

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PHYSIK UND ASTROPHYSIK  
MÜNCHEN

Tätigkeitsbericht 1963 - 1965  
des  
Instituts für extraterrestrische Physik  
am  
Max-Planck-Institut  
für Physik und Astrophysik

MPI-PAE Extraterr. 22/66      Januar 1966

Dieser Jahresbericht wurde Anfang 2005, nachdem in der Bibliothek nur noch eine Kopie einer Kopie auffindbar war, mittels eines Texterkennungsprogrammes eingelesen und über den Umweg eines Word-Dokumentes in einen pdf-File verwandelt. Einige Seiten mit Tabellen wurden mittels eines Scanners eingelesen.

Obwohl die Technik erstaunlich gut mit der schlechten Vorlage zurecht kam, können noch Fehler bei der Interpretation von Zeichen vorhanden sein, die nicht von Hand korrigiert wurden. In Zweifelsfällen sollte man deshalb das "Original" zu Rate ziehen!

H. Steinle



<u>A) Einführung</u>	1
<u>B) Entwicklung des Instituts</u>	3
B.1. Wissenschaftliche Mitarbeiter, Doktoranden, Diplomanden und Stipendiaten	3
B.2 <u>Personelle Entwicklung</u>	5
B.3 <u>Bauten und technische Anlagen</u>	7
B.3.1 Laborbaracke (X1)	7
B.3.2 Hauptgebäude (X2)	7
B.3.3 Chemisches Aussenlabor (X2a)	7
B.3.4 Gebäude für die Vakuumkammer (X2b)	7
B.3.5 Erweiterungsbau (X2c)	8
B.3.6 Meßstation auf der Zugspitze (X3)	8
B.3.7 Besondere technische Einrichtungen	8
B.3.7.1 Schütteleinrichtung	8
B.3.7.2 Raumsimulator	8
B.3.7.3 Zentrifuge	9
B.3.7.4 Vakuum-Verdampfungskammer	9
<u>C) Wissenschaftliche Arbeiten und technische Entwicklungen</u>	10
<u>C.1 Metaldampfvolken</u>	10
C.1.1 Einführung	10
C.1.2 Entwicklung von Verdampfungssätzen	10
C.1.3 Beobachtungsgeräte	12
C.1.4 Vorbereitung von Raketen- und Satelliten- experimenten	13
C.1.4.1 Französische Höhenforschungsrake- ten "Centaure" und "Dragon"	13
C.1.4.2 Englische Höhenforschungsraketen "Skylark" der ESRO	14
C.1.4.3 Französische Höhenforschungsrake- te "Rubis"	14
C.1.4.4 ESRO-Satellit "HEOS"	14
C.1.5 Experimente mit Höhenforschungsraketen	15
C.1.6 Auswertung von Verdampfungsexperimenten in der Hochatmosphäre	17
C.1.7 Theorie der Metaldampfvolken	18
C.1.7.1 Anfangsphase der Ausbreitung	18
C.1.7.2 Sedimentation	19
C.1.7.3 Ambipolare Diffusion	19
C.1.7.4 Bewegung der Ionenwolken	19

C.1.8	Ergänzende Laboruntersuchungen	20
C.1.8.1	Verdampfung und Ionisation von Erdalkalien im Vakuum	20
C.1.8.2	Bestimmung des Photoionisationsquerschnittes von Barium	20
C.1.8.3	Die Hyperfeinstruktur von Alkali- und Erdalkaliatomen	21
C.1.9	Veröffentlichungen und Berichte	21
C.2	<u>Elektronendichtemessung und Wellenausbreitung</u>	23
C.2.1	Einführung	23
C.2.2	Laboruntersuchungen	23
C.2.3	Vorbereitung von Raketen- und Satellitenexperimenten	24
C.2.4	Veröffentlichungen und Berichte	25
C.3	<u>Strahlungsgürtel</u>	26
C.3.1	Einführung	26
C.3.2	Theoretische Arbeiten	26
C.3.3	Vorbereitungen von Raketen- und Satellitenexperimenten	27
C.3.3.1	Rubis-Rakete	27
C.3.3.2	Erster Deutscher Forschungssatellit (GRS-A ehemals 625 A1)	28
C.3.3.3	Javelin-Rakete	28
C.3.3.4	ESSOR Satellit (ehemals TD 2) (European Satellite for Solar Research)	28
C.3.4	Auswertung	28
C.3.5	Veröffentlichungen und Berichte	29
C.4	<u>Kosmische Strahlung</u>	30
C.4.1	Einführung	30
C.4.2	Messung der energiereichen Komponente der kosmischen Strahlung	30
C.4.3	Entwicklung einer neuen Messapparatur	30
C.4.4	Veröffentlichungen und Berichte	30
C.5	<u>Ultra-Violett-Spektroskopie</u>	32
C.5.1	Einführung	32
C.5.2	Laboruntersuchungen	33
C.5.3	Vorbereitung von Raketen- und Satellitenexperimenten	34
C.5.3.1	Chromosphärische Strahlung bei 1500 und 1800 Å	34
C.5.3.2	Breitbandphotometrie eines Sternes	34

	Seite	
C.5.3.3	Grosser astronomischer Satellit der ESRO (GERNELAS-Projekt)	35
C.5.3.4	UV-Spektren von Kometen	35
C.5.4	Veröffentlichungen und Berichte	35
C.6	<u>Röntgen- und Gammastrahlung kosmischer Objekte</u>	37
C.6.1	Einführung	37
C.6.2	Laboruntersuchungen	37
C.6.2.1	Röntgenbereich	37
C.6.2.2	Gammaquantenbereich	38
C.6.3	Vorbereitung von Ballon- und Satelliten- experimenten	38
C.6.3.1	Röntgenbereich	38
C.6.3.2	Gammaquantenbereich	39
C.6.4	Veröffentlichungen und Berichte	39
C.7	<u>Wissenschaftliche Arbeiten aus anderen Gebieten</u>	40
C.7.1	Einführung	40
C.7.2	Sonnenatmosphäre, solarer Wind und Magneto- pause	40
C.7.3	Allgemeine Fragen der Weltraumforschung	41
C.7.4	Mathematische Probleme	41
C.7.5	Veröffentlichungen und Berichte	41
C.8	<u>Technische Entwicklungen</u>	45
C.8.1	Einführung	45
C.8.2	Zeitgeber	45
C.8.3	Raketenköpfe für Centaure und Dragon	45
C.8.4	Raketenkopf für die Rubis-Rakete	45
C.8.5	Vakuum-Spektrograph	46
C.8.6	Konstruktive Arbeiten	46
D)	<u>Raketen- und Satellitenstarts</u>	48
D.1	Durchgeführte Starts	48
D.2	Geplante Starts	48
D.2.1	Höhenforschungsraketen	48
D.2.2	Satelliten	49
E)	<u>Gesamtverzeichnis der Veröffentlichungen und Berichte</u>	50

#### A) Einführung

Der vorliegende ausführliche Tätigkeitsbericht des Instituts für extraterrestrische Physik am Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik umfasst die Periode von 1963 - dem Gründungsjahr - bis 1965. Ein Jahresbericht wird wie bisher in den Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft und in den Publikationen der Max-Planck-Gesellschaft veröffentlicht werden.

Die Arbeiten des Instituts konzentrieren sich auf bestimmte physikalische und astrophysikalische Fragestellungen, die mit extraterrestrischen Methoden, d.h. mit Hilfe von Ballonen, Höhenforschungsraketen, Satelliten und Raumsonden, angegriffen werden sollen. Hierzu sind auch umfangreiche Laborexperimente zur Vorbereitung solcher Vorhaben und zur Interpretation der erhaltenen Daten notwendig. Die geplanten Arbeiten stehen in enger Wechselbeziehung zu den theoretischen Problemen, die im Institut für Astrophysik behandelt werden, aus dem das Institut 1963 hervorgegangen ist. Wegen dieser Herkunft des Instituts und auch wegen der engen räumlichen Nachbarschaft zum Institut für Plasmaphysik werden gerade auch Untersuchungen des extraterrestrischen Plasmas mit im Vordergrund stehen. Hierbei wird das interplanetare Plasma - der sog. "solare Wind" - von besonderem Interesse sein. Aber auch in den obersten Schichten der Erdatmosphäre ist die Materie so weit ionisiert, dass sie als Plasma betrachtet werden muss. In der Magnetosphäre werden energiereiche Teilchen durch das Erdmagnetfeld in sehr viel stärkerer Masse festgehalten, als es bisher bei irdischen Plasmen gelungen ist. Es ist vorgesehen, eine Reihe von speziellen Untersuchungen an diesem Plasma der Erdatmosphäre und in dem sog. Strahlungsgürtel der Erde durchzuführen.

Die Art der Aufgabenstellungen erfordert eine enge Zusammenarbeit mit einer ganzen Reihe von wissenschaftlichen Gruppen und Organisationen. Innerhalb der Max-Planck-Gesellschaft existiert die Arbeitsgemeinschaft für Weltraumforschung, der das Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, das Max-Planck-Institut für Aeronomie in Lindau und das Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik angehören.

Weiter ist das Institut für extraterrestrische Physik eine Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DVL) eingegangen; eine eigene Geschäftsstelle wurde in München eingerichtet. Darüber wird in einem besonderen Tätigkeitsbericht referiert werden. Im Rahmen dieser Arbeitsgemeinschaft war die Zusammen-

arbeit mit dem DVL Institut für Physik der Atmosphäre (Prof. H.G. Müller, Dr. A. Rossbach), dem Institut für Steuer- und Regeltechnik (Prof. G.E. Knausenberger) und einer Arbeitsgruppe der DVL unter der Leitung von Dr. Ph. Hartl besonders eng und fruchtbar.

Besonders hervorzuheben ist die Hilfe, die das Institut von Prof. J.E. Blamont (Frankreich) und seinen Mitarbeitern bei der Durchführung der Starts von Höhenforschungsraketen erfuhr. Hierbei wurden wir auch nachhaltig von dem Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) unterstützt. Eine ganze Reihe von französischen Höhenforschungsraketen vom Typ "Centaure" und "Dragon" konnten im Rahmen dieser Zusammenarbeit gestartet werden, die Raketenspitzen konnten zuletzt vollständig vom Institut hergestellt werden. Der Start einer grossen Höhenforschungsrakete vom Typ "Rubis" ist in Vorbereitung.

Mit der neuen Europäischen Organisation für Weltraumforschung (ESRO) bestehen enge Verbindungen. R. Lüst war bis Mai 1964 der wissenschaftliche Direktor der ESRO und arbeitete auch weiterhin als deutscher Delegierter beim Rat, als Vorsitzender des wissenschaftlich -technischen Komitees und als Vorsitzender des "Launching Programme Advisory Committee" in dieser Organisation mit. Im Jahre 1964 und 1965 konnten mit Hilfe der ESRO Verdampfungsexperimente unter Benutzung der englischen Höhenforschungsrakete "Skylark" von Sardinien aus durchgeführt werden. Weitere Starts von Höhenforschungsraketen und Experimente in Satelliten mit Hilfe der ESRO sind in Vorbereitung.

Auch mit verschiedenen Gruppen in den USA bestehen enge Beziehungen. Vor allem ist hier die Zusammenarbeit mit der amerikanischen Weltraumbehörde (NASA) zu nennen, die im Rahmen eines kooperativen Programms mit der Bundesrepublik beabsichtigt, einen deutschen Forschungssatelliten zu starten, in den auch Experimente des Instituts eingeschlossen werden sollen. Als Vorbereitung hierzu sollen Starts von amerikanischen Höhenforschungsraketen in den USA durchgeführt werden. Weiterhin wurden die Zonenwolken-Experimente des Instituts bei der NASA angemeldet, um sie gegebenenfalls auch im Rahmen eines kooperativen Programmes durchzuführen.

Eine Reihe von anderen Gruppen in den USA und in Kanada interessieren sich ebenfalls für die Zonenwolken-Experimente und haben Verbindung mit dem Institut aufgenommen, um eventuell solche Experimente gemeinsam durchzuführen.

B1\_Entwicklung\_des\_Instituts

B.1 Wissenschaftliche Mitarbeiter, Doktoranden, Dipl0manden

Stipendiaten

Wissenschaftliche Mitglieder

Prof. Dr. R. Lüst (Institutsdirektor)

Auswärtige wissenschaftliche Mitglieder

Prof. Dr. E. Lüscher

Wissenschaftliche Gäste

Prof. Dr. R.G. Athay (High Altitude Observatory, Boulder, Colorado) (seit 1.9.1965),

Dr. S.C. Freden (Aerospace Corporation, Los Angeles, California) (vom 1.6.1964 bis

30.4.1965), Dr. H.E. Hinteregger (U.S. Air Force Cambridge Research Lab., Bedford, Mass.) (seit 1.6.1965).

Wissenschaftliche und technisch-wissenschaftliche Mitarbeiter

Dipl.-Phys. E. Achtermann, Dr. G. Boldt, Dr. H. Föppl, Dr. R.-H. Giese,

Frau Assessorin des Lehramts L. Giese, Dr. H. Göllnitz, Frau Dipl.-Math.

H. Göllnitz, Dipl.-Ing. O. Gönner (bis 15.8.1965), Dr. G. Haerendel,

Dr. L. Haser, Dipl.-Ing. H. Hippmann, Dr. W. Hofmann, Dr. D. Hovestadt,

Dipl.-Ing. E. Küneth, Dr. F. Labuhn, Dipl.-Ing. P. Laeverenz,

Dipl.-Ing. J. Loidl, Dipl.-Ing. F. Melzner, Dr. B. Meyer, Dipl.-Phys.

H. Neuss, Dr. V. Osorio (bis 1.10.1964), Dr. K. Pinkau (seit 1.12.1965),

Dr. H.H. Rabben, Dr. E. Rieger, Dipl.-Ing. H. Rothermel, Dr. M. Sommer,

Dr. F. Stanek, Dipl.-Ing. J. Stöcker.

-----  
Doktoranden

B.S., M.S. W.E. Baylis, Dipl.-Phys. W. Brunner, Dipl.-Phys. H. Mayer, Dipl.-Phys. D.

Müller, Dipl.-Phys. G. Paschmann, Dipl.-Phys. W. Schmid, Dipl.-Phys. M. Scholer, Dipl.-

Phys. J. v. Specht.



---

Diplomanden

	Beginn der Arbeit	Betreuer
D. Antrack	(15.6.1965)	Haerendel
R.-D. Auer	(1.11.1965)	Giese
P. Lütjens	(1.5.1964)	Meyer
M. Mücke	(1.11.1964)	Hovestadt
W. Pilipp	(1.5.1963 - 1.8.1965)	Löst
M. Scholer	(1.7.1963 - 1.2.1965)	Löst
H. Schulte	(1.2.1964)	Meyer
W. Smilga	(15.7.1965)	Giese
R. Weber	(1.5.1964)	Löst
H. Wieberger	(1.1.1965)	Löscher

Stipendiaten

---

Dipl.-Ing. J. Susplusgas (Frankreich) (ESRO) (seit 1.10.1965)

## B.2 Personelle Entwicklung

Die Gliederung des Instituts ergibt sich aus den wissenschaftlichen Arbeitsgruppen, in denen die wissenschaftlichen und die technischwissenschaftlichen Mitarbeiter gemeinsam die entsprechenden Aufgabenstellungen bearbeiten.

