungsprozeß einer Idee zu einem Vorhaben

Die Lebensphase sowie die Endphase eines Vorhabens sind noch enger mit den Randbedingungen der Umwelt verknüpft, als dieses bei der Entstehungsphase und bei der Entwicklungsphase der Fall ist. Da in der Luft- und Raumfahrt viele Vorhaben mehr als eine Dekade überleben, sind die Phasen, wie sie in Fig. 2 veranschaulicht sind, eng miteinander verwickelt.

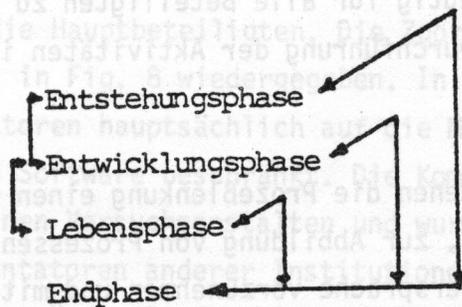


Fig. 2 Iterationsschritte bei langfristigen Vorhaben

Bei den langfristigen Vorhaben ist es unvermeidbar, daß während der Zeitspanne die Beteiligten an den Vorhaben mehr oder weniger häufig wechseln. Damit sind Verluste von Erkenntnissen und Erfahrungen bei dem jeweiligen Vorhaben unvermeidbar. Diese Verluste können nur durch sorgfältige Dokumentation und geeignete rege Kommunikation der Beteiligten in allen Phasen des Vorhabens in Grenzen gehalten werden.

3 Kommunikationsmittel

Die Wahl der Kommunikationsmittel ist vom Umfang und der Komplexität des Vorhabens abhängig. Im ersten Extremfall wird das Vorhaben nur von einer Person alleine getragen und verwaltet. In diesem Fall liegt die Durchführung und die Verantwortung für das Vorhaben bei dieser Person. Die notwendige Kommunikation mit der Umwelt ist aus der Sicht des Vorhabens sehr gering und das Kommunikationsmittel dient dieser Person im wesentlichen als Instrument zur Gedächtnisstütze. Im zweiten Extremfall besteht die Beteiligung an dem Vorhaben aus Personen verschiedener Nationalität, die aus zahlreichen Fachrichtungen kommen und unterschiedliche Qualifikationen aufweisen.

In diesem Fall sind die Anforderungen an Kommunikationsmittel sehr viel höher zu stellen, da die Informationsvermittlung entscheidend von der Qualität als auch von den Adaptionsmöglichkeiten der Kommunikationsmittel für die Belange des jeweiligen Benutzers abhängig ist.

Im allgemeinen ist es für die Abwicklung eines Vorhabens notwendig, alle geplanten Ereignisse eindeutig für alle Beteiligten zu fixieren und ausreichende Informationen zur Durchführung der Aktivitäten in zeitlicher Folge bereitzustellen [5].

Bei den Vorhaben, bei denen die Prozeßlenkung einen wesentlichen Anteil bildet, ist es naheliegend, zur Abbildung von Prozessen, deren Beschreibung in einer Echtzeitprogrammiersprache vorzunehmen und mit anderen Aktivitäten des Vorhabens zu verknüpfen. Die Eigenschaften der genannten Programmiersprachen können zur Auswahl von Kommunikationsmitteln herangezogen werden. Das Forschungsvorhaben EBOSIPES hat in der Aufgabenstellung die Untersuchung von PEARL als Kommunikationsmittel für das Spacelab-Projekt mitberücksichtigt. Das Spacelab-Projekt sieht eine umfangreiche Echtzeitdatenverarbeitung vor und damit ist dieses Projekt als geeigneter Kandidat für entsprechende Untersuchungen einzustufen.

