

DIE PROGRAMMIERSPRACHE PEARL ALS KOMMUNIKATIONSMITTEL

ZUR BESCHREIBUNG UND ABWICKLUNG VON TECHNISCHEN PROZESSEN

A. KURAU

WESSLING

IM FORSCHUNGSZENTRUM OBERPFAFFENHOFEN DER DFVLR

10.8.1980

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 unlöste 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 einem 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 zu 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, von Produktion, von 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 recht 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 50-er Jahre dieses Jahrhunderts traten diese Problematik deutlich hervor und stimulierte damit Maßnahmen zu diesem Zweck zu erdenken und zu realisieren.

Die durch die Raumfahrt hervorgerufenen Miniaturisierung von elektronischen Schaltelementen hat in den letzten Jahrzehnten zu großen Packungsdichten geführt und zu Bausteinen, die bis zu Mikrorechner in der Vielfalt und breiter Anwendungsfähigkeit für Automatisierung in der Zukunft bereitstehen. Diese Entwicklung erfordert im Sinne der rationeller Anwendung nicht nur eine breite Basis der Portabilität bei der Automatisierung aber 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 die Eigenschaften besitzen, die in notwendiger Weise auch Programmiersprachen aufweisen müssen.

In diesem Beitrag soll über Eigenschaften als Kommunikationsmittel zur Beschreibung sowie Abwicklung von technischen Prozessen der Programmiersprache PEARL (Process and Experiment Automation Realtime Language) aus der Sicht des Forschungsvorhaben EBOSIPES (ERARBEITEN VON BENUTZERORIENTIERTEN SOFTWAREMODULEN IN PEARL FÜR EXPERIMENTATOREN IM SPACELAB) bei 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 vom 1975 bis 30.6.1980 gefördert worden.

2 Lebensphasen eines Vorhabens

Im allgemeinen läuft ein Vorhaben mehreren Lebensphasen durch. Die Entstehungsphase ist durch das Durchsetzen einer tragenden Idee gekennzeichnet. Dann folgt die Entwicklungsphase bis zur Reife der Übergabe zum Erfüllen der vorgesehenen Aufgabe. Die eigentliche Lebensphase des Vorhabens ist eng mit dem Zweck der Bestimmung verbunden und verlangt oft große Anpassung an 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 zuläßt.

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 [29]. 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 eine 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 nehmen zu. Die Durchschreitung der in der Fig. 1 eingezeichneten Bereiche werden in den meisten Fällen dabei nicht nur vom Zentrum nach außen verlaufen sondern auch umgekehrt. Wobei eine Reihe von Iterationsschritten auf der Grenze zwischen zwei benachbarten Bereichen oder über Grenzen mehrerer Bereiche hinweg nicht auszuschließen sind.

Die Entwicklungsphase ist durch Bereitstellung einer Reihe von geeigneten Modellen mit entsprechenden Simulationstests sowie Tests in der Prozessumgebung gekenn-

zeichnet. Die Sorgfältigkeit bei der Vorbereitung der Modelle, Tests und Demonstrationen wirkt sich entscheidend bei der späteren Erfüllung der Aufgabe aus.

