

# **PLASMA KRISTALL EXPERIMENT**

## **PK-3 NEFEDOV**

### **Schlussbericht**



**FKZ: 50WP9605**

Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000

Teil B: Zeitraum 01.01.2001. bis 31.01.2002

## **INHALT:**

<b>1 Einleitung</b>	<b>1-1</b>
<b>2 Aufgabenstellung</b>	<b>2-1</b>
2.1 Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000	2-1
2.2 Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002	2-2
<b>3 Voraussetzungen</b>	<b>3-1</b>
3.1 Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000	3-1
3.2 Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002	3-2
<b>4 Planung und Ablauf des Projektes</b>	<b>4-1</b>
4.1 Durchgeführte Aktivitäten	4-1
4.1.1 Management (Teil A)	4-2
4.1.2 Missionssicherung (Teil A)	4-2
4.1.3 Mechanisches Subsystem (Teil A)	4-2
4.1.4 Elektrisches Subsystem (Teil A)	4-3
4.1.5 Nutzlast Integration und Test (Teil A)	4-3
4.1.6 Telescience (Teil A)	4-4
4.1.7 Behälter Service Modul (Teil A)	4-4
4.1.8 ISS Support (Teil A)	4-4
4.1.9 Management (Teil B)	4-5
4.1.10 Behälter Service Modul (Teil B)	4-5
4.1.11 ISS Support (Teil B)	4-5
4.1.12 Missionsunterstützung (Teil B)	4-5
4.2 Zeitlicher Ablauf	4-6

4.3	Beteiligte Firmen/Institute	4-9
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>5-1</b>
5.1	Beschreibung der Experimentanlage	5-1
5.2	Nutzung der Experimentanlage	5-9
5.3	Veröffentlichung	5-10

## **ABKÜRZUNGEN:**

- AIT FM Assembly, Integration & Test Flugmodell
- AIT TRM Assembly, Integration & Test Trainingsmodell
- DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
- DLR-GSOC DLR-German Space Operation Center
- EMC Elektromagnetische Verträglichkeit
- FM Flugmodell
- GAS Get Away Special
- HEDRC vormalige Abkürzung für IHED
- I & T Integration & Test
- IHED Institut für „High Energy Density Research“ in Moskau
- KIS Testzentrum von RKK Energia
- KT Kayser-Threde GmbH
- LIRA Satelliten-Kommunikationseinrichtung an Bord von ZVEZDA
- MIR russische Raumstation
- MPE Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik
- NWT Software-Firma
- PK-3 Nefedov russische Bezeichnung für PKE
- PKE Plasma Kristall Experiment
- RKK Energia russische Raumfahrt-Firma
- Serco EMC-Testlabor
- TEXUS Technologische Experimente unter Schwerelosigkeit
- TRM Trainingsmodell
- ÜÜT Übergabe-Übernahme-Tests
- ZUP russisches Kontrollzentrum für bemannte Raumflüge
- ZVEZDA russischer Service Modul der ISS

# 1 Einleitung

Das Plasma Kristall Experiment PKE ist ein erster Schritt zur Unterstützung einer großen und weiter anwachsenden Gemeinschaft von Wissenschaftlern, die grundlagenorientierte und anwendungsspezifische Plasma-Physik unter Schwerelosigkeit erforschen will.

Das Plasma Kristall Experiment PKE ist die erste große, in deutsch-russischer Kooperation entstandene Experimentiereinrichtung an Bord des russischen Service Modules ZVEZDA auf der ISS. Abbildung 1-1 zeigt die ISS-Konfiguration zum Zeitpunkt der Erstmontage der Plasma Kristall Experimentiereinrichtung.