4 Spacelab-Projekt

Das Spacelab-Projekt basiert auf dem Abkommen vom 24.9.1973 zwischen ESA und der Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika und ist als Nachfolger von Skylab [1] zu werten. Die Beteiligung der europäischen Länder ist aus Fig. 3 zu entnehmen. Der Verfügbarkeitskalender der Systeme ist in Fig. 4 aufgenommen, das NASA-Flugmodell ist in Fig. 5 wiedergegeben. In Fig. 6 ist der Entwicklungszeitplan aufgeführt, um die Synchronisation von Aktivitäten aufzuzeigen. Die Aktivitätsebenen sind weitgehend in Fig. 7 dargestellt. Die wesentliche Information für den Spacelab-Benutzer ist in dem Dokument der NASA/ESA Spacelab Payload Accommodation Handbook zusammengestellt. Aus diesem kurzen Überblick ist zu entnehmen, daß das Vorhaben Spacelab zu dem zweiten Extremfall, der in 3 skizziert wurde, hinzugehört.

5 Kommunikationswege

In der Entstehungsphase des Spacelab-Vorhabens waren im wesentlichen administrative Probleme zu bewältigen und die entsprechenden Kommunikationswege zwischen den Institutionen ESA, NASA, beteiligte Regierungsstellen sowie eingeschalteten Firmen und ausgewählten Experimentatoren aufrecht zu erhalten. Bei der Entwicklungsphase des Spacelab-Vorhabens waren die Auftragnehmer zum Aufbau des Systems die Hauptbeteiligten. Die Zuordnung der Aufgaben im europäischen Bereich ist in Fig. 8 wiedergegeben. In dieser Phase war die Beteiligung der Experimentatoren hauptsächlich auf die Missionsplanung und die Anfertigung von Hard- und Software beschränkt. Die Kommunikationswege verliefen im wesentlichen in eigenen Versuchsanstalten und wurden nur zum kleinen Teil durch Kontakte zu Experimentatoren anderer Institutionen bzw. einem Hersteller von Experimentenzubehör ergänzt. In der Missionsphase werden dagegen die Kommunikationswege zwischen Experimentatoren und Nutzlastexperten, die im Spacelab die Abwicklung von Experimenten während der Mission übernehmen, die Hauptrolle spielen.