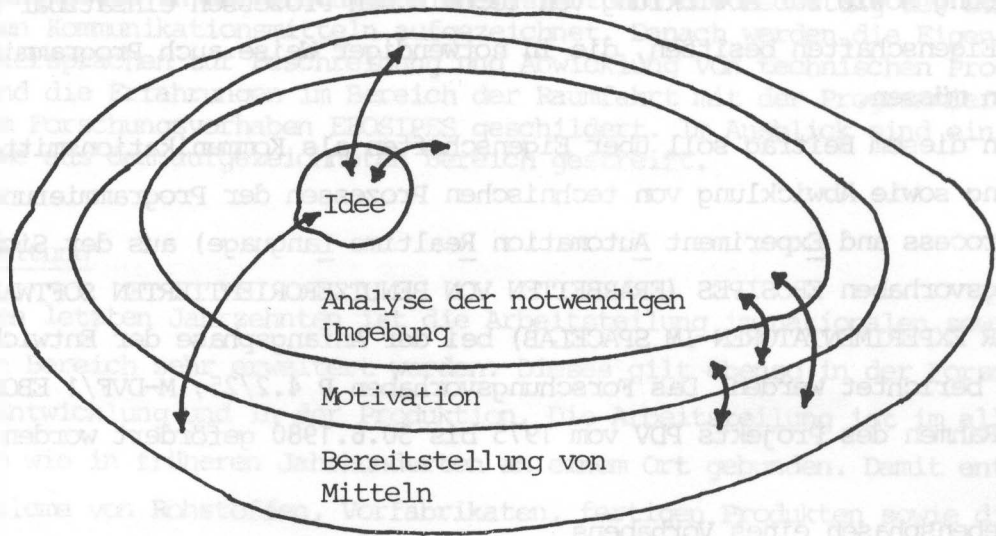


Fig. 1 Reifungsprozess einer Idee zu einem Vorhaben

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 Dekade überleben, sind die Phase, wie in Fig. 2 veranschaulicht ist mit einer anderen eng verquickt.

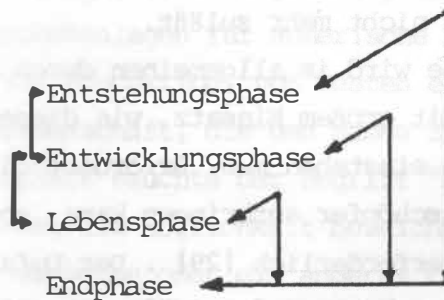


Fig. 2 Iterationsschritte bei langfristigen Vorhaben

Bei den langfristigen Vorhaben ist es unvermeidbar, daß während der Zeitspanne die Beteiligten eines Vorhabens mehr oder weniger 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 von dem Umfang und der Komplexität des Vorhabens abhängig. In einem Extremfall wird das Vorhaben nur von einer Person alleine getragen und verwaltet. In diesem Fall liegt die Durchführung und die Verant-

wortung dieses Vorhabens bei dieser Person. Die notwendige Kommunikation mit der Umwelt ist aus der Sicht des Vorhabens sehr gering und das Kommunikationsmittel dient im wesentlichen dieser Person als Instrument zur Gedächtnisstütze. In dem anderen Extremfall besteht die Beteiligung an dem Vorhaben aus Personen verschiedener Nationalitäten, die aus Sparten zahlreicher Fachrichtungen kommen und unterschiedliche Qualifikation der Bildung aufweisen. In dem letzten Fall sind die Anforderungen an Kommunikationsmittel sehr viel höher zu stellen, da die Informationsvermittlung entscheidend von der Qualität sowie der Adaptionmöglichkeiten 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 eine ausreichende Information zur Durchführung der Aktivitäten in zeitlicher Folge bereitzustellen [28].

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

4 Spacelabprojekt

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

5 Kommunikationswege

In der Entstehungsphase des Spacelabvorhabens waren im wesentlichen administrative Prozesse zu bewältigen und entsprechend die Kommunikationswege zwischen der Institutionen ESA, NASA, beteiligten Regierungsstellen sowie eingeschalteten Firmen und ausgewählten Experimentatoren aufrecht zu erhalten. Bei der Entwicklungs-

phase des Spacelabvorhabens waren die Auftragnehmer zum Aufbau des Systems die Hauptbeteiligte und die Zuordnung der Aufgaben im Europäischen Bereich ist in Fig. 8 wiedergegeben. In dieser Phase war die Beteiligung der Experimentatoren hauptsächlich auf Missionsplanung und Anfertigung von Hard- und Software ausgerichtet. Seine Kommunikationswege verliefen im wesentlichen in eigenen Versuchsanstalten und nur im kleinen Teil wurden mit Kontakten zu Experimentatoren anderer Institutionen bzw. Hersteller von Experimentenzubehör ergänzt. In der Missionsphase werden dagegen die Kom-