Die technisch-wissenschaftlichen Mitarbeiter sind mit den anderen Technikern organisatorisch zur Ingenieurabteilung zusammengefasst, die Dipl.-Ing. F. Melzner leitet. Er ist auch für die Werkstatt verantwortlich, die von Mechanikermeister H. Bause geleitet wird. Letzterer ist gleichzeitig auch direkt für die Elektrowerkstatt verantwortlich, während für die Feinmechanik Mechanikermeister L. Heilmeier und für die Tischlerei Tischlermeister J. Neumeier zuständig ist. Die technisch-physikalischen Assistentinnen unterstehen organisatorisch Dr. B. Meyer, die technisch-chemischen Assistenten Dr. H. Föppl, während Dr. H. Göllnitz für das technisch-mathematische Personal zuständig ist. Die Verwaltung ist zentral im Gesamtinstitut für Physik und Astrophysik zusammengefasst unter der Leitung von H. Fritzsche. Im Garching Institut werden unmittelbar nur die Bestellungen getätigt sowie die umfangreiche Gerätesammlung und die kleine Handbücherei betreut, die Verantwortung für diese hat Dr. E. Rieger. Für alle-organisatorischer Fragen, insbesondere für die umfangreichen Vorbereitungen von *Expeditionen*, für die Betreuung der Baumaßnahmen sowie für die Vertretung des Verwaltungsleiters in Garching ist Dipl.-Phys. H. Neuss verantwortlich.

Alle dem Institut zur Verfügung stehenden Planstellen wurden im Jahr 1965 besetzt. Die personelle Entwicklung der letzten 3 Jahre verlief wie folgt:

	1963	1964	1965
Wissenschaftl. und techn.-wissenschaftl. Mitarbeiter		14	26
Doktoranden	1		9
Technisches Personal	10	13	22
Handwerkkl. Personal	7	10	11
Sekretariat	2	3	3

Dem Institut stehen 10 % der Werkstattkapazität des Instituts für Plasmaphysik GmbH zur Verfügung, die in den letzten Monaten des Jahres 1965 auch ausgenutzt wurden. Ein Teil der technischen Entwicklungen wurden mit Hilfe der Industrie durchgeführt, ausserdem wurden gewisse Teile in kleinen Industrie- bzw. Handwerksbetrieben **im** Münchener Raum gefertigt.

### B.3 Bauten und technische Anlagen

#### B.3.1 Laborbaracke (X1)

Die Ende 1961 vom Institut für Plasmaphysik gebaute Laborbaracke ging 1963 in das Eigentum des Instituts über. Diese Baracke hat eine Nutzfläche von 286 qm. Nach dem Umzug in das Hauptgebäude im Februar 1964 wurde der grösste Teil der Arbeitsräume bis Ende 1964 von der Arbeitsgruppe Gottstein (Institut für Physik) benutzt. Anfang 1965 zog die vom Institut für Physik kommende Arbeitsgruppe für UV-Spektroskopie (Leitung Dr. G. Boldt) in die Baracke ein. Für die Arbeiten dieser Gruppe wurde eine Gleichrichteranlage installiert. Ende 1965 wurde die Heizung der Baracke an das Heizungssystem des IPP angeschlossen.

#### B.3.2 Hauptgebäude (X2)

Ende 1962 wurde mit dem Bau des Hauptgebäudes begonnen, dessen Richtfest am 26.4.1963 gefeiert wurde und dessen erste Räume im Februar 1964 bezogen werden konnten. Es wurde am 15.2.1965 feierlich eingeweiht (siehe Mitteilungen der Max-Planck-Gesellschaft Heft 4, S. 180  
205, 1965).  
Das dreigeschossige Gebäude hat eine Nutzfläche von 1200qm.

#### B.3.3 Chemisches Aussenlabor (X2a)

Zur Vorbereitung der Metaldampfvolken-Experimente müssen Versuche mit chemischen Mischungen durchgeführt werden, die nicht völlig sicher in der Handhabung sind. Es wurde deshalb 1964 ein kleines chemisches Aussenlabor mit einer Nutzfläche von 30 qm in Betrieb genommen, welches besondere Schutzvorkehrungen enthält.

#### B.3.4 Gebäude für die Vakuumkammer (X2b)

Im Verlauf der vorbereiteten Experimente ergab sich die Notwendigkeit der Benutzung einer grösseren Vakuum-Verdampfungs-Kammer, um darin bestimmte Verdampfungsexperimente ausführen zu können. Mit dem Bau des Gebäudes zur Unterbringung dieser Kammer konnte Ende 1965 begonnen werden.

#### B.3.5 Erweiterungsbau (X2c)

Im Jahre 1965 wurde mit der Planung eines Erweiterungsbaues begonnen. Dieses Gebäude, das rechtwinklig an das Hauptgebäude angesetzt werden soll, ist vor allem für die endgültige Unterbringung der hinzugekommenen Gruppe für UV-Spektroskopie notwendig, die für **ihre weiteren** Arbeiten einen grossen Vakuumspektrographen benötigt. Weiterhin soll dort zusätzlich Platz für die Ingenieur-Abteilung geschaffen werden. Die Gesamtnutzfläche dieses Gebäudes soll 726 qm betragen.

#### B.3.6 Meßstation auf der Zugspitze (X3)

Seit 1956 war eine Messapparatur auf dem Zugspitzgipfel zur Registrierung der kosmischen Strahlung in einem alten Holzbau der Bundespost untergebracht. Wegen Baufälligkeit sollte das Gebäude aufgegeben werden. Aus diesem Grunde wurde zur Unterbringung der Apparatur eine neue Messhütte auf einem von der Bundespost gepachteten Bauplatz (40 m südwestlich der alten Apparatur) gebaut. Das Richtfest fand am 21.10.1963 statt und das Gebäude wurde im Sommer 1964 bezogen. Der 10 m hohe turmartige Aluminiumbau hat ein sehr steiles Dach, damit er schneefrei bleibt. Im Inneren befindet sich ein Messraum, eine Werkstatt mit Schlafmöglichkeiten sowie ein Arbeitsraum.

#### B.3.7 Besondere technische Einrichtungen

Die entwickelten Messinstrumente müssen unter Bedingungen des Raketenstarts und des Weltraumfluges erprobt werden. In einem Prüflabor wurden deshalb besondere technische Einrichtungen installiert:

##### B.3.7.1 Schütteleinrichtung

Dieses Gerät wurde von der Firma Ling-Electronics geliefert. Der Schütteltisch hat einen maximalen Kraftvektor von 300 kp und kann in einem Frequenzbereich von 5 bis 4500 Hz eine Maximalbeschleunigung von 93 g erteilen.

##### B.3.7.2 Raumsimulator

Es wurde der Typ 1,5D 1 der Firma Tenney Engineering Inc. aufgestellt. Hierbei handelt es sich um eine Vakuumkammer von 50 l Inhalt, in der ein Vakuum von 10 Torr zu erreichen ist und deren Wände auf

-60° C gekühlt und auf +120°C erhitzt werden können. Um den Anwendungsbereich zu vergrößern und die Bedienung zu vereinfachen, wird die Kammer noch ständig verbessert und mit Zusatzteilen versehen.

#### B.3.7.3 Zentrifuge

Eine kleinere Zentrifuge wurde in unseren eigenen Werkstätten gebaut. Sie ist transportabel, damit auch Messungen unserer Verdampfungsexperimente im Freien durchgeführt werden können. Eine grössere Zentrifuge mit besserer Regelung und größerem Anwendungsbereich soll noch gebaut werden.

Mit diesen Einrichtungen wurden bereits einige Messinstrumente untersucht. In größerem Umfang wurden die Anlagen für die Erprobung der Struktur und der Elektronik des Rubis-Experimentes eingesetzt. Auch andere Institute haben sich dieser Einrichtungen schon bedient, und zwar das Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, das MaxPlanck-Institut für Ionosphärenforschung in Lindau, das Institut für Reine und Angewandte Kernphysik der Universität Kiel und die DVL-Institute in Oberpfaffenhofen.

#### B.3.7.)4 Vakuum-Verdampfungskammer

Für Laborexperimente auf dem Gebiet der Zonenwolken wird von der Firma Leybold. in dem Gebäude X2b. eine Vakuum-Kammer aufgestellt in Form eines liegenden Zylinders, Länge 7 m, Durchmesser 2 m, Volumen 22 m<sup>3</sup>. Wegen der stark aggressiven Dämpfe, die in der Kammer erzeugt werden sollen, wurde als Material V 2a gewählt. Im Interesse einer kurzen Pumpzeit (Endvakuum 10<sup>-6</sup> Torr) werden leistungsfähige Pumpen verwendet: eine 2-stufige Drehschieber-Vorpumpe, R00tpumpen und eine Öldiffusionspumpe mit einer Leistung von 30 000 l/sec. Um die Bildung von aggressiven Hydroxyden nach den Versuchen herabzusetzen, erfolgt die Belüftung der Kammer über eine Lufttrocknungsanlage. Schädliche Gase können vor Öffnen des Behälters mit einem leistungsfähigen Absauggebläse ins Freie befördert werden.

## C) Wissenschaftliche Arbeiten und technische Entwicklungen

### C.1 Metaldampfwolken

#### C.1.1 Einführung

Die Versuche zur Erzeugung von Metaldampfwolken haben zwei wissenschaftliche Zielrichtungen:

1. Es sollen Zonenwolken im interplanetaren Raum erzeugt werden in gewisser Analogie zu ionisierten Kometenschweifen, um damit den solaren Wind und die interplanetaren Magnetfelder zu studieren sowie eventuell gewisse Aufschlüsse über die Physik ionisierter Kometenschweife in Zusammenhang mit der Wechselwirkung des solaren Windes zu bekommen.
2. Mit Hilfe ionisierter Metaldampfwolken sollen in der oberen Atmosphäre und Magnetosphäre die elektrischen und magnetischen Felder untersucht werden. Gleichzeitig sollen mit nicht-ionisierten Wolken die Bewegungsverhältnisse der neutralen Atmosphäre und andere physikalische Parameter der Atmosphäre bestimmt werden.

Zur Erzeugung von solchen Metaldampfwolken erscheinen einige Erdalkalimetalle und einige Seltene Erden geeignet, da diese Elemente sichtbare Resonanzlinien sowohl der nicht-ionisierten als auch der ionisierten Komponente besitzen, ihr Ionisationspotential verhältnismäßig niedrig ist und ihre Anregungs- und Ionisationswahrscheinlichkeiten durch die UV-Strahlung der Ionen verhältnismäßig hoch sind. Die notwendige Verdampfungsenergie soll auf chemischem Wege erzeugt werden.

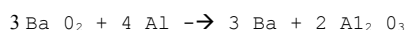
In den vergangenen Jahren wurden hierzu Versuche im Labor und mit Hilfe von Höhenforschungsraketen in der oberen Erdatmosphäre durchgeführt, die sowohl Aufschlüsse über die Verdampfung und die Ionisation erbrachten als auch wissenschaftliche Resultate über die Erdatmosphäre lieferten.

#### C.1.2 Entwicklung von Verdampfungssätzen H. Föppl, B. Meyer, F. Melzner, H. Neuss

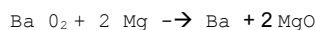
Die ersten Mischungen für die Bariumverdampfungen bestanden aus Aluminium- und Bariumperoxid, beide Komponenten feinst gepulvert. Gepresste Brennsätze bewährten sich dabei nur für die Zündübertragung, etwa als Pillen von je 10 g Gewicht. Durch Anteigen und inniges Ver-

mischen der Komponenten mit Colloidiumlösungen und anschliessendes Abdunsten des Lösungsmittels im endgültigen Reaktionsgefäss konnte ein Brennsatz erhalten werden, der bei Nitrocellulosegehalten von 3 bis 5 Gewichtsprozenten einigermaßen vollständig durchreagierte. Entsprechende Mischungen wurden in Bodenexperimenten abgebrannt, Spektren aufgenommen und Vakuum-Abbrandversuche gemacht.

Bei einem Experiment in der oberen Atmosphäre (1.6.1963, s. C.1.5) zeigte sich, dass die beabsichtigte Reaktion



unter den Ionosphärenbedingungen vor allem zu BaO und AlO-Dampf führte. Da Magnesium keine Suboxide bildet, wurde dieses Metall anstelle von Al benutzt. Tatsächlich ergab sich, dass die Reaktion



auch in Ionosphärenexperimenten (September 1965, s. C.1.5) zu Ausbeuten in der Grössenordnung von 5% an Bariumdampf führte. Lediglich die geringe Handhabungssicherheit dieser Sätze mit hohem Peroxidgehalt ist für eine weitere Anwendung störend.

Um den raschen explosionsartigen Abbrand der Mischungen zu vermeiden, wurden Brennkammern mit geeigneten Düsen entworfen. Als Brennsätze wurden silikongebundene Mischungen als auch sogenannte POL-Sätze

(das sind stabilisierte, nicht explosive Nitrocellulose-Nitroglyceringemische) verwendet, die mit folgenden pulverförmigen Stoffen gefüllt

wurden:  $\text{Ba (NO}_3)_2 + 6 \text{Mg}$ ,  $\text{Sr (NO}_3)_2 + 6 \text{Mg}$  sowie  $\text{Ba (NO}_3)_2 + 4 \text{Al}$ .

Bisher ist es noch nicht gelungen, mehr als 80% dieser Komponenten in derartige Sätze einzuarbeiten. Insbesondere konnte der Füllfaktor bei den POL-Sätzen noch nicht über 30% gebracht werden. Experimente mit den silikongebundenen Sätzen (Mai 1963, Februar und Juli 1964, s. C.1.5) und mit den POL-Sätzen (November 1964, s. C.1.5) zeigten zwar die grundsätzliche Möglichkeit, auf diese Weise Metaldampf zu erzeugen, jedoch sind die Ausbeuten noch unbefriedigend.

Auf den Vorschlägen von F. Melzner aufbauend wurde in Bodenversuchen die direkte Reaktion von Sauerstoff mit Bariummetall ausprobiert. Überschüssiges Barium sollte durch die bei der Reaktion freiwerdende Wärme verdampft werden. Die technologischen Schwierigkeiten bei diesen Reaktionen sind jedoch erheblich und konnten bisher noch nicht gemeistert werden. Eine andere Art der Zuführung von Sauerstoff, nämlich durch Zersetzung von CuO, hat sich gut bewährt. Dabei werden Ba-



riumspäne und Kupferoxidpulver gemischt und dann verpresst. Die günstigsten Mischungsverhältnisse in Abhängigkeit von Korngrösse, Pressdichte usw. befinden sich noch in der Erprobung. Die ersten Ionosphärenexperimente (November 1964, September und November 1965, s. C.1.5) waren jedoch sehr erfolgversprechend. Insbesondere zeigte sich bei diesen Sätzen eine überraschend hohe Anfangsionisation, die weit über der thermisch zu erwartenden liegt.

Die Verwendung von Seltenen Erden anstelle von Erdalkalimetallen einige Vorteile aufweist, sind Versuche auch in dieser Richtung angelaufen. Insbesondere wurden Verfahren zur Darstellung von wasserfreiem Samarium und Europiumnitrat sowie Lanthanhydrid als Reduktionsmittel ausgearbeitet,

Auch mit noch energiereicheren Gemischen aus Schwefelhexafluorid und Barium wurden im Hinblick auf die Erzeugung von Bariumdampf einige Versuche in Druckgefässen gemacht, die jedoch nicht gut reproduzierbar waren.