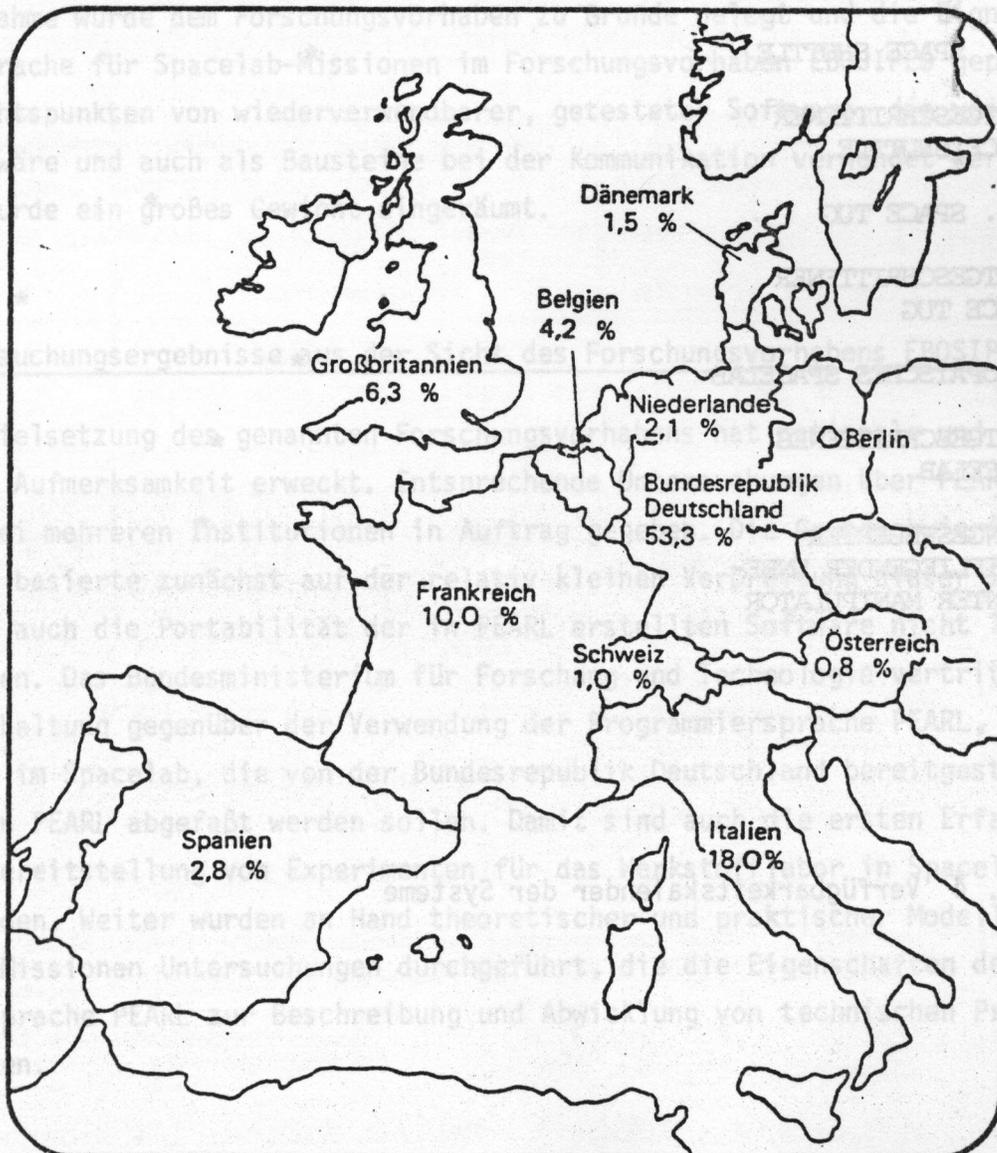


Fig. 3 Finanzielle Beteiligung der europäischen Länder

Die Effektivität dieser Kommunikationswege wird von großer Bedeutung für die Abwicklung der einzelnen Experimente und damit für die Abwicklung der jeweiligen Missionen sein. Die gesamte Kommunikation zwischen Boden und Bord, Bord - Bord oder Boden - Boden kann unter diesen Gesichtspunkten betrachtet werden. Auch die Wiedergabe der exakten zeitlichen Aufzeichnung dieser Kommunikationen, eingebettet in sorgfältig ausgewählte Kommunikationsmittel, wird im allgemeinen einen hohen Dokumentationswert zum Vergleichen und Auswerten von Experimenten und industrieller Fertigung im Weltraum ergeben.

SYSTEM	JAHR	19	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
KONVENTIONELLE U.S. TRÄGERRAKETEN									*									
KONVENTIONELLE EUROP. ARIANE RAKETE										*								
U.S. SPACE SHUTTLE											*							
FORTGESCHRITTENER SPACE SHUTTLE																		*
U.S. SPACE TUG													*					
FORTGESCHRITTENER SPACE TUG																		*
EUROPÄISCHES SPACELAB																		*
FORTGESCHRITTENES SPACELAB																		*
FERNGESTEUERTER FREIFLIEGENDER UNBEMANNTER MANIPULATOR																		*