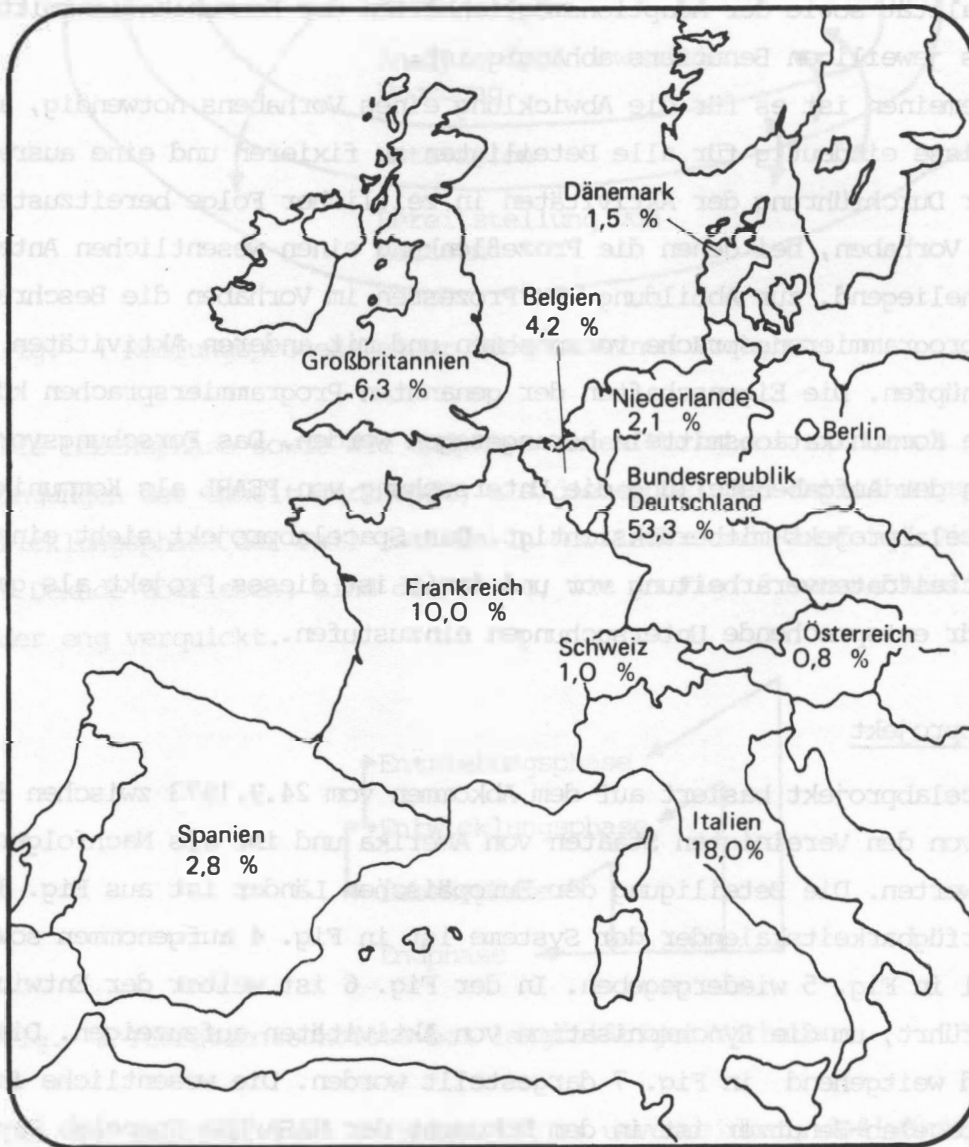


Fig. 3 Finanzielle Beteiligung der Europäischen Länder

munikationswege zwischen Experimentatoren und Nutzlastexperten, die im Spacelab die Abwicklung von Experimenten während der Mission übernehmen, die Hauptrolle spielen. Die Effektivität dieser Kommunikationswege wird von großer Bedeutung für die Abwicklung der einzelnen Experimente und damit für die Abwicklung der jeweiligen Missionen. Die gesamte Kommunikation zwischen Boden und Bord, Bord - Bord, oder Boden - Boden

VI

kann unter diesen Gesichtspunkt betrachtet werden. Auch die Wiedergabe der exakten zeitlicher Aufzeichnung dieser Kommunikation eingebettet in den sorgfältig ausgewählten Kommunikationsmitteln wird im allgemeinen einen hohen Dokumentationswert zum Vergleich und Auswertung von Experimenten sowie industrieller Fertigung im Weltraum erhalten.