Zu all diesen Mischungen wurden geeignete Zündsätze gefunden und ausprobiert. Die mit der Entwicklung der POL- und silikongebundenen Brennsätze verbundenen Versuche und Entwicklungen wurden in Zusammenarbeit mit einer Chemiefirma (Nitrochemie) durchgeführt.

### C.1.3 Beobachtungsgeräte

L. Haser, J. Loidl, F. Melzner, B. Meyer, H. Neuss

Die Metalldampfwolken wurden jeweils von zwei Stationen beobachtet, wobei die zweite Station lediglich der Triangulation diene und entsprechend gewählt wurde. Dort wurden zwei aus U.S.-Heeresbeständen stammende Luftbildkameras Kodak K 24 aufgestellt, die so modifiziert wurden, dass eine vollautomatische Programmierung; der Belichtungszeiten durch ein umgebautes handelsübliches Magnetbandgerät möglich war, Durch Kodak-Wratten-Filter wurde der Kontrast gegen den Himmelshintergrund verbessert,

In der Hauptstation wurden die übrigen Beobachtungsgeräte aufgestellt bestehend aus: Einem Rahmen mit fünf und einem Rahmen mit drei Robot-Kleinbildkameras (Format 24 x 24 mm, f = 50 mm, Öffnung 1, 2, maximale Filmlänge 10 m) zur eventuellen Beobachtung von zwei räumlich weiter voneinander getrennten Wolken. Die Kameras wurden ebenfalls von einem Magnetbandgerät gesteuert und konnten beliebig auf drei getrennte Programme

geschaltet werden. Mit Hilfe von monochromatischen Interferenzfiltern erfolgte die Beobachtung in den verschiedenen Spektrallinien.

Einem Rahmen mit drei Robot-Kameras ohne Filter, die durch eine elektronische Steuerschaltung mit der höchsten Bildfolgefrequenz betrieben werden (0,5 sec Pause), und der Registrierung der Anfangsphase dient.

Einer Fernsehkamera sehr hoher Empfindlichkeit mit langsamer Abtastfrequenz, d.h. grosser Speicherzeit und Registrierung des Bildes auf Ampex-Magnetband. Für das spätere interplanetare Experiment soll diese Kamera mit einer 350 mm Schmidt-Spiegeloptik versehen werden.

Einem Jena-Dreiprospektrograph, der zu einem Abtast-Monochromator umgebaut wurde und pro Minute einmal den interessierenden Spektralbereich abtastet. Das von dem Photomultiplier abgegebene Signal wird von einem Streifenschreiber registriert.

Einem im Institut entwickelten Gitterspektrographen mit photographischer Registrierung (Kameraöffnung 1 : 0,75, wirksamer Gitterdurchmesser 100 mm, Kollimatoröffnung 1 : 2,5, spektrale Auflösung ca. 75 Å/mm), vollautomatischer Steuerung durch Magnetbandgerät und eingebauter Spektrallampe für Vergleichspektrum.

Einem normalen Jena-Dreiprismenspektrographen mit photographischer Registrierung (Kameraöffnung 1 : 2,8).

Vier Kodak K 24 - Kameras zur Triangulation in der Ausführung wie in der zweiten Station.

#### C.1.4 Vorbereitung von Raketen- und Satellitenexperimenten

##### C.1.4.1 Französische Höhenforschungsraketen "Centaure" und "Dragon" H. Föppl, F. Melzner, B. Meyer, H. Neuss, J. Stöcker

Bei den ersten beiden Starts von Höhenforschungsraketen vom Typ "Centaure" im Mai 1963 wurden unsere Verdampfungssätze den Raketen der Gruppe von Prof. J.E. Blamont beigegeben, so dass die technischen Vorbereitungen im wesentlichen von der französischen Gruppe durchgeführt wurden.

Für die nächsten Starts im Februar 1964 wurden zwei Centaure-Raketen mit dem Abschuss von dem Centre National d'Etudes Spatiales gekauft. Die Raketenspitzen wurden dabei von einer französischen Firma hergestellt. Ebenso wurde bei den Starts im November und Dezember 1964 verfahren, wobei das Institut zwei "Centaure"-Raketen und eine "Dragon" - Rakete kaufte.

Dagegen wurden 1965 für die Starts der beiden "Centaure"- und der "Dragon"-Rakete die Spitzen im Institut entwickelt und hergestellt (s. C.8.3).

#### C.1.4.2 Englische Höhenforschungsraketen "Skylark" der ESRO H. Föppl, B.

Meyer, H. Neuss, J. Stöcker

Die englischen Höhenforschungsraketen "Skylark" wurden von der ESRO zur Verfügung gestellt. Für die Starts im Mai 1964 wurden die technischen Vorbereitungen durch das European Space Technology Center (ESTEC) in Delft durchgeführt, während die nächsten Starts im September 1965 wegen personeller Schwierigkeiten der ESTEC durch eine Gruppe von ESTEC unter der Verantwortung von Dipl.-Phys. H. Neuss und unter Mithilfe von Dipl.-Ing. R. Klett (Arbeitsgemeinschaft DVL-R-MPI) vorbereitet wurden.

#### C.1.4.3 Französische Höhenforschungsrakete "Rubis"

F. Melzner, P. Parigger, J. Stöcker

Für April 1966 wird der Start einer französischen Rubis-Rakete von Hammaguir (Algerien) vorbereitet. Bei einer Apogäumshöhe von etwa 2000 km sollen zwei Barium-Metaldampf Wolken erzeugt werden. Ausserdem werden mit der gleichen Rakete noch weitere Experimente durchgeführt: Bestimmung der Elektronendichte durch Messung der Plasmafrequenz (s. C.2.3) und Messung von Protonen und Elektronen im Strahlungsgürtel (s. C.3.3.1). Der Raketenkopf wird im Institut entwickelt und gebaut (s. C.8.4).

#### C.1.4.4 ESRO-Satellit "HEOS"

H. Gölnitz, F. Melzner, H. Neuss

Für Ende 1968 ist die Erzeugung einer Bariumwolke in der Magnetosphäre (etwa 50 000 km Abstand von der Erde) von dem ersten ESRO-Satelliten mit hochexzentrischer Bahn, HEOS A, in Vorbereitung. Dieser Satellit erhält einen kleinen Tochtersatelliten, der zu gegebener Zeit ausgestossen werden soll. Er enthält eine Barium-Mischung, die, nachdem der Tochtersatellit einen hinreichenden Abstand vom Hauptsatelliten gewonnen hat, gezündet wird (HEOS-Experiment 5-16). Dadurch wird eine künstliche Wolke erzeugt, die sich in einen ionisierten und einen nicht-ionisierten Teil aufspaltet und deren Verhalten in der Magnetosphäre von der Erde aus beobachtet werden soll. Folgende Punkte sind von H. Gölnitz für dieses Experiment vorberei-

tend untersucht worden:

1. Abstand des Tochtersatelliten vom Hauptsatelliten als Funktion des Ausstossmechanismus, spez. der Ausstossgeschwindigkeit und der Ausstossrichtung.
2. Der Ausstossort für die Wolke soll dadurch bestimmt sein, dass er im Abstand von 8 - 9 Erdradien von der Erde liegt, und zwar so, dass die Sichtlinie Erde-Wolke senkrecht zu den Magnetfeldlinien am Ausstossort verläuft.
3. Bestimmung des Beobachtungsortes und der Beobachtungszeit so, dass die Wolke von der Sonne beleuchtet ist, am Beobachtungsort die Sonne  $15^\circ$  unter, die Wolke etwa  $25^\circ$  über und der Mond  $5^\circ$  unter dem Horizont ist.

Da das Experiment vermutlich erst nach einer mehrmonatigen Umlaufzeit des Satelliten durchgeführt werden kann, waren für alle Untersuchungen auch Störungsrechnungen für die Satellitenbahn unter Berücksichtigung der Einflüsse der Erdabplattung, des Luftwiderstandes, der Mondanziehung und des Strahlungsdruckes der Sonnenstrahlung erforderlich.

Die entsprechende Wolke soll von der Erde aus mit Hilfe von Schmidt-Spiegelkameras beobachtet werden, die von der Industrie entwickelt und gebaut werden sollen. Entsprechende Verhandlungen wurden aufgenommen.

### C.1.5 Experimente mit Höhenforschungsraketen

H. Föppl, F. Melzner, B. Meyer, H. Neuss

Datum Rakete (R) Abschuss- platz (A)	Experiment	Ge- wicht (kg)	Zahl der Ex- pediti- onsteil- nehmer	Beobach- tungsge- räte	Höhe des Experi- ments (km)
15. 5. 63 (R) Centaure (A) Sahara	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + 4 Al Silicon-Binder	3,4	10	1 Linhof 1 Praktina 2 Leica	155
21. 5. 63 (R) Centaure (A) Sahara	3 BaO <sub>2</sub> + 2 Al + Collodium-Binder	1,9		4 K 24 1 Spektro- graph	125
14. 2. 64 (R) Centaure (A) Sahara	1) Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + 6 Mg + Silicon-Binder	3,1	9	6 Robot 2 Spektro- graphen	150
	2) Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + 6 Mg + Collodium-Binder	1,0		1 Praktina 1 Leica	180
15. 2. 64 (R) Centaure (A) Sahara	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + 6 Mg + Collodium-Binder	1,0			142

Datum Rakete (R) Abschuss- platz (A)	Experiment	Ge- wicht (kg)	Zahl der Ex- pediti- onsteil- nehmer	Beobach- tungsge- räte	Höhe des Experi- ments (km)
6. 7. 64 (R) Skylark (A) Sardinien	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ + 12 Mg + Silicon-Binder	13,7	12	8 Robot 2 Spektro- graphen 4 K 24	157
8. 7. 64 (R) Skylark (A) Sardinien	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{ Mg}$ + Silicon-Binder	13,6		1 Fernseh- kamera	133
27.11. 64 (R) Centaure (A) Sahara	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{ Mg}$ + POL-Binder	3,3	13	8 Robot 2 Spektro- graphen 4 K 24	152
30.11. 64 (R) Centaure (A) Sahara	1) $\text{CuO} + \text{Ba}$ 2) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{ Mg}$ + Collodium-Binder	10,5 6,1		1 Fernseh- kamera	160 200
3. 12. 64 (R) Dragon (A) Sahara	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{ Mg}$ + Collodium-Binder	43,1			385
30. 9. 65 (R) Skylark (A) Sardinien	$\text{BaO}_2 + 2 \text{ Mg}$ + Collodium-Binder	10,3	13	10 Robot 3 Spektro- graphen 6 K 24	240
2. 10. 65 (R) Skylark (A) Sardinien	$\text{CuO} + \text{Ba}$	2,7		1 Fernseh- kamera 1 Bolex 3 Leica 1 Hassel- blad	200 ca.
18.11. 65 (R) Centaure (A) Sahara	1) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{ Mg}$ + POL-Binder 2) $\text{CuO} + \text{Ba}$	3,5 3,0	14	10 Robot 3 Spektro- graphen 6 K 24	180 130
19.11. 65 (R) Centaure (A) Sahara	$\text{CuO} + \text{Ba}$	3,0		1 Fernseh- kamera 1 Bolex 3 Leica	190
20.11. 65 (R) Dragon (A) Sahara	1) $\text{CuO} + \text{Ba}$ 2) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{ Mg}$ + Collodium-Binder	0,7 47,3		1 Hassel- blad	370 410

Die Ergebnisse dieser Experimente sind in Abschnitt C.1.6 und C.1.7 beschrieben.

C.1.6 Auswertung von Verdampfungsexperimenten in der Hochatmosphäre

G. Haerendel, R. Lüst, P. Lütjens, H. Tiatzen, B. Meyer, E. Rieger

Der Hauptzweck der Erzeugung von Metaldampfwolken in der Hochatmosphäre war es zunächst, die verschiedenen Verdampfungsmethoden von Barium auf ihre Ergiebigkeit hin zu untersuchen. Später sollen diese Experimente in der Magnetosphäre und im interplanetaren Raum durchgeführt werden, womit man Aufschluss über den Zustand des Erdmagnetfeldes in grossen Entfernungen sowie über den solaren Wind gewinnen möchte. Aber auch die Versuche im Höhenbereich von 150 - 250 km werden fortgesetzt werden, insbesondere in der Nordlichtzone, um aus der Bewegung der Ionenwolken die elektrische Feldkomponente senkrecht zum Magnetfeld abzuleiten.

Die grosse Einfachheit der Verdampfungsexperimente besteht darin, dass die Messapparaturen auf der Erde bleiben. Wir haben zur Beobachtung Luftbild- und Kleinbildkameras, Spektrographen und eine Fernsehkamera eingesetzt. Die photographierten Wolkenbilder wurden mit einem Photometer ausgemessen. Die Triangulation der Wolken geschah mit Hilfe von Luftbildkameras, die an hinreichend weit voneinander entfernten Orten aufgestellt waren.

Von Anfang an wurden die Beobachtungen auch mit dem Ziel ausgewertet, Informationen über die Eigenschaften der Hochatmosphäre zwischen etwa 100 und 500 km Höhe zu gewinnen. Die Durchmesserbreiterung der neutralen Wolken gab Aufschluss über die Art der Diffusion der Atome in der umgebenden Atmosphäre. Es zeigte sich in den meisten Fällen, dass molekulare Diffusion vorliegt. Die Bestimmung des Diffusionsverhaltens wird häufig erschwert durch Windscherung. Diese führt zu einer Veränderung der normalerweise sphärischen Form einer Neutralgaswolke. Bei einer Wolke in 125 km Höhe wurde eine Windscherung von  $1 \text{ m sec}^{-1}/\text{km}$  gemessen.

Die Auswertung der Triangulationsfilme ergab Aufschluss über die Bewegung der Wolke als Ganzes. Es zeigten sich dabei Windgeschwindigkeiten der Atmosphäre, welche im Höhenbereich zwischen 125 km und 250 km zwischen  $50$  und  $130 \text{ m sec}^{-1}$  lagen. Die Richtung der Winde war am Abend hauptsächlich nach Nord-Ost.

Die Auswertung der Bewegung von Zonenwolken erbrachte das bemerkenswerte Ergebnis, dass auch eine Bewegung senkrecht zum Magnetfeld der Erde vorhanden ist. Die Geschwindigkeit ist etwa halb so gross, wie

die Geschwindigkeit der neutralen Wolken. Es liegt nahe, diese Bewegung

auf das Vorhandensein elektrischer Felder zurückzuführen, welche in der Grössenordnung von  $10^{-5}$  Volt  $\text{cm}^{-1}$  liegen würden.

Für den Fall, dass die Wolken optisch dünn waren, konnte aus den ermittelten absoluten Intensitätsprofilen und entsprechender Integration die Gesamtmenge an verdampftem Material abgeleitet werden.

Unabhängig von dieser Methode liess sich die verdampfte Masse aber auch bestimmen, wenn die Wolke während der Beobachtungszeit von optisch dicken zum optisch dünnen Zustand überging. Ein Vergleich beider Methoden zeigte eine befriedigende Übereinstimmung. Die Ausbeuten an verdampftem Barium liegen in der Grössenordnung von einigen Prozent bezogen auf verdampfbares Barium.