Fig. 4 Verfügbarkeitskalender der Systeme

6 PEARL

Die sechziger Jahre dieses Jahrhunderts brachten wesentliche Fortschritte im Bereich der Programmiersprachen. Trotzdem oder gerade deswegen wurden an zahlreichen Orten bei unterschiedlichen Institutionen Aktivitäten eingeleitet, um neue benutzerfreundliche Programmiersprachen zu entwickeln [1, 8, 9]. Bei der Suche von Programmiersprache mit der Eigenschaft Erweiterbarkeit und Echtzeitcharakter [4] wurde der Verfasser relativ frühzeitig mit den Spezifikationen von PEARL konfrontiert. Im Jahre 1974 hatte die Entwicklung von PEARL den Stand erreicht, daß die Erprobung des Echtzeitbereichs von PEARL in den achtziger Jahren erfolgen würde. Die Berechtigung dieser Annahme konnte man dadurch plausibel machen, daß viele der Wünsche von Benutzer, die Anlagen für Prozeßlenkung einsetzten, mit den Eigenschaften, wie diese bei der Sprachdefinition von PEARL spezifiziert waren, erfüllt wurden [2, 3, 7]. Daraus konnte die weitere Annahme abgeleitet werden, daß die Experimentatoren, die PEARL in eigenen Laboratorien am Boden verwenden, diese Sprach auch im Spacelab begrüßen werden. Diese Annahme wurde dem Forschungsvorhaben zu Grunde gelegt und die Eignung dieser Sprache für Spacelab-Missionen im Forschungsvorhaben EBOSIPES geprüft. Den Gesichtspunkten von wiederverwendbarer, getesteter Software, die weitgehend portabel wäre und auch als Bausteine bei der Kommunikation verwendet werden könnte, wurde ein großes Gewicht eingeräumt.

7 Untersuchungsergebnisse aus der Sicht des Forschungsvorhabens EBOSIPES

Die Zielsetzung des genannten Forschungsvorhabens hat nationale und internationale Aufmerksamkeit erweckt. Entsprechende Untersuchungen über PEARL wurden von ESA bei mehreren Institutionen in Auftrag gegeben. Die Grundschwierigkeit bei PEARL basierte zunächst auf der relativ kleinen Verbreitung dieser Sprache. Damit war auch die Portabilität der in PEARL erstellten Software nicht leicht zu beantworten. Das Bundesministerium für Forschung und Technologie vertritt jedoch die Grundhaltung gegenüber der Verwendung der Programmiersprache PEARL, daß Experimente im Spacelab, die von der Bundesrepublik Deutschland bereitgestellt werden, in PEARL abgefaßt werden sollen. Damit sind auch die ersten Erfahrungen bei der Bereitstellung von Experimenten für das Werkstofflabor in Spacelab erzielt worden. Weiter wurden an Hand theoretischer und praktischer Modelle von Spacelab-Missionen Untersuchungen durchgeführt, die die Eigenschaften der Programmiersprache PEARL zur Beschreibung und Abwicklung von technischen Prozessen überprüften.

Aus der Sicht des Forschungsvorhabens EBOSIPES können folgende Ergebnisse zusammengefaßt werden:

- a) In der Programmiersprache PEARL sind bisher keine Schwächen hinsichtlich der Programmierung von Spacelab-Experimenten aufgedeckt worden.
- b) Die Dokumentation der Spacelab-Experimente in PEARL ist zumindestens übersichtlich und erzeugt für die Kommunikation keine erheblichen Schwierigkeiten.
- c) Die Portabilität von Programmen ist in gewissem Umfang erbracht (weitere Untersuchungen müssen noch vorgenommen werden).

Die Steigerung der Automatisierung von technischen Prozessen wird in der Zukunft immer mehr die Steuerung paralleler Prozesse erfordern. Dieses Gebiet benötigt noch erhebliche Anstrengungen in der Forschung. Ebenso sind die Komponenten Semantik und Pragmatik im Vergleich zur Komponente Syntax bei den Kommunikationsmitteln noch sehr in den Anfängen der Forschung.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Büdeler, W.: Skylab das Himmelslabor. Econ Verlag Düsseldorf. Wien (1973)
- [2] Gertler, J.; Sedlak, J.: Software For Process Control - A Survey. Automatica 11 (1975) 613-625
- [3] Kappatsch, A.: Überblick über die Echtzeitprogrammiersprache PEARL. PDV Bericht KFK-PDV 140 (1977)
- [4] Kurau A. V.: Erweiterbare Sprachen für Bordrechner der Flugkörper im interplanetaren Raum. Internbericht der DFVLR (1974)
- [5] Kurau A. V.: PROINF ein Projektinformationssystem. Internbericht der DFVLR (1974)
- [6] Lüst, R.: Dem Neuen eine Chance. Die Zeit Nr. 16 (1975)
- [7] Martin, T.: Die Entwicklung der Realzeitprogrammiersprache PEARL im Rahmen des Projekts PDV. KfK-Nachrichten, Jahrgang 11 1/79 (1979) 43-48
- [8] Stabler, E. P.; Creveling, C. J.: Spacecraft Computers for Scientific Information Systems. Proceedings of IEEE Vol. 54 No. 12 (1966) 1734-1742
- [9] Walton, B. A.; Keipert R.: The Data Reduction Laboratory: An Aid to Space Scientist. NASA TN-D-5623 (1970)