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

Diese genannte Anforderung bedingt eine Formalisierung der Kommunikationsmittel derart, daß Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit durchgehend für die Vorhaben und deren Prozesse bei der Beschreibung sowie Abwicklung erreicht werden können.

6 PEARL

Die 60-er Jahre dieses Jahrhunderts brachten wesentliche Fortschritte im Bereich der Programmiersprachen mit. Trotzdem oder gerade deswegen wurden an zahlreichen Orten bei unterschiedlichen Institutionen Aktivitäten eingeleitet, um neue benutzerfreundliche Programmiersprachen zu entwickeln [5, 7, 36, 41]. Bei der Suche von Programmiersprachen mit der Eigenschaft der Erweiterbarkeit sowie Echtzeitcharakter [27], wurde der Verfasser relativ frühzeitig mit den Spezifikationen von PEARL konfrontiert. Im Jahre 1974 hatte die Entwicklung von PEARL den Stand erreicht, daß die

VII

Erprobung des Echtzeitbereichs von PEARL in den 80-er Jahren erfolgen würde. Die Berechtigung dieser Annahme konnte man dadurch plausibel machen, daß viele der Wünsche von Benutzer, die Anlagen für Prozeßlenkung einsetzen, mit den Eigenschaften, wie diese bei der Sprachdefinition von PEARL spezifiziert waren, erfüllt wurden [19, 26 | 30]. Daraus konnte die weitere Annahme abgeleitet werden, daß die Experimentatoren, die PEARL in eigenen Laboratorien am Boden verwenden, diese Sprache auch im Spacelab begrüßen werden. Diese Annahme wurde dem Forschungsvorhaben zu Grunde gelegt und die Eignung dieser Sprache für Spacelab-Missionen in dem genannten Forschungsvorhaben EBOSIPES geprüft. Den Gesichtspunkten von wiederverwendbarer, getesteter Software, die weitgehend portable wäre und auch als Bausteine bei der Kommunikation verwendet werden könnte, wurde großes Gewicht eingeräumt.

7 Untersuchungsergebnisse aus der Sicht des Forschungsvorhabens EBOSIPES

Die Zielsetzung des genannten Forschungsvorhaben hat nationale sowie internationale Aufmerksamkeit erweckt. Entsprechende Untersuchungen über PEARL wurden von ESA bei mehreren Institutionen im Auftrag gegeben. Die Grundschwierigkeit bei PEARL basierte zunächst auf der relativ sehr kleinen Verbreitung dieser Sprache unmittelbar auf großer Anzahl von Anlagen zu demonstrieren. 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 die ersten Erfahrungen bei der Bereitstellung von Experimenten für Werkstofflabor für Spacelab erzielt. Weiter sind an Hand von theoretischen und praktischen Modellen von Spacelab-Missionen Untersuchungen geführt, 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 erhebliche Schwierigkeiten
- c) Die Portabilität von Programmen ist im gewissen Umfang erbracht (weitere Untersuchungen müssen noch vorgenommen werden)