Die Experimente mit Barium, die Ende 1964 und im Jahre 1965 durchgeführt wurden, ergaben zum ersten Mal die Möglichkeit, die Ionisationswahrscheinlichkeit von Barium zu bestimmen. Aufgrund von theoretischen Abschätzungen sollte diese etwa  $5 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  betragen. Die vorliegenden Messungen lieferten Werte, welche um mindestens einen Faktor 10 höher liegen,

#### C.1.7 Theorie der Metalldampfwolken

D. Antrick, R. H. Giese, C. Haerendel, R. Lüst, E. Rieger, M. Scholer, W. Smilga

Die Interpretation der Beobachtungen und die Vorbereitungen von Versuchen in der Hochatmosphäre und im interplanetaren Raum erforderten die Behandlung einer Reihe von theoretischen Problemen.

##### C.1.7.1 Anfangsphase der Ausbreitung

R.H. Giese, W. Smilga

Die Anfangsphase der Ausbreitung; einer plötzlich erzeugten neutralen Gaswolke im Vakuum wurde mit dem Ziel untersucht, die bei einer in 385 km Höhe erzeugten Strontiumwolke beobachtete Ringstruktur und erstaunlich hohe Expansionsgeschwindigkeit von  $3.5 \text{ km sec}^{-1}$  zu verstehen. Die numerische Lösung der hydrodynamischen Gleichungen auf der IBM 7090 für eine kugelsymmetrische Dichteverteilung unter Annahme konstanter Entropie für das einzelne Massenelement ergab Expansionsgeschwindigkeiten, die nur wenig über der aus der Verdampfungstemperatur abgeleiteten thermischen Geschwindigkeit liegen.

Die Berücksichtigung heisser staubförmiger Reaktionsprodukte als eines

zusätzlichen Energiespenders führte auf Expansionsgeschwindigkeiten von  $2 \text{ km sec}^{-1}$  und Andeutungen einer Ringstruktur. Das Verständnis der Anfangsphase ist von grosser Bedeutung für spätere Experimente im interplanetaren Raum, da die Expansionsgeschwindigkeit die Verdünnung der Wolke und damit wesentlich die zeitliche Abnahme der Oberflächenhelligkeit auch bei der Ionenwolke bestimmt.

#### C.1.7.2 Sedimentation

G. Haerendel

Die Sedimentation einer neutralen Gaswolke in einer isothermen Atmosphäre wurde im eindimensionalen Fall behandelt. Die Sedimentationsgeschwindigkeit wächst mit dem Atomgewicht des ausgestossenen Gases. Eine Barium-Wolke in 180 km Höhe würde danach während einer halben Stunde auf 156 km absinken. Der zweidimensional nicht notwendig; isotherme **Fall** wird von D. Antrück numerisch gerechnet. Die Ergebnisse werden zur Ableitung von vertikalen Windgeschwindigkeiten und der atmosphärischen Skalenhöhe verwendet.

#### C.1.7.3 Ambipolare Diffusion

G. Haerendel, M. Scholer

Untersuchungen der ambipolaren Diffusion bei Anwesenheit eines Magnetfeldes wurden in Angriff genommen. Es zeigte sich, dass sich das zweidimensionale Problem nicht mehr mittels einer einfachen Diffusionsgleichung mit gegebenen Koeffizienten beschreiben lässt. Vielmehr folgen die auftretenden elektrischen Polarisationsfelder aus einer komplizierten partiellen Differentialgleichung,

#### C.1.7.4 Bewegung der Ionenwolken

G. Haerendel, R. Lüst, E. Rieger

Die Bewegung von Ionenwolken unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes senkrecht zum Magnetfeld in der oberen Atmosphäre wird studiert, um aus den beobachteten Bewegungen elektrische Feldstärken ableiten zu können. Wegen der endlichen Länge der 'Molke und der grossen Leitfähigkeit parallel zur Feldrichtung; ist das Polarisationsfeld innerhalb der Wolke auch bei hoher Plasmadichte klein, so dass auf die Ionen praktisch das ungeschwächte äussere elektrische Feld wirkt.



### C.1.8 Ergänzende Laboruntersuchungen

W.E. Baylis, W. Brunner, H. Schulte

Im Zusammenhang mit den Ionenwolkenexperimenten werden im Rahmen von Diplom- und Doktorarbeiten Eigenschaften der zur Verdampfung benutzten Erdalkalien sowie auch der Mechanismus der Verdampfung untersucht.

#### C.1.8.1 Verdampfung und Ionisation von Erdalkalien im Vakuum 1-J. Brunner

Analog zu den Experimenten in der höheren Atmosphäre sollen im Laborversuch durch chemische Reaktionen Bariumdampf Wolken erzeugt werden. Im Vakuum von ca.  $10^{-5}$  -  $10^{-6}$  Torr werden dabei Mengen von 90 - 100 g verdampft, Die entstandene Wolke wird zeitlich aufgelöst auf optischem Wege untersucht, wobei z. B. für Dichtemessungen vorläufig die Absorptionsspektroskopie angewandt wird.

Das Ziel der Arbeit ist es, Aussagen über die Reproduzierbarkeit und Wirksamkeit verschiedener Mischungen zur Erzeugung der Dampf Wolken zu machen und zu klären, durch welche Vorgänge die Ausbeute bisher geringer war, als erwartet wurde.

#### C.1.8.2 Bestimmung des Photoionisationsquerschnittes von Barium

H. Schulte

Zur Messung des Photoionisationsquerschnittes von Barium (im Bereich  $> 2000 \text{ \AA}$ ) wurde mit dem Aufbau einer Messapparatur begonnen. Die Messung wird nicht wie üblich mit einer dampfgefüllten Absorptionzelle, sondern an einem Atomstrahl vorgenommen, der von einem Strahl monochromatischen UV-Lichts gekreuzt wird. Dieses Verfahren macht es erforderlich, die Ionisationsprodukte (Ionen und Elektronen) einzeln zu zählen, Nach hinreichender Beschleunigung durch elektrische Felder werden die Elektronen durch einen Szintillationszähler, die Ionen durch einen fensterlosen Multiplier nachgewiesen. Für Messungen am Neutralstrahl ist eine Schwingquarzwaage vorgesehen. Die Absolutmessung der Lichtintensität Soll mit einer Thermosäule erfolgen.

Vorläufige Messungen konzentrierten sich auf die Funktion des Szintillationszählers für die Photoelektronen und des magnetischen Multipliers für die Ionenzählung.

### C.1.8.3 Die Hyperfeinstruktur von Alkali- und Erdalkaliatomen

W.E. Baylis

Es soll die Hyperfeinstruktur und die Lebensdauer der tiefliegenden Niveaus von Alkali-, Barium- und Strontiumatomen gemessen werden.

Die Lebensdauermessungen werden mit Hilfe des Hanle-Effekts unternommen. Dabei ist man nicht abhängig von der Atomdichte, die im allgemeinen schlechter messbar ist.

Zur Messung der Hyperfeinstruktur wird sowohl eine Doppelresonanzmethode durch optisches Pumpen angewandt als auch die "Level-Crossing"-Methode.

Der Aufbau der Apparatur ist im vorigen Jahr so weit gekommen, dass Messungen der Lebensdauer des 3-P Zustandes von Natrium angefangen werden können.

### C.1.9 Veröffentlichungen und Berichte

H. Föppl, G. Haerendel, J. Loidl, R. Lüst, F. Melzner, B. Meyer, H. Neuss  
Experimente mit Erdalkaliwolken in der Ionosphäre I.

Vorbereitung und Durchführung  
II. Beobachtungsergebnisse  
Phys. Verhandl. S. 115 (1964)

H. Föppl, G. Haerendel, J. Loidl, R. Lüst, F. Melzner, B. Meyer, H. Neuss, E.  
Rieger

Preliminary Experiments for the Study of the Interplanetary Medium by the Release  
of Metal Vapor in the Upper Atmosphere MPI-PA-23/64  
, August 1964  
Planetary Space Sci. 1965, Vol 13, 95-114

H. Föppl, G. Haerendel, J. Loidl, R. Lüst, F. Melzner, B. Meyer, H. Neuss, E.  
Rieger

Final Report about Experiment R-33 in ESRO-Payload IV im  
Druck, NPI-PAE-20/65, Dezember 1965

H. Föppl

Ionosphärenexperimente des Max-Planck-Institutes für Physik und Astrophysik  
Weltraumfahrt und Raketentechnik 5/6, 13 (1965)

G. Haerendel, R. Lüst, E. Rieger

Ion Cloud Experiment in the Upper Atmosphere

Vortrag auf dem ESRO-Colloquium Stockholm, 16.-18. Nov. 1965 erscheint  
in Space Sci. Rev.

R. Lüst, J. Ortner

La premiere campagne de tir de fusbes sondes de l'ESRO (experiences d'objection)  
Revue Fransaise d'Astronautique, 1965-1

Bei der ESRO wurden die folgenden Experimente angemeldet:

Höhenforschungsraketen:

Nr. R-33

Titel: Ion Cloud inthe Ionosphere

Datum der Anmeldung: 5. 10. 1964

Nr. R-134

Titel: Electric Field Measurements in the Ionosphere by Release Methods

Datum der Anmeldung: 14. 10. 1965

Satelliten:

Nr. S-16

Titel: Ion Cloud in Interplanetary Space

Datum der Anmeldung: 11. 9. 1962

## C.2 Elektronendichtemessung und Wellenausbreitung

### C.2.1 Einführung

Die bisher ausgenutzten Messmethoden zur Bestimmung von Elektronendichten in der oberen Erdatmosphäre werden recht unsicher und ungenau, wenn die Elektronendichte verhältnismässig gering ist. Das gilt insbesondere, wenn man diese Messmethode auf die Untersuchung des interplanetaren Mediums übertragen möchte. Aus diesem Grunde wurde damit begonnen, neue Messmethoden theoretisch und experimentell zu untersuchen.

Bei der Diskussion der Messmethode wurde besonderer Wert auf eine möglichst hohe Messgenauigkeit durch Erfassung aller niederenergetischen Elektronen gelegt (bis zu einer oberen Grenze, oberhalb derer die Elektronenzahl vernachlässigt werden kann). Nach japanischen Veröffentlichungen erschienen Messungen mit HF-Plasmaresonanzsonde wegen ihrer Einfachheit besonders erfolgversprechend.

Es wurden deshalb experimentelle Untersuchungen zur Überprüfung der japanischen Ergebnisse durchgeführt. Die Untersuchungen zeigten, dass das Verfahren speziell für Messungen bei sehr niedrigen Dichten ungeeignet ist (s. C.2.2).

Die Diskussion der bekannten Messmethoden führte zu einem Vorschlag eines neuartigen Verfahrens, das auf der Wechselwirkung einer elektromagnetischen Welle (periodisch veränderlichen Frequenz) mit dem zu messenden Plasma beruht, wobei der Frequenzbereich so zu wählen ist, dass er die Plasmaresonanzfrequenz enthält. Diese Frequenz wird nur von der Elektronendichte bestimmt. Zur Ausführung des Verfahrens sollen sowohl der Sender als auch der Empfänger in das Messgebiet gebracht und dort in einem geeigneten Abstand voneinander in Betrieb gesetzt werden.

Die vom Empfänger gemessene Feldstärke wird in Abhängigkeit von der Frequenz registriert. Die auf diese Weise erhaltenen Frequenzspektren erlauben die Ablesung der gesuchten Resonanzfrequenz. Ausserdem erhält man gegebenenfalls auch Hinweise auf das Verhalten von elektromagnetischen Wellen in einem Plasma mit Magnetfeld.

### x.2.2 Laboruntersuchungen

H.H. Rabben, G. Müller, IPP, G. Peter, IPP

In einem Cäsium-Plasma, das durch Kontaktionisation von Cäsiumgas

an einer heissen Wolframplatte erzeugt wurde, wurden Messungen mit der Hochfrequenz-Resonanzsonde durchgeführt. Die Plasmadichte wurde zwischen  $10^6$  und  $10^9 \text{cm}^{-3}$  variiert. Die Plasmatemperatur betrug etwa  $2000^\circ\text{K}$  und der Neutralgasdruck etwa  $10^{-5}$  Torr.

Die Messungen ergaben:

- 1.) Die Resonanzfrequenz stimmt mit der Plasmafrequenz nicht überein, im Gegensatz zu den Ergebnissen anderer Autoren.
- 2.) Die Grösse der Abweichungen dieser beiden Frequenzen voneinander hängt ab:
  - a) vom Gleichspannungspotential der Sonde, b) von der Elektronendichte und c) von der Geometrie des Systems Sonde/Plasma/ Gegenelektrode.
- 3.) Das Resonanzverhalten der Messanordnung lässt sich am besten dadurch verstehen, dass man das System Sonde/Gegenelektrode als einen 3-Dielektrikum-Kondensator (Grenzschicht, Plasma, Grenzschicht) betrachtet.

#### C.2.3 Vorbereitungen von Raketen-und Satellitenexperimenten

O. Gönner (März 64 - Juli 65), H. Hippmann (seit Oktober 65),

F. Melzner, H.H. Rabben, H. Rothermel (seit Oktober 64), J. Stöcker

Bei der Vorbereitung der geplanten Experimente in 2000 km Höhe mit einer Rubis-Rakete sowie im interplanetaren Medium (für die ein Antrag bei der ESRO eingereicht wurde) wurde zunächst die Ausbreitung einer ebenen magnetischen Welle in einem Plasma ohne und mit einem äusseren Magnetfeld sowie die Abstrahlung einer elektromagnetischen Kugelwelle von einem kurzen Dipol im Plasma mit besonderer Berücksichtigung des Nahfeldes theoretisch behandelt.

Bei dem Problem der optimalen Anpassung eines Dipols mit Ohm'schen Verlusten an einen Wobbelsender über einen sehr grossen Frequenzbereich (Verhältnis der Grenzfrequenzen grösser als 10 : 1) werden die Berechnungen durch Messungen an einer Modellantenne ergänzt.

Für das Experiment in 2000 km Höhe wurde eine Sende-Empfangs-Anordnung mit periodisch veränderlicher Frequenz (Wobbelung) entworfen und die Komponenten entwickelt und konstruiert. Dazu gehören: ein raumflugfähiger Wobbelsender, ein raumflugfähiger Wobbelempfänger mit Empfangsantennen und Datenaufbereitungsanordnung für die Telemetrierung, eine raumflugfähige Dipol-Sendeantenne von  $2 \times 80 \text{ m}$  Länge mit einer Vorrichtung zur Entfaltung der zusammengerollten Antennenarme nach Erreichen der schwerelosen Flugphase und einer Abstossvor-

richtung für den Sendeteil.