KALENDERJAHR	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	TOTAL	MAXIMUM
SHUTTLE-ENTWICKLUNGSFLÖGE	3	3												6	
SHUTTLE-FLÖGE		5	15	24	48	60	60	60	60	60	60	60	60	572	60
SPACELAB-FLÖGE*		2	6	12	17	19	21	21	24	24	24	27	29	226	29
FLÖGE MIT RAKETENOVERSTUFE/ RAUMSCHLEPPER*		3	8	12	15	17	22	21	21	20	19	20	19	197	22
SHUTTLE ETR															
NASA UND ANDERE ZIVILE FLÖGE	3**	5**	10	18	31	33	32	33	33	34	33	32	32	329	34
US VERTEIDIGUNGSMINISTERIUM		3	5	5	5	7	8	7	7	6	7	8	8	76	8
ETR TOTAL	3	8	15	23	36	40	40	40	40	40	40	40	40	405	40
SHUTTLE WTR															
NASA UND ANDERE ZIVILE FLÖGE				1	4	11	11	11	11	11	11	11	11	93	11
US VERTEIDIGUNGSMINISTERIUM					8	9	9	9	9	9	9	9	9	80	9
WTR TOTAL				1	12	20	20	20	20	20	20	20	20	173	20
30-TAGE-MISSIONEN***					2	2	2	3	4	6	5	6	6	36	6

- * SCHLIESST QUALIFIKATIONS- (ENTWICKLUNGS-) FLÖGE EIN
- ** ENTWICKLUNGSFLÖGE (3 VON 5 IM JAHR 1980 SIND ENTWICKLUNGSFLÖGE)
- *** VON DEN 30-TAGE-MISSIONEN WERDEN 2 VON WTR UND 34 VON ETR GESTARTET

Fig. 5 NASA Flugmodell (Stand 20. September 1974)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	
ÜBERPRÜFUNGEN	ATP	PRR	SRR	PDR	IDR	CDR	FAR
ENTWURF	SYSTEMENTWURF SRR-ATTRAPPE		PDR'S CDR'S		SYSTEM PDR'S UND CDR'S		
FERTIGUNG	TEILSYSTEMENTWURF ENTWICKLUNGSVORRICHTUNG FÜR HARDWARE-ATTRAPPE		ENTWICKLUNGSMODELLE		AUSRÜSTUNG DER FLUGKONFIGURATION		ESA
TEILSYSTEM- TEST		DM 1	DM 2	Q	F	S	S ZUR NASA MIT F
SYSTEM- INTEGRATION UND TEST		ENTWICKLUNGSTEST		TEST ESI	F INTEGRATION TEST	S FÜR EM 1	ARBEITS- UNTERSTÜTZUNG
				EM 1 INTEGRATION TEST	EM 2 INTEGRATION TEST		F ZUR NASA