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

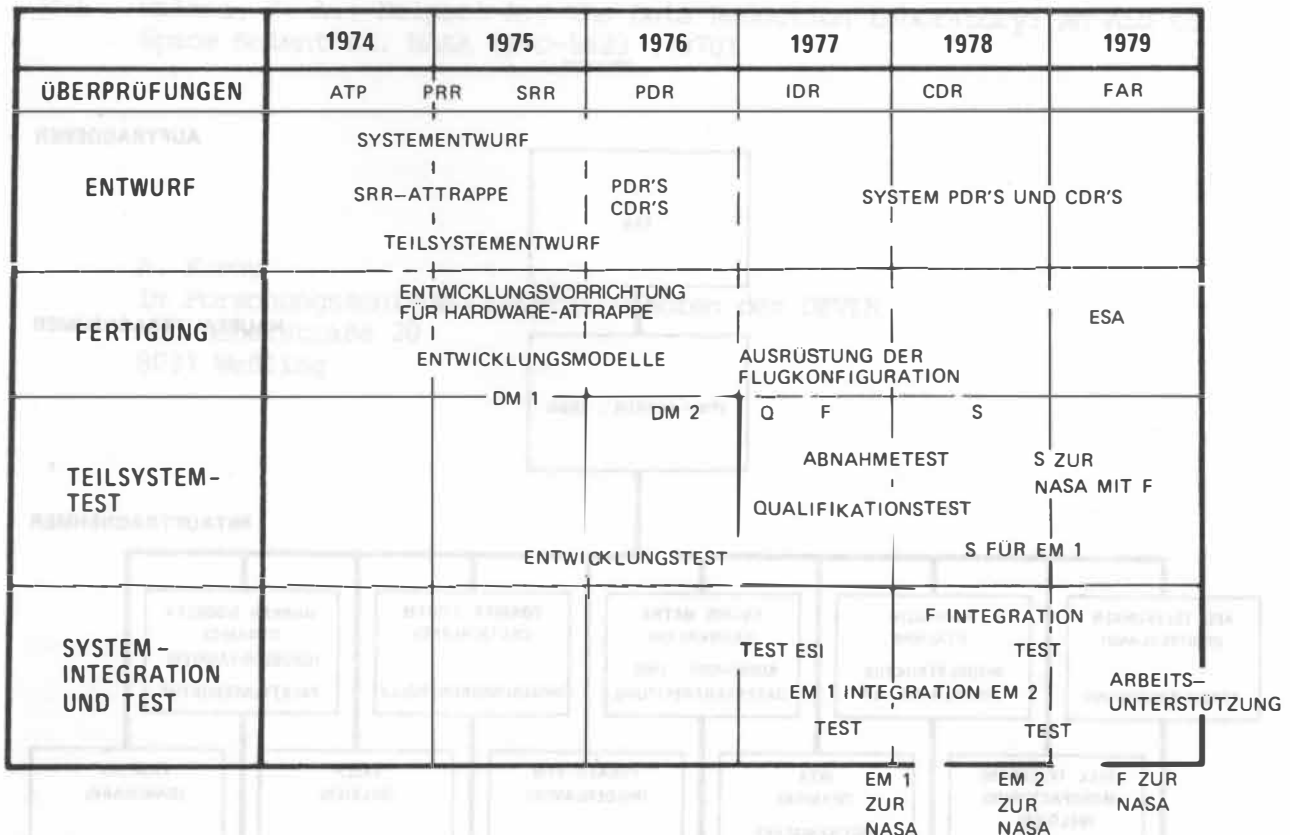
KALENDERJAHR	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	TOTAL	MAXIMUM
SHUTTLE-ENTWICKLUNGSFLÜGE	3	3												6	
SHUTTLE-FLÜGE		5	15	24	48	60	60	60	60	60	60	60	60	572	60
SPACELAB-FLÜGE *		2	6	12	17	19	21	21	24	24	24	27	29	226	29
FLÜGE MIT RAKETENOVERSTUFE / RAUMSCHLEPPER *		3	8	12	15	17	22	21	21	20	19	20	19	197	22
SHUTTLE ETR															
NASA UND ANDERE ZIVILE FLÜGE	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 FLÜGE				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-) FLÜGE EIN