C.2.4 Veröffentlichungen und Berichte

H.H. Rabben, G. Müller, G. Peter

Measurements with the High-Frequency Resonance Probe in a Cesium Plasma  
Proc. 6. Intern. Conf. on Ionization Phenomena in Gases, Paris 1963,  
167, 1964

H.H. Rabben, G. von Gierke, G. Müller, G. Peter

On the Influence of Ion Sheaths upon the Resonance Behaviour of a R.F. Plasma Probe  
Zs. Naturf. 19a, 1107 (1964)

H.H. Rabben, G. Müller, G. Peter

Untersuchung mit der HF-Plasma-Resonanzsonde an einem Cäsium-Kontaktionsions-  
Plasma  
IPP 2/32, Juli 1963, EURATOM, Association Nr. 003-61-1 FUAD EUR 1817.d

H.H. Rabben

Extraterrestrische Elektronendichtemessungen, Teil I: Wahl &er Messmethode  
im Druck, MPI-PAE Extraterr. 19/65

Bei der ESRO wurden die folgenden Experimente angemeldet:

Nr. S-15

Titel: Measuring of the Electron Density of the Interplanetary Medium Datum der  
Anmeldung: 11. 9. 62

Nr. S-101

Titel: Local Electron Density Measurement in the Outer Topside Ionosphere  
Datum der Anmeldung: 28. 5. 65

### C.3 Strahlungsgürtel

#### C . 3.1 Einführung

Noch immer sind Herkunft und Verlustprozesse der im Strahlungsgürtel gefangenen Teilchen weitgehend ungeklärt. Trotz des bereits vorhandenen grossen Beobachtungsmaterials werden noch weiterhin zahlreiche Messungen benötigt. Eine der offenen Fragen ist der Anteil der Albedoneutronen der kosmischen Strahlung an der Erzeugung gefangener Teilchen. Sie lässt sich am besten durch Messungen in einem Bereich beantworten, in dem die Verlustprozesse mit grosser Sicherheit bekannt sind. Ein solcher Bereich ist die untere Begrenzung des Strahlungsgürtels, die ja zweifellos eine Folge der Erdatmosphäre ist. Theoretische Untersuchungen von G. Haerendel (s. C.3.2) gaben den Anstoss zu eigenen Messungen des Protonenspektrums im Energiebereich von 2,5 und 25 MeV, der besonders geeignet im Hinblick auf diese Fragestellung ist.

In grösserer Höhe werden Nachlieferung und Verluste vermutlich überwiegend von Diffusionsprozessen bestimmt, die sich aus kleinen Störungen der für die Bewegung gefangener Teilchen charakteristischen drei adiabatischen Invarianten herleiten. Ihrem Studium sind verschiedene theoretische Arbeiten an unserem Institut gewidmet, ausserdem werden ihm auch die erwähnten Protonenmessungen, die mit Hilfe von Satelliten tiefer im Strahlungsgürtel vorgenommen werden sollen, zugute kommen.

Ähnliche Zähler wie die im Strahlungsgürtel verwendeten werden auch zur Messung solarer Protonen über den Polkappen im Jahr des Sonnenaktivitätsmaximums (1969) mit dem Satelliten ESSOR (TD 2) eingesetzt werden.

#### C.3.2 Theoretische Arbeiten

G. Haerendel, G. Paschmann, T. Kienle

In der Dissertation von G. Haerendel wurde gezeigt, dass der Anteil der Albedoneutronen an der Protonenproduktion bei Energien oberhalb 30 MeV eine Grössenordnung kleiner ist, als bis dahin vermutet wurde, es sei denn, dass die Intensität der Albedoneutronen bei diesen Energien unerwartet hoch ist. In diesem Falle müsste das Protonenspektrum zwischen 1 und 30 MeV sehr flach verlaufen, damit ein Anschluss an den gemessenen Neutronenfluss unterhalb etwa 1 MeV möglich ist. Der experimentellen Untersuchung dieser Frage sind die von uns geplanten Pro-

tonenmessungen an der unteren Grenze des Strahlungsgürtels gewidmet.

Während eines Aufenthaltes am California Institute of Technology in Pasadena als Research Fellow (Sept. 64 bis Sept. 65) beschäftigte sich G. Haererdel mit der Diffusion gefangener Teilchen durch Verletzung der dritten, aber bei Konstanzhaltung der ersten adiabatischen Invarianten des magnetischen Moments. Es zeigte sich, dass eine kleine Änderung der dritten Invarianten, d.h. eine Versetzung der Teilchen senkrecht zum Feld, im allgemeinen von einer Verletzung der zweiten Invarianten begleitet wird, auch wenn die Zeitskala der Störung gross gegen die Periode der Oszillation zwischen zwei konjugierten Spiegelpunkten ist. Daraus folgt, dass die Diffusion nicht, wie bisher angenommen, eindimensional, sondern zweidimensional aber anisotrop ist.

Numerische Rechnungen eines Modells, in dem die Diffusion mit konstantem magnetischem Moment und Verluste allein durch Stösse mit atmosphärischen Teilchen berücksichtigt wurden, hat G. Haererdel als Gast der Aerospace Corporation in El Segundo (Calif.) durchgeführt. Es ergab sich die Notwendigkeit, das Wirken eines weiteren Verlustprozesses zu fordern, in dem die Spiegelpunkte entlang der Feldlinien wandern, bei etwa konstanter kinetischer Energie, d.h. aber bei Verletzung der ersten adiabatischen Invarianten. Der dafür verantwortliche Prozess scheint eine Instabilität der Protonenverteilung zu sein.

Zukünftige Untersuchungen werden sich mit der zweidimensionalen Diffusion (Doktorarbeit von G. Paschmann) und der theoretischen Ableitung von Diffusionskoeffizienten (Diplomarbeit von T. Kienle) befassen.

### C.3.3 Vorbereitungen von Raketen- und Satellitenexperimenten

E. Achtermann, S.C. Freden, D. Hovestadt, E. Künneth, P. Laeverenz, F. Stanek

Am Institut werden 4 Experimente zur Messung von Protonen und Elektronen im inneren Strahlungsgürtel und zwei Experimente zur Messung solarer Protonen vorbereitet. Dabei war die Mitarbeit von Dr. S.C. Freden von der Aerospace Corporation für die Planung eine besondere Hilfe. Die Experimente werden in Raketen und Satelliten folgender Projekte eingebaut:

#### C.3.3.1 Rubis-Rakete

Zwei Protonenteleskope für Protonenenergien zwischen 2,5 und 25 MeV



und zwei omnidirektionale Protonen- und Elektronenzähler für Protonenenergien zwischen 6 und 80 MeV sind entwickelt worden und weitgehend startbereit. Diese Teleskope und Zähler werden am v.d. Graaf-Beschleuniger des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg und am Deutschen Elektronen-Synchrotron, (DESY in Hamburg getestet und kalibriert. Die Messungen sollen Aussagen über das niederenergetische Protonenspektrum im Bereich des magnetischen Schalenparameters  $L= 1,3$  bringen.

#### C.3.3.2 Erster Deutscher Forschungssatellit (GRS-A ehemals 625 A1)

Der Satellit ist zur Untersuchung des inneren Strahlungsgürtels vorgesehen. Hierfür werden vom Institut zwei Experimente vorbereitet.

- (1) Zwei Protonenteleskopzähler für den Energiebereich 1 bis 100 MeV.
- (2) Fünf Omnidirektionalzähler für Protonen von **6 bis** 120 MeV und Elektronen von 0,3 bis 3 MeV. Die Messköpfe stellen eine Fortentwicklung der Rubis-Messapparaturen dar.

#### C.3.3.3 Javelin-Rakete

Als Vorstufe für den Satelliten wird im Jahr 1967 eine Rakete (Javelin) von der NASA gestartet, in die alle für den Satelliten geplanten Experimente eingebaut werden. Hierfür laufen die Entwicklungen.

#### C.3.3.4 ESSOR Satellit (ehemals TD 2) ( European Satellite for Solar Research

Für den ESSOR Satelliten der ESRO, der für das Studium der solarerterrestrischen Einflüsse in der Zeit des Solarmaximums 1968 - 1969 eingesetzt wird, bereitet das Institut zwei Protonenteleskope für den Energiebereich 0,6 bis 28 MeV vor.

In diesem Energiebereich sind bei solaren Ausbrüchen hohe Protonenintensitäten im Polargebiet der Erde zu erwarten.

#### C.3.4 Auswertung

S.C. Freden

Der nach dem erfolgreichen Start eines Satellitenexperimentes im Strahlungsgürtel zu erwartende hohe Datenfluss stellt die Experimen-

tatoren vor besondere Probleme. Die Daten können fast ausschliesslich nur mit Hilfe von Grossrechenanlagen bewältigt werden. Auch dann können die Daten nur nach wenigen wichtig erscheinenden Gesichtspunkten gesichtet und ausgewertet werden. Zur Lösung dieser Aufgaben sind erste Vorbereitungen angelaufen.

Am Institut wurde von Dr. S.C. Freden während seiner Gastzeit die Auswertung der Messdaten von Omnidirektionalzählern, die mit einem US Air Force-Satelliten (1964 - 45 A) geflogen wurden, vorgenommen. Als wichtigstes Ergebnis konnte gezeigt werden, dass die Protonen im inneren Strahlungsgürtel durch mindestens zwei Erzeugungsprozesse entstehen.

#### C.3.5 Veröffentlichungen und Berichte

S.C. Freden, J.B. Blake, G.A. Paulikas

Spatial Variation of the Inner Zone Trapped Proton Spectrum

J.G.R. 70, 3113, (1965)

G. Haerendel

Protonen im inneren Strahlungsgürtel  
Fortschr. Phys. 12, 271-346 (1964)

G. Haerendel

On the Violation of the Second and Third Adiabatic Invariants J. Geophys. Res. 71, No. 3 (1966)

Bei der ESRO wurden die folgenden Experimente angemeldet: Nr. S-103

Titel: Measurements of the Energy Spectrum of the Protons in the Region of about 1 to 100 MeV  
Datum der Anmeldung: 1. 6. 1965

Nr. S-104

Titel: Measurements of the Omnidirectional Fluxes of Electrons and Protons. Protons 6-120 MeV, Electrons 0,3-3 MeV Datum der Anmeldung: 1. 6. 1965

#### C.4 Kosmische Strahlung

##### C.4.1 Einführung

Die Registrierung der energiearmen Komponente der kosmischen Strahlung, die im Rahmen des Instituts für Physik begonnen worden waren, sind fortgeführt worden, nachdem die Gruppe vom Institut für Physik übernommen wurde. Bei diesen Messungen über den Umweg von sekundären Neutronen, die in der Messapparatur erzeugt werden, werden die energiearmen Primärteilchen der kosmischen Strahlung mit Hilfe von sog. Standard-Simpson-Piles erfasst. Diese Messungen hatten in den vergangenen Jahren insbesondere im Zusammenhang mit dem Programm für das "Internationale Jahr der ruhigen *Sonne*" (IQSY) Bedeutung.

##### C.4.2 Messung der energiearmen Komponente der kosmischen Strahlung

B. Meyer

Auf der Zugspitze und in München-Freimann werden solche Dauerregistrierungen der kosmischen Strahlung durchgeführt. Die beiden Stationen sind Glieder eines weltweiten Netzes von etwa 50 ähnlichen Stationen. Die Messungen auf der Zugspitze sind wegen der Höhenlage (3000 m) besonders wertvoll. Die extremen Verhältnisse auf einem Berggipfel machen die Betreuung der Zugspitzapparatur, die von Technikern zweimal wöchentlich durchgeführt wird, recht schwierig.

Die Stundenwerte der kosmischen Strahlung werden zusammen mit den Luftdruckwerten auf Lochkarten gegeben und mit Hilfe der IBM 7090 auf Luftdrucknormalwert korrigiert, sortiert und gedruckt.

##### C.4.3 Entwicklung einer neuen Messapparatur

J. Loidl, F. Melzner, K. Sigritz

Für die neue Messhütte auf der Zugspitze wurde eine neue elektronische Anlage mit Transistoren gebaut, die die alte mit Röhren betriebene Anlage ersetzen soll. Die Hauptvorteile dieser Umstellung sind der Betrieb aus Akkumulatoren, deren Pufferwirkung die Anlage weitgehend unabhängig von Netzstörungen auf der Zugspitze macht, sowie die erhöhte Sicherheit und Zuverlässigkeit, die besonders wichtig bei der beabsichtigten Datenübertragung durch Fernschreiber ist.

##### C.4.4 Veröffentlichungen und Berichte

Die Neutronendaten der kosmischen Strahlung werden monatlich als

"Neutron Monitor Data" veröffentlicht.

Die Daten werden an die vier Weltzentren Stockholm, Moskau, Tokyo und Minnesota geschickt, wo sie mit den Daten anderer Stationen in folgenden Sammelbänden zusammengefasst werden:

1. Six-Monthly Catalogue of Data in IGY World Data, Center A, Cosmic Rays  
National Academy of Sciences, Washington 25, D.C.

2. IQSY Instruction Manual, Cosmic Ray Cables, IQSY Committee London

3. National Committee for the International Geophysical Year Science Council  
of Japan, Cosmic Rays Ueno Park, Tokyo, Japan

Ausserdem werden die "Neutron Monitor Data" an ca. 30 interessierte Institute direkt geschickt.

## C.5 Ultra-Violett-Spektroskopie

G. Boldt, W. Hofmann, F. Labuhn, D. Müller, J. von Specht, K.-H. Stephan

### C.5.1 Einführung

Das Labor für UV-Spektroskopie ist bereits 1958 im Rahmen des Max-Planck-Instituts für Physik aufgebaut worden mit dem Zweck, spektroskopische Grundlagenforschung im UV-Spektralbereich zu betreiben. Die Ursache für diese Gründung war, dass, bedingt durch die Entwicklung der Plasmaphysik, ein Bedarf an quantitativen Messmethoden und Daten auf dem Gebiet der UV-Spektroskopie entstanden war, der mit dem damals vorliegenden Material nicht gedeckt werden konnte. Zu den vordringlichsten Aufgaben gehörte die Entwicklung von Intensitätsnormalen, die Messung von Übergangswahrscheinlichkeiten und die Untersuchung von Druckverbreiterungseffekten an Spektrallinien.

Da erfahrungsgemäss die einzelnen Arbeiten auf diesem Sektor durchschnittlich etwa zwei Jahre in Anspruch nehmen, wenn akzeptable Präzisionen erreicht werden sollen, war es von vornherein klar, dass es im allgemeinen nicht möglich ist, spezielle und oft spontan auftretende Interessen "auf Abruf" zu befriedigen. Aus diesem Grunde wurde die Arbeit des UV-Labors auf eine relativ unabhängige Basis gestellt mit der Absicht, im Laufe der Zeit ein möglichst umfangreiches Material zu sammeln, welches dann im Bedarfsfalle als Hilfsmittel bei der Interpretation beobachteter Spektren, aber auch als Vergleichsmaterial zur Prüfung von theoretischen Methoden zur Bestimmung von Übergangswahrscheinlichkeiten und Druckverbreiterungseffekten zur Verfügung steht.

Die im Laufe der letzten Jahre zu beobachtenden Fortschritte auf dem Gebiet der ultraviolett-spektroskopischen Beobachtungen kosmischer Objekte lassen den Schluss zu, dass mit Sicherheit in einigen Jahren Messresultate vorliegen werden, die nicht mehr allein durch Identifikationen und Intensitätsabschätzungen hinreichend ausgewertet werden können, sondern ebenfalls ein umfangreiches spektroskopisches Datenmaterial für eine ausschöpfende Auswertung benötigen.

Aus diesem Grunde wird das Programm der Laborspektroskopie auch im Rahmen des Institutes für extraterrestrische Physik, dem das UV-Labor im Zuge einer Umorganisation des Institutes für Physik zu Beginn des Jahres 1965 angeschlossen worden ist, in vollem Umfang weitergeführt.

Parallel dazu ist während des letzten Jahres auch mit der Vorbereitung einiger extraterrestrischer Weltraumexperimente im Bereich der UV-Spektroskopie begonnen worden. Es handelt sich dabei zunächst um ein Experiment, welches im Mai 1966 während einer Sonnenfinsternis ausgeführt werden und gewissen Aufschlüsse über die chromosphärische IN-Strahlung liefern soll, und ferner um ein Experiment, das die Breitbandphotometrie heller Sterne zum Ziel hat und für Ende 1967/Anfang 1968 vorgesehen ist. Schliesslich gehört die Mitarbeit am deutsch-niederländischen Projekt eines grossen astronomischen Satelliten (GERNELAS) zum Aufgabenbereich des LTV-Labors. Im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt werden die genannten extraterrestrischen Experimente in Gemeinschaftsarbeit mit dem DVL-Institut für Physik der Atmosphäre in München-Riem (UV-Gruppe des DVL-Institutes, Dr. Rossbach) ausgeführt.