- ATP (Authority To Proceed) = Auftragserteilung
- CDR (Critical Design Review) = Kritische Entwurfsüberprüfung
- DM (Development Model) = Entwicklungsmodell
- EM (Engineering Model) = Ingenieurmodell
- ESI (Electrical System Integration) = Elektrische System Integration
- F (Flight Unit) = Flugeinheit
- FAR (Flight Article Review) = Flugvorbereitungsüberprüfung
- IDR (Interim Design Review) = Zwischenzeitliche Entwurfsüberprüfung
- PDR (Preliminary Design Review) = Vorläufige Entwurfsüberprüfung
- PRR (Preliminary Requirements Review) = Vorläufige Anforderungsüberprüfung
- Q (Qualification Model) = Qualifikationsmodell
- S (Spares) = Ersatzteile
- SRR (Subsystem Requirements Review) = Überprüfung der Untersystemanforderungen

Fig. 6 Spacelab-Entwicklungszeitplan

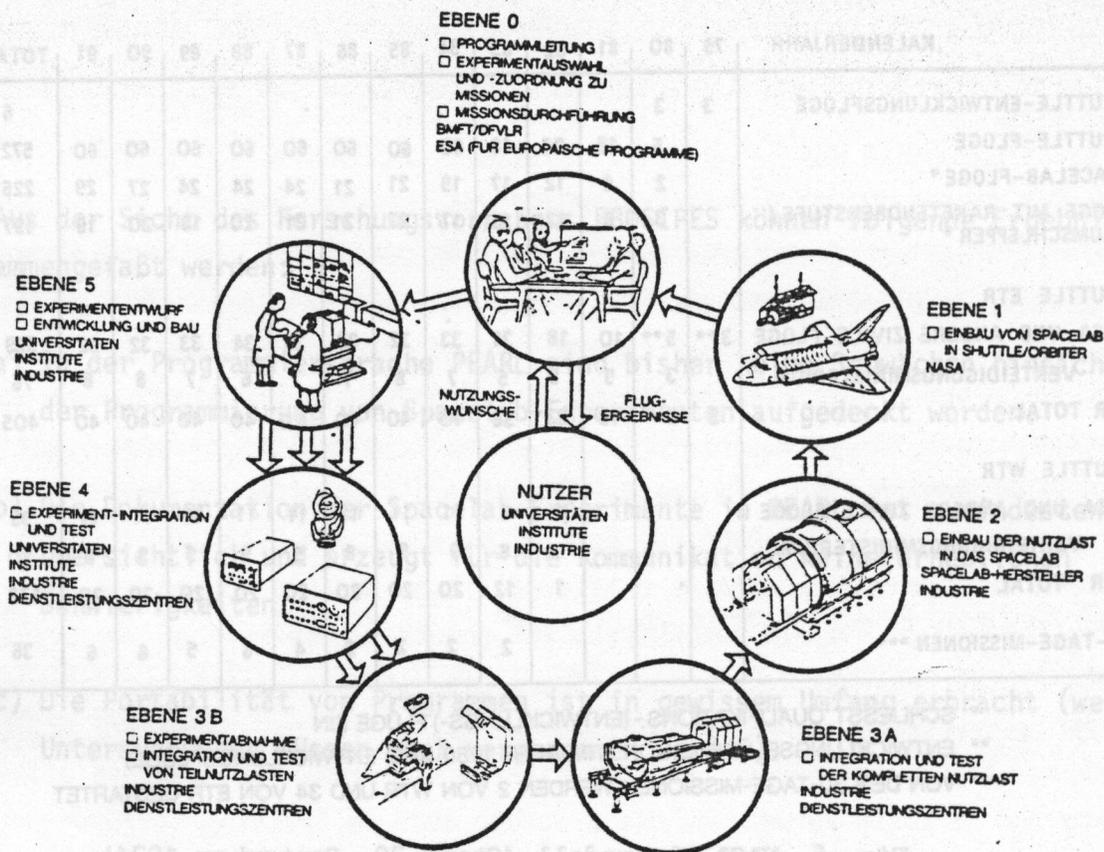


Fig. 7 Aktivitätsebenen bei der Spacelab-Nutzung

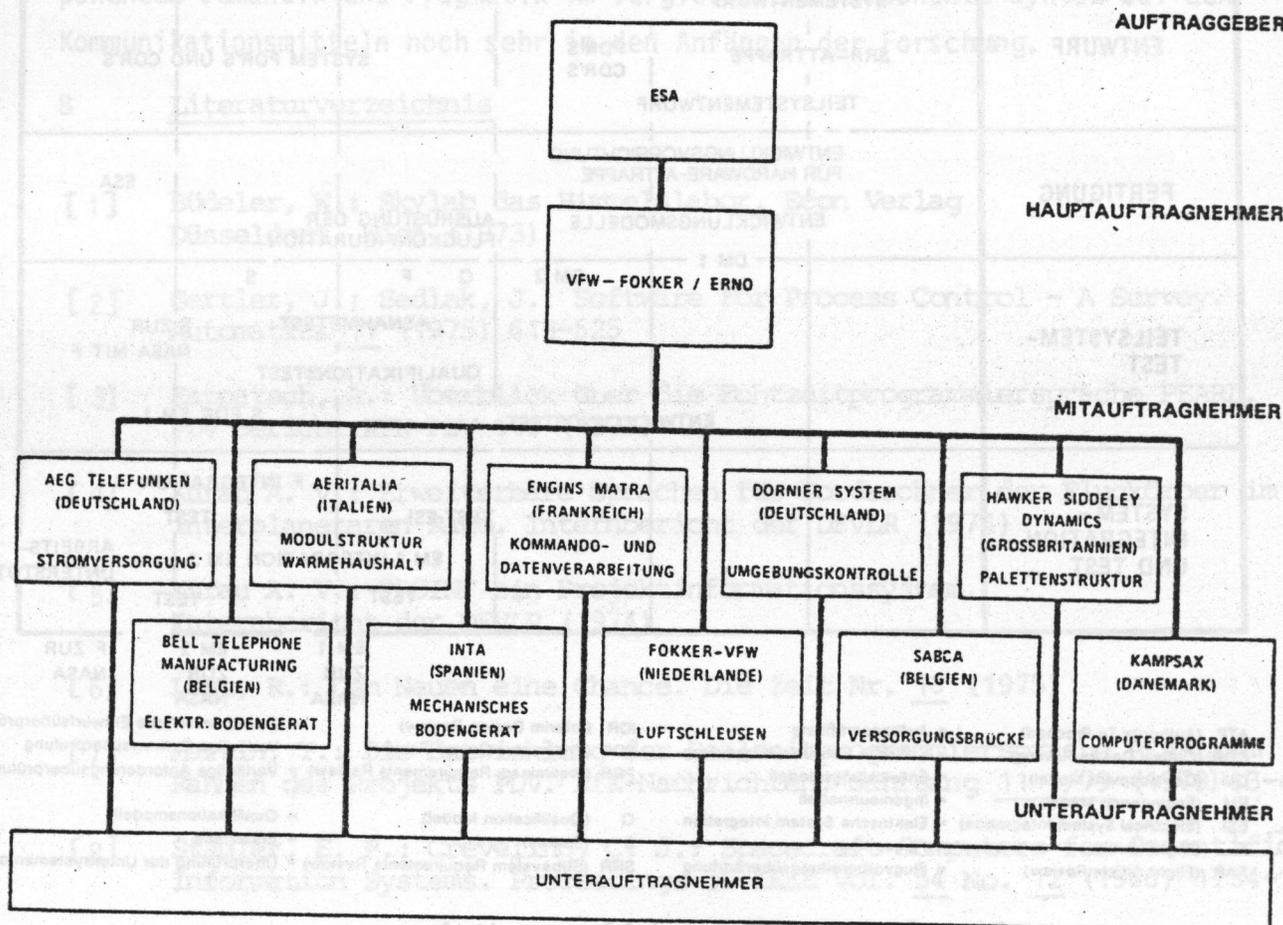


Fig. 8 Organisation der Spacelab-Entwicklung