** ENTWICKLUNGSFLÜGE (3 VON 5 IM JAHR 1980 SIND ENTWICKLUNGSFLÜGE)

*** VON DEN 30-TAGE-MISSIONEN WERDEN 2 VON WTR UND 34 VON ETR GESTARTET

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



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

Fig. 6 Spacelab-Entwicklungszeitplan

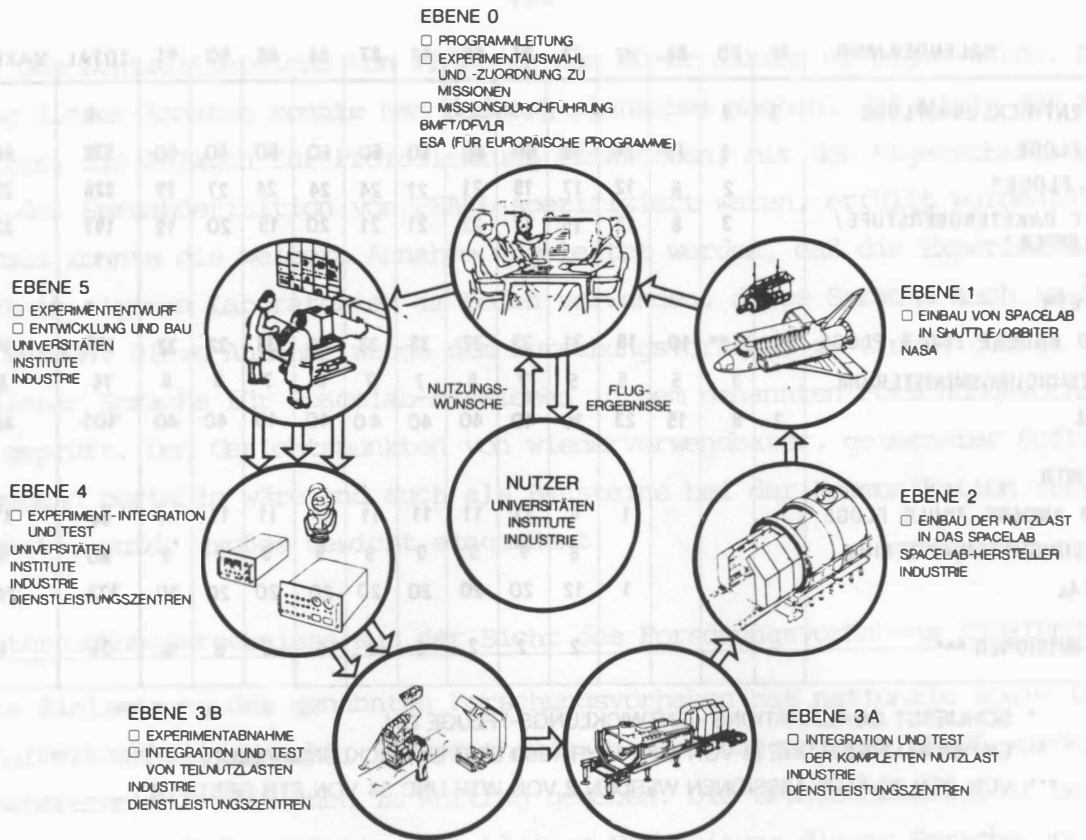


Fig. 7 Aktivitätsebenen bei der Spacelab-Nutzung

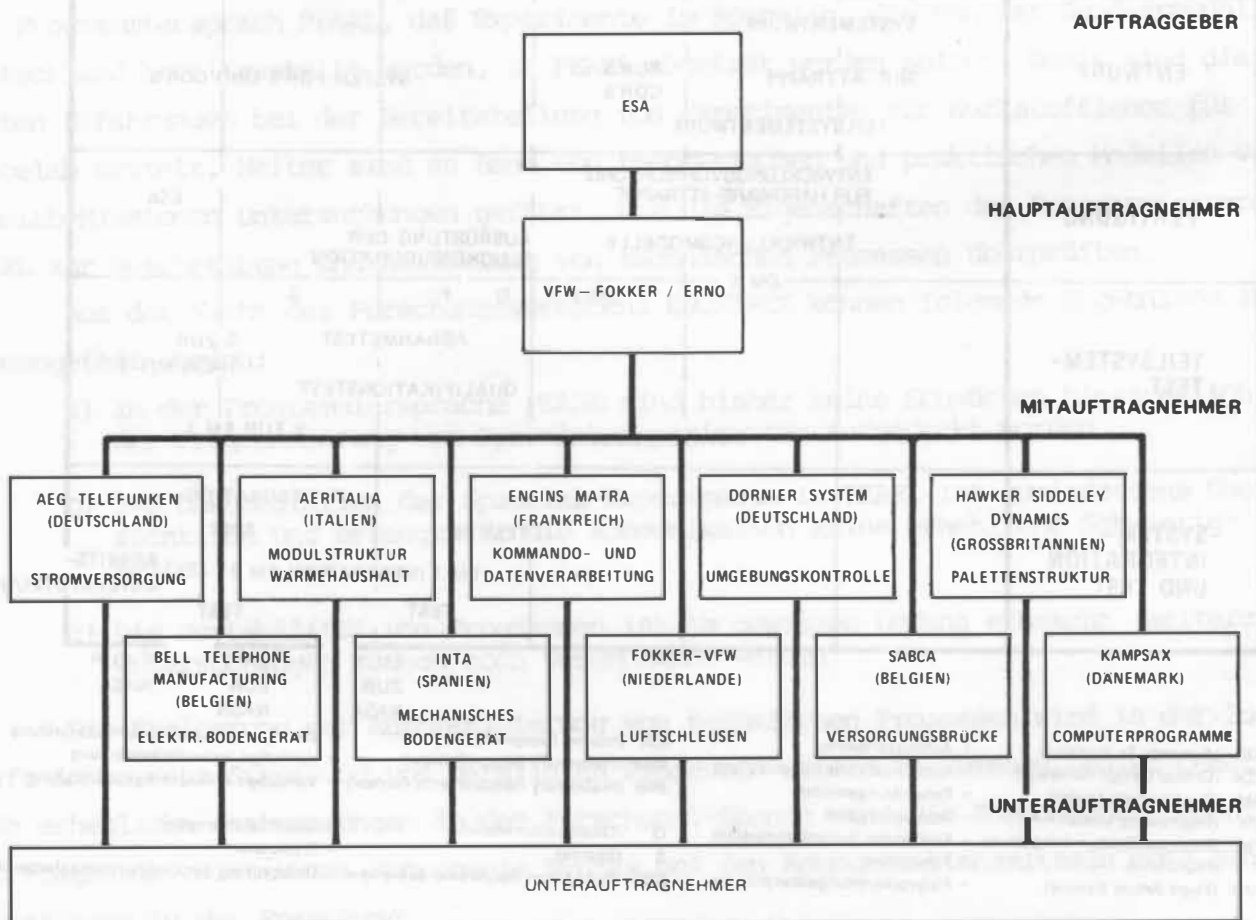


Fig. 8 Organisation der Spacelab-Entwicklung

8 Literaturverzeichnis

- | 5| Büdeler, W.: Skylab das Himmelslabor. Econ Verlag
Düsseldorf. Wien (1973)
- |19| Gertler, J.; Sedlak, J.: Software For Process Control - A Survey.
Automatica 11 (1975) 613-625
- |26| Kappatsch, A.: Überblick über die Echtzeitprogrammiersprache PEARL.
PDV Bericht KFK-PDV 140 (1977)
- |27| Kurau A. V.: Erweiterbare Sprachen für Bordrechner der Flugkörper im
interplanetaren Raum. Internbericht der DFVLR (1974)
- |28| Kurau A. V.: PROINF ein Projektinformationssystem.
Internbericht der DFVLR (1974)
- |29| Lüst, R.: Dem Neuen eine Chance. Die Zeit Nr. 16 (1975)
- |30| Martin, T.: Die Entwicklung der Realzeitprogrammiersprache PEARL im
Rahmen des Projekts PDV. KfK-Nachrichten, Jahrgang 11 1/79 (1979) 43-48
- |36| Stabler, E. P.; Creveling, C. J.: Spacecraft Computers for Scientific
Information Systems. Proceedings of IEEE Vol. 54 No. 12 (1966) 1734-1742
- |41| Walton, B. A.; Keipert R.: The Data Reduction Laboratory: An Aid to
Space Scientist. NASA TN-D-5623 (1970)

A. Kurau
Im Forschungszentrum Oberpfaffenhofen der DFVLR
Münchenerstraße 20
8031 Weßling