#### C.5.2 Laboruntersuchungen

F. Labuhn, W. Hofmann, D. Müller, J. von Specht

Im Bereich der Laborphysik sind während des letzten Jahres vier Arbeiten weitergeführt bzw. in Angriff genommen worden, die alle die Messung von Übergangswahrscheinlichkeiten im Spektralbereich zwischen 1000 und 2000 Å zum Gegenstand haben, und zwar von Übergangswahrscheinlichkeiten

1. des neutralen Sauerstoffes (F. Labuhn)
2. des neutralen Siliziums (W. Hofmann)
3. des neutralen Schwefels (D. Müller)
4. der einfach ionisierten Erdalkalien (J. von Specht)

Alle Messungen werden in Emission ausgeführt, bestehen also im wesentlichen aus absoluten Intensitätsmessungen und aus Teilchendichtemessungen. Als Lichtquellen dienen wandstabilisierte thermische Lichtbögen. Während für die absoluten Intensitätsmessungen in dem genannten Spektralbereich bereits vor einigen Jahren eine allgemein anwendbare Methode entwickelt worden ist, stellt die reproduzierbare Herstellung von Plasmen der zu untersuchenden Elemente und die Teilchendichtemessung das eigentliche Problem dieser Arbeiten dar, dessen Lösung, bedingt durch das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Ele-

mente im Bogenplasma (Entmischungseffekte, chemische Effekte usw.) in jedem einzelnen Fall die Entwicklung eines speziellen Verfahrens erfordert.

Alle genannten Arbeiten werden im kommenden Jahr weitergeführt.

### C.5.3 Vorbereitung von Raketen- und

Satellitenexperimenten G. Boldt, K.-H. Stephan, DVL: F. Dolainsky, A.

Roszbach

#### C.5.3.1 Chromosphärische Strahlung bei 1500 und 1800 Å

Das erste Raketenexperiment wird am 20.5.1966 während einer Sonnenfinsternis in Griechenland (Euboea) ausgeführt werden und hat zum Ziel, den Ursprung der solaren (kontinuierlichen) Strahlung in der Umgebung von 1500 und 1800 Å zu lokalisieren. Dies soll in der Weise geschehen, dass mit Hilfe je eines Experimentes während der Sonnenfinsternis und danach für jede der beiden Wellenlängen ein Intensitätsverhältnis gemessen wird, aus welchem dann berechnet werden kann, aus welcher "Höhe" der Chromosphäre die betreffende Strahlung vorzugsweise emittiert wird. Der Prototyp eines entsprechenden Monochromators ist im Dezember 1965 fertiggestellt worden.

#### C.5.3.2 Breitbandphotometrie eines Sternes

Für Ende 1967/Anfang 1968 ist ein weiteres spektroskopisches Raketenexperiment geplant, in welchem die spektrale Intensitätsverteilung eines hellen Sternes im Bereich zwischen 1100 und 3000  $\text{Å}$  mit einer Auflösung von ca. 100  $\text{Å}$  absolut gemessen werden soll. Das hierfür zu entwickelnde Instrument, eine Kombination aus einem Cassegrain-Teleskop und einem Breitbandphotometer, soll mit einer stabilisierten Rakete gestartet werden. Es ist vorgesehen, für die Entwicklung eines Lagerungssystems zur Stabilisierung der Rakete einen Auftrag an die Industrie zu vergeben.

Natürlich ist die Voraussetzung für die absolute Intensitätsmessung, dass das Instrument kalibriert werden kann. Aus diesem Grunde ist bereits Anfang 1965 mit dem Bau einer Apparatur begonnen worden, die ein paralleles UV-Lichtbündel absolut bekannter Intensitätsverteilung (ca. 10 % Unsicherheit) mit 30 cm Durchmesser erzeugen kann. Mit Hilfe dieser Apparatur wird dann das Instrument kalibriert werden.

C.5.3.3 Grosser astronomischer Satellit der ESRO (GERNELAS-Projekt) G. Boldt, L.

Haser, K.-H. Stephan, E. Trefftz, DVLR: F. Dolainsky

Im Rahmen der deutsch-niederländischen Arbeitsgemeinschaft zur Projektierung eines grossen astronomischen Satelliten (GERNELAS) ist der UV-Gruppe des Instituts für extraterrestrische Physik zusammen mit der UV-Gruppe des DVLR-Instituts für Physik der Atmosphäre die Aufgabe übertragen worden, das Problem der absoluten Intensitätskalibrierung und alle diejenigen Fragen zu bearbeiten, die sich bei der Auswahl geeigneter UV-Detektoren, der detaillierten Untersuchung ihrer Eigenschaften sowie bei der Prüfung der UV-reflektierenden Belegungen von Spiegel- und Gitteroberflächen ergeben. Weiterhin ist Mitarbeit bei der Zusammenstellung des wissenschaftlichen Programms erforderlich.

Für die Ende 1965 abgeschlossene GERNELAS-Studie sind zu dem genannten Aufgabenkreis entsprechende Beiträge geliefert worden. Insbesondere wird darin vorgeschlagen, das Problem der absoluten Intensitätskalibrierung in der Weise zu lösen, dass durch spektroskopische Raketenexperimente die spektrale Intensitätsverteilung eines geeigneten Sternes absolut gemessen wird und dieser Stern dann zur Kalibrierung des grossen astronomischen Satelliten (LAS) verwendet wird.

Das unter C.5.3.2 beschriebene Experiment könnte demnach bereits als erster Schritt in dieser Richtung gelten.

C.5.3.4 UV-Spektrum von Kometen

L. Haser und F. Melzner führten die Entwicklung eines Spektrographen, mit dem das UV-Spektrum von Kometen beobachtet werden soll, für den Einbau in Höhenraketen fort (Gittertheorie und Bildfehlerrechnungen, L. Haser). Im Zusammenhang mit derartigen Kometenbeobachtungen wurde von L. Haser die räumliche Umorientierung einer anfangs spinstabilisierten Rakete bei Spinverminderung rechnerisch bestimmt. Hierbei wirkte auch das Institut für Steuer- und Regeltechnik der DVLR mit.

C.5.4 Veröffentlichungen und Berichte

A. Becker

Untersuchungen der Eigenschaften einiger VUV-Luminiszenzstoffe  
Laborbericht MPI-PA 18/63 (August 1963)



G. Boldt

Messung der Absorptionssoszillatorenstärken von CI-Multipletts **im** Bereich zwischen 1100 und 1800

Z. Naturforschg. 18a, 1107 (1963)

G. Boldt, K.-H. Stephan

Die Schwarzschild-Exponenten einiger Photoemulsionen

Laborbericht MPI-PA 19/63 (Dezember 1963)

G. Boldt, W.S. Cooper

Messung des Linienflügelprofiles der Wasserstofflinie Lyman  $\alpha$  Z.

Naturforschg. 19a, 968 (1964)

G. Boldt

Measurement of Absorption Oscillator Strengths and Line Broadening in the Wavelength Region from 1000 to 2000  $\text{\AA}$

J. Quant. Spectr. Radiative Transfer 5, 91 (1965)

G. Boldt, K.-H. Stephan, DUR: F. Dolainsky, D. Mörl, A. Rossbach GERNELAS-

Design-Study (1965)

Intensity Calibration and UV-Test Programme

F. Labuhn

Offene Photomultiplier für den kurzwelligen UV-Spektralbereich Laborbericht

(Januar 1963)

F. Labuhn

Messung der Absorptionssoszillatorenstärken von NI-Multipletts im Wellenlängenbereich zwischen 1000 und 1800

Z. Naturforschg. 20a, 998 (1965)

Bei der ESRO wurden die folgenden Experimente angemeldet:

Nr. R-130

Titel: Broadbandphotometry of a Bright Star in the Wave-length-range from 1050 to **3300  $\text{\AA}$**

Datum der Anmeldung: September 1965

Nr. R-114

Titel: Measurement of the Chromosphere Continuum in the Neighbourhood of 1500 and 1800

Datum der Anmeldung: 1. 4. 1965

## C.6 Röntgen- und Gammastrahlung kosmischer Objekte

### C.6.1 Einführung.

Die von kosmischen Objekten ausgesandte Röntgen- und Gammastrahlung kann uns ganz neuartige Aufschlüsse über die sich dort abspielenden physikalischen Vorgänge und die Prozesse ihrer Entstehung geben nachdem wir am Erdboden nur den optischen und "Radiowellen"-Bereich des elektromagnetischen Spektrums empfangen konnten. Wegen der starken Absorption der Erdatmosphäre kann die auf die Erde einfallende kosmische Röntgen- und Gammastrahlung nur mit Hilfe extraterrestrischer Messmethoden (Ballone, Höhenforschungsraketen, Satelliten) registriert werden..

Während im Bereich der Röntgenstrahlen bereits eine gewisse Anzahl neuer Objekte entdeckt worden ist, hat man bei Energien der Photonen oberhalb etwa 100 MeV noch keine Punktquellen, aber auch noch nicht eindeutig eine isotrope Strahlung nachweisen können, da die erwarteten Intensitäten ausserordentlich gering sind. Hinzu kommt, dass die Erdatmosphäre bereits in dünnen Schichten zur Erzeugung atmosphärischer Photonen aus der kosmischen Ultrastrahlung Anlass gibt und so die Messungen erheblich beeinträchtigt. Die Messung von Photonen höherer Energie stellt deshalb an den Experimentator erhebliche Anforderungen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind Messungen sowohl im Röntgen- als auch im Gammabereich oberhalb etwa 100 MeV in Vorbereitung.

### C.6.2 Laboruntersuchungen

#### C.6.2.1 Röntgenbereich

##### **W. Schmid**

Zur Entwicklung von Nachweisgeräten für Röntgenstrahlung wurde im Frühjahr 1966 eine Röntgenanlage bestehend aus Hochspannungsgerät (bis 60 kV zerlegbarer Röntgenröhre und einem Siemens Kristalloflex 4-Monochromator in Betrieb genommen. Zusammen mit einem Pumpstand und einer Gasmisch-Batterie für verschiedene Edelgase und Methan, ermöglicht es die Anlage spektrale Empfindlichkeit von Scintillations- und speziell Proportionalzählern auszumessen. Zum Eichen wurde eigens ein Proportionalzähler entwickelt.

In Zusammenarbeit mit dem DVLr-Institut für Meteorologie, München-Riem, wurden LiF-Fenster für UV Ionisationskammern einer Röntgendosis ausgesetzt um den Einfluss der Strahlung auf die Kristallstruktur und die Transparenz zu untersuchen.

### C.6.2.2 Gammaquantenbereich

D. Hovestadt, H. Mayer, K. Mücke, H. Sommer

Im Jahre 1964 begannen Voruntersuchungen für ein Experiment zur Messung kosmischer Gammaquanten im Bereich von 100 MeV bis 10 GeV. Abschätzungen der Grösse des erwarteten isotropen Gammaflusses sowie der Intensität von Punktquellen kosmischer Objekte ergaben Forderungen bezüglich der Winkelauflösung und der Empfindlichkeit eines sinnvollen Messinstruments. Als Instrumente, die die gestellten Anforderungen erfüllen, kommen vor allem grossflächige Funkenkammern in Betracht. So wurde zunächst eine getriggerte Funkenkammer mit photographischer Registrierung als Laborversuch. aufgebaut und durch die Messung von Mesonen erprobt.

Im Hinblick auf geplante Satellitenexperimente wurde im Jahr 1965 die Entwicklung einer digitalisierten Drahtfunkenkammer durchgeführt. In dieser Kammer wird der Ort des Funkenüberschlags mit Hilfe von gekreuzten Drähten, die durch Magnetkerne geführt sind, festgestellt. Die in den Magnetkernen gespeicherte Orts- und Richtungsinformation der materialisierten Gamma-Quanten lässt sich über ein Telemetriesystem zum Boden übermitteln.

Als weitere Entwicklungen seien ein Hochspannungstrigger sowie eine Reihe von Hilfsschaltungen erwähnt, die sich durch geringen Strombedarf und die ausschliessliche Verwendung von Halbleiterbauelementen auszeichnen.

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde ein Gas-Cerenkov-Zähler angefertigt (K. Mücke;). Die Eigenschaft dieses Zählers, hochrelativistische Teilchen von langsameren unterscheiden zu können, soll bei der Messung kosmischer Elektronen zur Verkleinerung des hohen Protonenuntergrundes ausgenutzt werden. Die Ansprechwahrscheinlichkeit und die Impulshöhen-verteilung des mit Schwefelhexafluorid gefüllten Zählers konnten am Deutschen Elektronensynchrotron in Hamburg untersucht werden .

### C.6.3 Vorbereitung von Ballon- und Satellitenexperimenten

#### C.6.3.1 Röntgenbereich

W. Schmid

Für Untersuchungen im Röntgenbereich wurde im Januar 1965 in Zusammenarbeit mit dem DVLIR-Institut für Meteorologie, München-Riem,

mit dem Entwurf eines Spektrometers (Proportionalzähler mit Impulshöhenanalyse) begonnen, das gegebenenfalls an Bord des deutschen Satelliten 625 A2 geflogen werden soll. Mit Hilfe dieses Experiments soll das solare Röntgenspektrum in grosser spektraler Auflösung während Eruptionen messen. Vorbereitende Untersuchungen mit Proportionalzähler-Prototypen werden durchgeführt.

Seit September 1965 laufen Rechnungen über die Möglichkeit eines Teleskop-Spektrometers im Röntgenwellenbereich.

#### C.6.3.2 Gammaquantenbereich

D. Hovestadt, H. Mayer, M.. Sommer

Ein Ballonexperiment mit einer grossflächigen Drahtfunkenkammer ist in Vorbereitung. Die Anordnung soll in etwa 35 km Höhe geflogen werden. Neben einer Aussage über das Energiespektrum atmosphärischer Gammaquanten soll die Intensität von geeigneten Punktquellen bestimmt werden, die sich vom isotropen Untergrund des atmosphärischen Gammaflusses herausheben. Weiterhin wurde nach einem Vorschlag von Prof. G. Occhialini mit Gruppen in Mailand und Saclay (Dr. J. Labeyrie) das Konzept eines kombinierten Elektronen-Gamma-Satellitenexperimentes entworfen (Projekt CARAVAN). Eines der Hauptprobleme dieses Experimentes liegt in der sicheren Identifizierung von Elektronen und Gammaquanten aus dem Hintergrund der komplexen kosmischen Strahlung. Zur Vorbereitung des Experimentes sollen zwei verschiedene Systeme der Digitalisierung der Funkenkammer verglichen werden. Diese Digitalisierung, die ohne Verlust an wesentlichen Informationen erfolgen muss, wird von der Gruppe in Saclay mit Hilfe eines Vidicons und in München mit der oben erwähnten Drahtfunkenkammer durchgeführt.

#### C.6.4 Veröffentlichungen und Berichte

R. Lüst

Theoretical Aspects of Celestial Gamma Rays

ESRO-Report - in press

ESRO-Summer-School Alpbach, July/August 1965

(Electromagnetic Radiation from Outer Space)

Bei der ESRO wurde das folgende Experiment angemeldet:

Nr. S-111

Titel: A Multi-Purpose Detector for the Study of Electromagnetic and Nuclear Events  
(CARAVAN-Proposal)

Datum der Anmeldung: 25. 11. 1965

## C.7 Wissenschaftliche Arbeiten aus anderen Gebieten

### C.7.1 Einführung

Eine Reihe von theoretischen Arbeiten waren mit Fragen beschäftigt, die zwar nicht unmittelbar auf die bisher erwähnten Vorhaben führen, jedoch müssen sie doch damit im Zusammenhang gesehen werden. Sie beschäftigen sich mit Problemen der Sonnenatmosphäre, des solaren Windes und der Grenzfläche zwischen solarem Wind und Erdmagnetfeld.

Eine andere Gruppe von Arbeiten betraf mehr allgemeine Probleme der Weltraumforschung. Schliesslich wurden auch eine Reihe von mathematischen Problemen behandelt, die sich aus anderen theoretischen Arbeiten ergaben.

### C.7.2 Sonnenatmosphäre, solarer Wind und Magnetopause

R.-H. Giese, G. Haerendel, R. Lüst, W. Pilipp, R. Weber, M. Scholer

In einer Untersuchung von R.-H. Giese und R. Lüst wurde die Möglichkeit physikalisch sinnvoller Beobachtungen des interplanetaren Plasmas, des sonnenabgewandten Teiles der Magnetosphäre und des Zodiakallichtes von einem Beobachtungsgerät in der Nähe des Mondes oder der Mondbahn diskutiert.

In einer inzwischen abgeschlossenen Diplomarbeit von W. Pilipp wurde die geometrische Gestalt der Grenzfläche zwischen solarem Wind und Erdmagnetfeld auf der sonnenabgewandten Seite mit Hilfe eines physikalisch vereinfachten Modelles numerisch behandelt.

Eine weitere Diplomarbeit (R. Weber) befasst sich mit dem Parker-Modell des solaren Windes, das auf die Äquatorialebene der Sonne begrenzt ist. Die Lösungen der entsprechenden hydrodynamischen Gleichungen zeigen, dass sich an der Basis der Korona vorgegebene Plasma-inhomogenitäten nur bis zu einer Entfernung von wenigen Sonnenradien fortpflanzen.

Die Ausbreitung von magnetohydrodynamischen Stosswellen in der solaren Atmosphäre wurde im Hinblick auf das Problem der chromosphärischen Spiculen und der Aufheizung der Chromosphäre und Korona untersucht. Insbesondere wurde dabei der Einfluss eines vertikalen Magnetfeldes auf die Ausbreitungsrichtung und den Aufsteilungsprozess diskutiert. Als referierende wissenschaftliche Arbeit schrieb G. Haerendel das Kapitel "Interplanetarer Raum" für die Neuausgabe des Landolt-Börnstein.

### C.7.3 Allgemeinere Fragen der Weltraumforschung

R.-H. Giese, H. Göllnitz

In Zusammenarbeit mit der Bölkow-Entwicklungen K.G. hat H. Göllnitz die Magnetfeldstabilisierung eines Satelliten mit Hilfe eingebauter Permanentmagnete und ferromagnetischer Dämpferstäbe eingehend untersucht. Diese Arbeit wird fortgeführt.

R.-H. Giese verfasste das Kapitel über Bahnbestimmung und-verfolgung künstlicher Satelliten in Groves (Hrsg.) "Dynamics of Rockets and Satellites". Der Band I des Hochschultaschenbuches "Methoden der Weltraumforschung" von R.-H. Giese befindet sich zur Zeit im Druck.

### C.7.4 Mathematische Probleme

H. und H. Göllnitz

Zur *Unterstützung* der laufenden Institutsarbeiten wurde eine Reihe von Rechenverfahren und Programmen entwickelt (H. und H. Göllnitz). Es handelt sich u.a. um Ausgleichsrechnungen für die Auswertung von physikalischen Messreihen, komplexe Eigenwertprobleme und verschiedene Integrationsprogramme.

### C.7.5 Veröffentlichungen und Berichte

R. G. Athay

Theoretical Line Intensities IV, Some Functions and Equivalent Widths in press

R. G. Athay

Radiative Energy Loss from the Solar Chromosphere and Corona  
in press

R. G. Athay

Relative Abundances of Elements in the Solar Corona  
in press

H. Föppl, R.-H. Giese

Über das Arbeitsgebiet des Max-Planck-Institutes für extraterrestrische Physik in Garching bei München  
Sciences et Industries Spatiales, 5-6, 41 (1965)

R.-H. Giese

Fundamentals of Satellite Tracking and Orbit Determination Chapter 5 in  
Groves (ed.) Dynamics of Rockets and Satellites S. 113-139, Amsterdam 1965

R.-H. Giese, R. Lüst

Exploration of the Interplanetary Medium from the Lunar and Cislunar Space  
Erscheint in: F.J. Malina (ed.) Proceedings of the First Lunar International  
Laboratory Symposium: Research in the Geosciences and Astronomy, XVIII  
International Astronomical Congress, Athens 1965, Springer Verlag Wien

R.-H. Giese

Optische Bahnvermessung: IV. Lehrgang für Raumfahrtforschung, Band •Beitrag 203,  
Göttingen 1965

R. -H. Giese

Methoden der Weltraumforschung I, Physikalisch-Technische Voraussetzungen  
BI-Hochschultaschenbuch, Mannheim, im Erscheinen (1966)

G. Haerendel

Interplanetarer Raum, 5.233-253 in Landolt-Börnstein  
Neue Serie VI: Astronomie, Astrophysik und Weltraumforschung  
Hrsg: H.H. Voigt, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1965

E. Lüscher, R.C. Godwin

Desorption Energies of Gold and Copper Deposited on a Clean Tungsten Surface  
Surface Science, 3, 42 (1965)

R. Lüst

Eindrücke von einer Reise in die Sowjetunion - Gegenbesuch einer Delegation der MPG  
bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR Sonderdruck aus den Mitteilungen der  
MPG, Heft 1-2, 55-63 (1964)

R. Lüst

Introduction to Plasma Physics  
Estratto da Rendiconti della Scuola Internazionale di Fisica "Enrico Fermi"  
XXIV Corso, 7-22 (1964)

R. Lüst

Solar Corona and Interplanetary Medium  
Estratti da Rendiconti della Scuola Internazionale di Fisica "Enrico Fermi"  
XXIV Corso, 167-180 (1964)

R. Lüst

Weltraumforschung in Europa und Deutschland  
Sterne und Weltraum, Jahrgang 3, Nr. 89, Aug.-Sept. 1964, 200-202 Verlag Bibliograph.  
Institut Mannheim

R. Lüst

Die gegenwärtigen Probleme der Weltraumforschung  
Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, 32. Jahrgang, 1964, Heft 3  
Verlag R. Oldenburg, München 1964  
VDI-Verlag GmbH Düsseldorf  
Mitt. der Alexander-von-Humboldt-Stiftung 6, 15-33 (1963)

R. Lüst, L. Biermann

The Problem of the Plasma Flux and the Magnetic Fields in Interplanetary Space  
Astrophysica Norvegica, Vol. IX, No.6, Oct. 1964

Det Norske Videnskaps-Akademi, Oslo

Edited by the Institute of Theoretical Astrophysics, University of Oslo,  
Universitetsforlaget

R. Lüst

Plasmaströmungen im interplanetaren Raum  
Sonderdruck aus dem Jahrbuch der WGLR 1964

R. Lüst

The European Space Research Organisation  
Reprint from Science, July 23, 1965 vol. 149,  
No. 3682, 394-397

R. Lüst

The European Space Research Organisation (ESRO) Nature,  
Mai 1964

R. Lüst

Die Europäische Organisation für Weltraumforschung und ihre Pläne  
Die Atom-Wirtschaft, 5, 207 (1964)

R. Lüst

Stellar and Solar Magnetic Fields (IAU-Symposium Nr. 22)  
North Holland Publ. Co., 1965

R. Lüst

From an Astronomer's Diary  
The State of Soviet Science, MIT Press, Cambridge, Mass. (1965)

R. Lüst, M. Scholer

Kompressionswellen in einer isothermen Atmosphäre mit vertikalem Magnetfeld  
MPI-PAE, im Druck

R. Lüst

Session on Plasmas - Geophysical and Astrophysical Scale Plasmas - Geophysical and Astrophysical  
Scale  
Reprinted from R.E. Burgess (Editor), Progress in Radio Science 1960-1963, Vol III  
Radioelectronics, Elsevier Publ. Co., Amsterdam 1965

R. Lüst

Aktuelle Probleme der Weltraumforschung  
Forschung und Wirtschaft, Partner im Fortschritt,  
SV-Schriftenreihe, 14. Jahrgang, 1965/IV  
Sonderdruck aus "Ruperto-Carola", Mitteilungen der Freunde der Studentenschaft der  
Universität Heidelberg e.V., Band 37, Juni 1965, XVII. Jahrgang  
Sonderdruck Universitas, Heft 7, Juli 65, 20. Jahrgang



R. Lüst

Opening Lecture an the Plans of the European Space Research Organisation  
Introduction to Solar Terrestrial Relations  
Astrophys. and Space Science Library, Reprint D. Reidel Publ. Co.,  
Dordrecht, Holland, Edited by J. Ortner and H. Maseland, 1-7, 1965

R. Lüst

Introduction to Plasma Physics  
Introduction to Solar Terrestrial Relations  
Astrophys. and Space Science Library, Reprint D. Reidel Publ. Co.,  
Dordrecht, Holland, Edited by J. Ortner and H. Maseland, 167-180, 1965

R. Lüst

Interplanetary Plasma  
Introduction to Solar Terrestrial Relations  
Astrophys. and Space Science Library, Reprint D. Reidel Publ. Co.,  
Dordrecht, Holland, Edited by J. Ortner and H. Maseland, 181-209, 1965

R. Lüst

Extraterrestrische Physik, Über Arbeiten am Institut für extraterrestrische Physik am  
Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik Die Naturwissenschaften 19, 525 (1965)

R. Lüst

Die Erforschung des Planetensystems und die Mondlandung Erschienen in  
'Die Wissenschaft und die Zukunft des Menschen" Piper Verlag München,  
Herbst 1965

W. Pilipp

Modellrechnung zur geometrischen Gestalt der Grenzfläche der Magnetosphäre  
(Diplomarbeit)  
MPI-PAE 16/65, November 1965

M. Scholer

Über die Ausbreitung von Kompressionswellen in einer isothermen Atmosphäre  
mit vertikalem Magnetfeld  
MPI-PAE 9/65, Juli 1965

Einweihung des Instituts für extraterrestrische Physik am Max-Planck-Institut für  
Physik und Astrophysik in Garching bei München am 15. Februar 1965  
Mitteilungen der Max-Planck-Gesellschaft, Heft 4 (1965) S. 180-205

## C.8 Technische Entwicklungen

### C.8.1 Einführung

Der grösste Teil der technischen Entwicklungen wurde bereits bei den Berichten über die verschiedenen Experimente genannt. Hier soll deshalb nur über einige unabhängige Arbeiten berichtet werden.

### C.8.2 Zeitgeber

F. Melzner, J. Stöcker, P. Parigger

Für die Wolkenexperimente, die mit der Rubis-Rakete geplant sind, wird ein extrem kleiner Zeitgeber von langer Laufzeit benötigt. Die uns bekannten amerikanischen Systeme waren zu gross. Nach anfänglichen Schwierigkeiten gelang die Entwicklung eines elektrolytischen Zeitgebers mit hoher Betriebssicherheit. Die Zeitunsicherheit von etwa  $\pm 3\%$  sollte noch verkleinert werden, für unsere augenblicklichen Versuche ist diese Genauigkeit aber ausreichend. Bei den nun folgenden beschriebenen 3 Raketen wurden diese Zeitgeber erfolgreich verwendet.

### C.8.3 Raketenköpfe für Centaure und Dragon F. Melzner, J. Stöcker

Bei früheren Experimenten mit französischen Raketen (Centaure, Dragon) wurden die Spitzen vollständig von einer französischen Firma instrumentiert. Das war sehr kostspielig und zeitraubend. Für die Expedition November 1965 wurden die Spitzen deshalb in Garching konstruiert, gebaut (von der Werkstatt des Instituts für Plasmaphysik) und ausgerüstet. Mit Berücksichtigung aller Arbeitsstunden waren die Kosten etwa 80% niedriger gegenüber dem Angebot der französischen Firma. Jede dieser Raketen trug zwei verschiedene Verdampfungsexperimente, die nacheinander gezündet wurden. Der erste Satz wurde von einem beschleunigungs- ausgelösten Zeitschalter gezündet (Raymond), der zweite Satz von den genannten elektrolytischen Zeitgebern in Folgeschaltung. Es liefen jeweils 2 Zeitgeber redundant. Die Auslösung erfolgte aber in allen Fällen vom Zeitgebersatz 1.

### C.8.k Raketenkopf für die Rubis-Rakete

F. Melzner, J. Stöcker, P. Parigger

Die Rakete Rubis 3 soll im April 66 die bisher komplizierteste

Nutzlast in eine Höhe von etwa 2000 km tragen. Diese Nutzlast enthält die schon im einzelnen genannten Experimente.

1. Erzeugung von zwei Zonenwolken
2. Elektronendichtemessung

3. Zwei verschiedene Messgeräte für die Protonenenergien im inneren Strahlungsgürtel  
Um die anderen Experimente nicht zu gefährden, müssen die Ba-Verdampfer ausgeschleudert werden. Bei der Zündung müssen sie etwa 1 km von der Rakete entfernt sein und müssen deshalb ihr eigenes Zündsystem mitnehmen.

Die Telemetrie wird auf der Empfangsseite von der französischen Weltraumbehörde CNES durchgeführt. Der fliegende Teil der Telemetrie wurde von der Firma Vector USA geliefert, allerdings im Institut zur Erhöhung der Betriebssicherheit etwas umgebaut. Die Telemetrieantennen wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Kathrein entwickelt. Ende Januar 1966 sollen beim Centre National d'Etudes Spatiales in Bretigny die verschiedenen Tests durchgeführt werden.

#### C.8.5 Vakuum-Spektrograph

G. Boldt

Für die spektroskopischen UV-Untersuchungen (C.5.2) stehen zur Zeit eine Reihe von UV-Spektrographen zur Verfügung, mit denen bestenfalls 0,1 Å aufgelöst werden können. Abschätzungen haben gezeigt, dass diese Auflösung für die meisten weiterhin geplanten Arbeiten auf dem Gebiet der Atom-, Ionen- und Molekülspektroskopie nicht mehr hinreichend sein wird. Es ist deshalb geplant, einen 10 m-Gitterspektrographen zu bauen, mit welchem bei einer Dispersion von ca. 0,8 Å/mm eine Auflösung von ca. 0,01 Å erreicht werden kann. Das Gerät soll im Kellergeschoss des für 1966 geplanten Neubaus untergebracht werden. Zur Zeit wird in Zusammenarbeit mit der Konstruktionsabteilung des Instituts für Plasmaphysik an der Konstruktion des Gerätes gearbeitet.

#### C.8.6 Konstruktive Arbeiten

E. Künneth, P. Laeverenz, J. Stöcker

Für alle oben genannten Gruppen wurden 92 verschiedene Geräte entworfen, für die 624 Zeichnungen angefertigt wurden. Zu diesen mechanischen Zeichnungen kommen noch 108 für elektronische Schaltungen.

Es entfallen u.a. auf

Ionenwolken	40	Geräte	mit	173	Zeichnungen	(C.1.2)
Beobachtungsgeräte	28	"	"	158	"	(C.1.3)
Strahlungsgürtel	4	"	"	46	"	(C.3)
Kosmische Strahlung	3	"	"	28	"	(C.4)
Gammastrahlung	3	"	"	18	"	(C.6)
Experiment Rubis				138	"	(C.8.4)

Die Arbeiten für die Gruppe Ionenwolken beliefen sich auf den Entwurf von Emissionstöpfen für Bodenversuche und zum Einbau in Raketen, für Emissionsöfen zu Laboruntersuchungen, sowie die Konstruktion von vollständigen Raketenköpfen mit Experiment und Montierung.

Für die Wolkenbeobachtung wurden 14 Stative für Kameras, Fernseh-kameras und Spektrographen gefertigt, weiter der Aufbau und die Montierung von 2 Spektrographen sowie verschiedene Fassungen und Aufnahmen für optische Systeme.

Für die Gruppe Gammastrahlung wurden u.a. ein Cerenkov-Zähler, ein Eichproportionalzähler und zwei Funkenkammern gefertigt, für die Gruppe Strahlungsgürtel ein Protonenspektrometer, zwei Eichenrichtungen für Messzähler und zwei verschiedene Zählsysteme zur Protonenenergiemessung als grössere Arbeiten.

Das Rubisexperiment umfasst beinahe ein Viertel aller konstruktiven Arbeiten. Ein Hauptproblem dabei war die Entwicklung eines Systems, das es ermöglicht, von einem rotierenden Flugkörper einen Antennendipol von 160 m Gesamtlänge abzuwickeln. Die konstruktiven Arbeiten zu diesem Experiment sind nahezu abgeschlossen.

## D) Raketen- und Satellitenstarts

### D.1 Durchgeführte Starts

Datum	Rakete	Startplatz	Experiment
15. 5. 63	Centaure	Sahara	Bariumwolken
21. 5. 63	"	"	"
14. 2. 64	"	"	Strontiumwolken
15. 2. 64	"	"	"
6. 7. 64	Skylark	Sardinien	Bariumwolken (R-33)
8. 7. 64	"	"	Strontiumwolken (R-33)
27. 11. 64	Centaure	Sahara	Bariumwolken
30. 11. 64	"	"	"
3. 12. 64	Dragon	"	Strontiumwolken
30. 9. 65	Skylark	Sardinien	Bariumwolken (R-33)
2. 10. 65	"	"	" (R-33)
18. 11. 65	Centaure	Sahara	"
19. 11. 65	"	"	"
20. 11. 65	Dragon	"	"

### D.2 Geplante Starts

#### D.2.1 Höhenforschungsraketen

Datum	Rakete	Startplatz	Experiment
April 66	1 Rubis	Sahara	a) Elektronendichtemessung b) Messung von Protonen und Elektronen im Strahlungsgürtel c) Bariumwolken
Mai 66	Centaure	Griechenland	UV-Spektren der Sonne während der Sonnenfinsternis
Juni 66	4 Skylarks	Sardinien	Bariumwolken
Aug. 66	2 Black Brant V B	Ft. Churchill (Kanada)	Bariumwolken
Sept. 66	1 Hike Tomahawk 1 Javelin	Wallops Isld. (USA)	Bariumwolken
April 67	1 Javelin	Brasilien	Vorexperiment für den deutschen Satelliten GRS A
Sommer 67	2 Dragon	Kiruna (Schweden)	Bariumwolken
Aug. 67	2 Centaure	Kiruna	Bariumwolken
Ende 67	2 Dragon	Kiruna	Bariumwolken

D.2.2 Satelliten

<u>Datum</u>	<u>Satellit</u>	<u>Startplatz</u>	<u>Experiment</u>
Mitte 1968	GRS A	Wallops Isld.	Protonen im Strahlungsgürtel
Ende 1968	HFOS A	noch nicht bekannt	Bariumwolken
Mitte 1969	ESSOR	noch nicht bekannt	Solare Protonen

**E. Gesamtverzeichnis der Veröffentlichungen und Berichte**

R. G. Athay

Theoretical Line Intensities IV'' Some Functions and Equivalent Widths im Druck

R. G. Athay

Radiative Energy Loss from the Solar Chromosphere and Corona im Druck

R.G. Athay

Relative Abundances of Elements in the Solar Corona im Druck

A. Becker

Untersuchungen der Eigenschaften einiger VUV-Lumineszenzstoffe Laborbericht

MPI-PA 18/63, August 1963

G. Boldt und K.H. Stephan

Die Schwarzschild-Exponenten einiger Photoemulsionen

Laborbericht MPI-PP. **19/63**, Dezember 1963

G. Boldt

Messung der Absorptionsoszillatorstärken von CI-Multipletts im Bereich zwischen 1100 und 1800 Å

Z. Naturforschung 18a, 1107 (1963)

G. Boldt und W.S. Cooper

Messung des Linienflügelprofiles der Wasserstofflinie Lyman- $\alpha$ .

Z. Naturforschung 19a, 968 (1964)

G. Boldt

Measurement of Absorption Oscillator Strengths and Line Broadening in the Wavelength Region from 1000 to 2000 Å

J. Quant. Spectr. Radiative Transfer 5, 91 (1965)

G. Boldt, K.H. Stephan, DVLR: F. Dolainski, D. Mörl, A. Rossbach GERNELAS Design Study 1965

Intensity Calibration and UV Test Program

H. Föppl, G. Haerendel, J. Loidl, R. Lüst, F. Melzner, B. Meyer und H. Neuss

Experimente mit Erdalkaliwolken in der Ionosphäre

I. Vorbereitung und Durchführung, II. Beobachtungsergebnisse Phys.

Verhandl. S. 115 (1964)

H. Föppl, G. Haerendel, J. Loidl, R. Lüst, F. Melzner, B. Meyer, H. Neuss and E. Rieger

Preliminary Experiments for the Study of the Interplanetary Medium by the Release of Metal Vapor in the Upper Atmosphere MPI-PA 23/64, August 1964

Planetary and Space Science, Vol. 13, 95-114 (1965)

H. Föppl

Ionosphärenexperimente des Max-Planck-Institutes für Physik und Astrophysik

Weltraumfahrt und Raketentechnik 5/6, 139 (1965)

- H. Föppl und R.H. Giese  
Über das Arbeitsgebiet des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik in Garching  
bei München  
Sciences et Industries Spatiales 5-6, 41 (1965)
- H. Föppl, G. Haerendel, J. Loidl, R. Lüst, F. Melzner, B. Meyer, H. Neuss und E.  
Rieger  
Final Report about Experiment R-33 in ESRO Payload IV MPI-PAE  
20/65, Dezember 1965
- S.C. Freden, J.B. Blake and G.A. Paulikas  
Spatial Variation of the Inner Zone Trapped Proton Spectrum J. Geophys.  
Res. 70, 3113 (1965)
- R. H. Giese  
Fundamentals of Satellite Tracking and Orbit Determination Dynamics of  
Rockets and Satellites, Chapter 5, p. 113-139 Edited by G.V. Groves,  
North Holland Publ. Co., Amsterdam
- R.H. Giese  
Optische Bahnvermessung  
IV. Lehrgang für Raumfahrtforschung, Band III, Beitrag 203, Göttingen 1965
- R.H. Giese and R. Lüst  
Exploration of the Interplanetary Medium from the Lunar and  
Cislunar Space  
Erscheint in F.J. Malina (ed.) Proceedings of the First Lunar International Laboratory  
Symposium: Research in the Geosciences and Astronomy, XVth International Astronomical  
Congress, Athens 1965  
Springer Verlag Wien
- R.H. Giese  
Methoden der Weltraumforschung Physikalisch-Technische Voraussetzungen  
BI-Hochschultaschenbuch, Mannheim, im Erscheinen (1966)
- G. Haerendel  
Protonen im inneren Strahlungsgürtel  
Fortschritte der Physik 12, 271-346 (1964)  
Dissertation der Universität München
- G. Haerendel, R. Lüst and E. Rieger  
Ion Cloud Experiment in the Upper Atmosphere  
Vortrag auf dem ESRO-Colloquium Stockholm, 16. - 18. Nov. 1965 Erscheint in Space  
Sci. Rev.
- G. Haerendel  
Interplanetarer Raum (S. 233-253 in Landolt-Börnstein)  
Neue Serie VI: Astronomie, Astrophysik und Weltraumforschung Hrsg. H.H. Voigt,  
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York
- G. Haerendel  
On the Violation of the Second and Third Adiabatic Invariants J. Geophys. Res.  
71, No. 3 (1966)



J. Labeyrie, R. Lüst and G. Occhialini

CARAVAN-Proposal, A Multipurpose Detector for the Study of Electromagnetic and Nuclear Events

F. Labuhn

Offene Photomultiplier für den kurzwelligen UV-Spektralbereich  
Laborbericht Januar 1963

F. Labuhn

Messung der Absorptionsschwingungsstärken von NI-Multipletts im  
Wellenlängenbereich zwischen 1000 und 1800 Å  
Z. Naturforschung 20a, 998 (1965)

E. Lüscher, R.C. Godwin

Desorption Energies of Gold and Copper Deposited on a Clean Tungsten Surface  
Surface Science 3, 42 (1965)

R. Lüst

Eindrücke von einer Reise in die Sowjetunion - Gegenbesuch einer Delegation der  
Max-Planck-Gesellschaft bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR  
Mitteilungen der Max-Planck-Gesellschaft 1-2, 55-63 (1964)

R. Lüst

Introduction to Plasma Physics

R. Lüst

Weltraumforschung in Europa und Deutschland  
Verlag Bibliograph. Institut Mannheim

R. Lüst

Die gegenwärtigen Probleme der Weltraumforschung  
Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, 32. Jahrgang 1964 Heft 3,  
Verlag von R. Oldenbourg, München 1964 VDI-Verlag GmbH Düsseldorf  
Mitteilungen der Alexander von Humboldt-Stiftung 6, 15-33 (1964)

R. Lüst, L. Biermann

The Problem of the Plasma Flux and the Magnetic Fields in Interplanetary Space  
Astrophysica Norvegica, Vol. IX, No. 6, Oct. 1964; Det Norske Videnskaps-Akademi, Oslo; Edited  
by the Institute of Theoretical Astrophysics, University of Oslo, Universitetsforlaget

R. Lüst

Plasmaströmungen im interplanetaren Raum  
Sonderdruck aus dem Jahrbuch der WGLR 1964

R. Lüst

The European Space Research Organisation  
Science, July 23rd, Vol. 149, No. 3682, p. 394

R. Lüst and A.W. Lines

The European Space Research Organisation (ESRO)  
Nature, Mai 1964

R. Lüst

Die Europäische Organisation für Weltraumforschung und ihre Pläne  
Die Atom-Wirtschaft 5, 207 (1964)

R. Lüst (als Hrsg.)

Stellar and Solar Magnetic Fields (IAU-Symposium No. 22)  
North Holland Publ. Co. 1965

R. Lüst

From an Astronomer's Diary  
The State of Soviet Science, MIT Press, Cambridge, Mass. (1965)

R. Lüst und M. Scholer

Kompressionswellen in einer isothermen Atmosphäre mit vertikalem Magnetfeld  
MPI-PAE, im Druck

R. Lüst, J. Ortner

La premiere campagne de tir de fusees sondes de l'ESRO (experiences d'ejection)° Revue  
Frangaise d'Astronautique, 1965-1

R. Lüst

Session an Plasmas - Geophysical and Astrophysical Scale  
Plasmas - Geophysical and Astrophysical Scale  
Reprinted from R.E. Burgess (ed.), Progress in Radio Science 1960-1963, Vol. III;  
Radioelectronics, Elsevier Publ. Co., Amsterdam 1965

R. Lüst

Aktuelle Probleme der Weltraumforschung  
Fortschritt und Wirtschaft, Partner im Fortschritt° SV-Schriftenreihe, 14. Jahrgang,  
1965/IV  
Universitas Heft 7, Juli 1965, 20. Jahrgang  
Ruperto-Carola, Mitteilungen der Freunde der Studentenschaft der Universität  
Heidelberg e.V., Band 37, Juni 1965, XVII. Jahrgang

R. Lüst

Opening Lecture an the Plans of the European Space Research Organisatio: Introduction to  
Solar Terrestrial Relations  
Astrophys. and Space Science Library, Reprint D. Reidel Publ. Co., Dordrecht,  
Holland; Edited by J. Ortner and H. Maseland, 1-7, 1965.

R. Lüst

Introduction to Plasma Physics  
Introduction to Solar Terrestrial Relations  
Astrophys. and Space Science Library, Reprint D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Holland°  
Edited by J. Ortner and H. Maseland, 167-180, 1965

R. Lüst  
Interplanetary Plasma  
Introduction to Solar Terrestrial Relations  
Astrophys. and Space Science Library, Reprint D. Reidel Publ. Co., Dordrecht,  
Holland. Edited by J. Ortner and H. Maseland, 181-209

R. Lüst  
Extraterrestrische Physik, Über Arbeiten am Institut für extraterrestrische Physik am  
Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik Die Naturwissenschaften 19, 525 (1965)

R. Lüst  
Theoretical Aspects of Celestial Gamma Rays  
ESRO-Report, im Druck  
(ESRO Summer School, Alpbach, July/August 1965 "Electromagnetic Radiation  
from Outer Space")

R. Lüst  
Die Erforschung des Planetensystems und die Mondlandung Erschienen in "Die  
Wissenschaft und die Zukunft des Menschen" Piper Verlag München, Herbst  
1965

W. Philipp  
Modellrechnung zur geometrischen Gestalt der Grenzfläche der Magnetosphäre  
(Diplomarbeit)  
MPI-PAE 16/65, November 1965

H.H. Rabben, G. Peter IPP, G. Müller IPP  
Measurements with the High-Frequency Resonance Probe in a Cesium Plasma Proc. 6th  
International Conf. on Ionization Phenomena in Gases Paris 1963, 167, 1964

H.H. Rabben, G. v. Gierke IPP, G. Müller IPP  
On the Influence of Ion Sheaths upon the Resonance Behaviour of a R.F. Plasma  
Probe  
Zs. Naturf. 19a, 1107 (1964)

H.H. Rabben, G. Müller IPP, G. Peter IPP  
Untersuchung mit der HF-Plasma-Resonanzsonde an einem Cäsium-Kontaktions-Plasma  
IPP 2/32, Juli 1963  
EURATOM, Association Nr. 003-61-1 FUAD, EUR 1817.d

H.H. Rabben  
Extraterrestrische Elektronendichtemessungen, Teil I: Wahl der Messmethode  
MPI-PAE 19/65, Dezember 1965

M. Scholer  
Über die Ausbreitung von Kompressionswellen in einer isothermen Atmosphäre mit  
vertikalem Magnetfeld (Diplomarbeit)  
MPI/PAE 9/65, Juli 1965

Einweihung des Instituts für extraterrestrische Physik am Max-Planck-Institut für  
Physik und Astrophysik in Garching bei München am 15. Februar 1965  
Mitteilungen der Max-Planck-Gesellschaft, Heft 4 (1965) S. 180-205