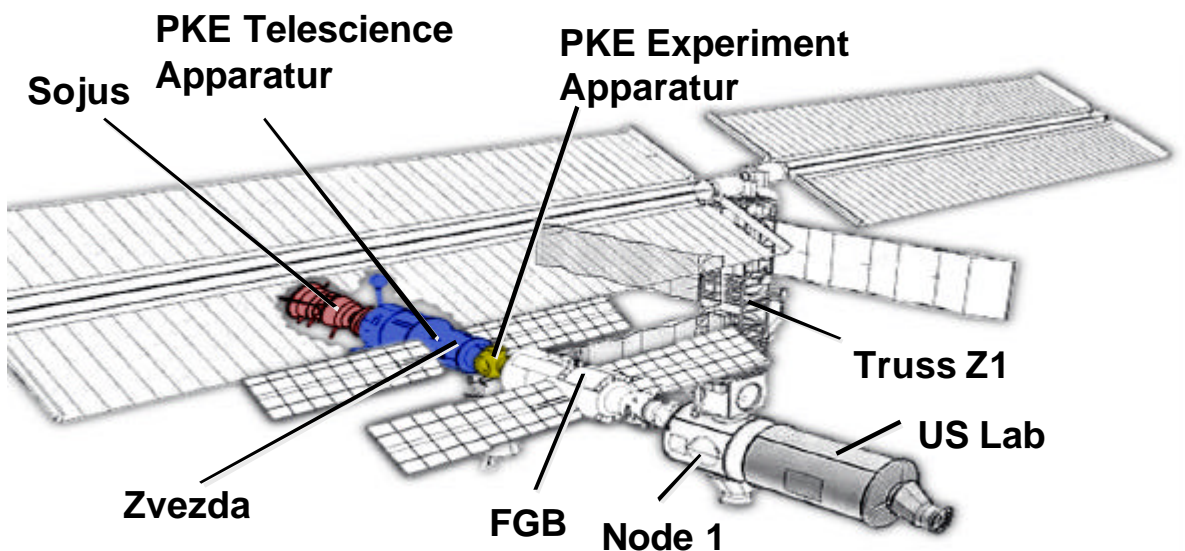


Abbildung 1-1: ISS KONFIGURATION

Diese deutsch-russische Kooperation basiert auf einer wissenschaftlichen Zusammenarbeitsvereinbarung zwischen dem Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik MPE und dem Institut für High Energy Density Research IHED in Moskau.

Im Rahmen dieser Kooperation war

- die deutsche Seite zuständig für die Wissenschaft, die Entwicklung und den Bau der Experimentiereinrichtungen (Trainingsmodell TRM und Flugmodell FM) sowie deren Betrieb bord- und bodenseitig,

- die russische Seite zuständig für unterstützende Wissenschaft, Bereitstellung der Fluggelegenheit, Unterstützung bei allen Aktivitäten in Russland und der Missionsdurchführung an Bord.

Ursprünglich war das Plasma Kristall Experiment PKE zur Durchführung im Get Away Special Program der NASA vorgesehen. Nachdem sich aber bei zwei vorbereitenden Flügen auf TEXUS-35 und TEXUS-36 Telescience zur effektiven Experimentdurchführung unter Schwerelosigkeit als unerlässlich herausstellte, wurde 1998 zunächst ein Einsatz auf MIR ins Auge gefasst.

Als die russische Regierung Mitte 1998 die Rückholung der MIR zur Erde beschloss, war diese Mitfluggelegenheit nicht mehr PKE-relevant. Von Juli bis Anfang Oktober wurden deshalb parallel Mitflüge von PKE auf der ISS und bei Spacehab untersucht. Wegen der bei Spacehab erforderlichen Flugkosten auf deutscher Seite wurde diese Fluggelegenheit anschließend nicht mehr betrachtet und nur noch der Einsatz von PKE an Bord des russischen Service Modules der ISS weiter verfolgt.

Anfang 1999 war PKE in dem russischen Wissenschaftsprogramm sowohl auf der MIR als auch auf der ISS festgeschrieben. Im März 1999 fiel dann von russischer Seite die endgültige Entscheidung PKE auf der ISS durchzuführen.

Das Experiment wird an Bord der ISS unter der russischen Bezeichnung PK-3 Nefedov geführt.

Das DLR, Projektdirektion Raumfahrt, ist der Auftraggeber auf deutscher Seite.

Auf Wunsch des Auftraggebers wird dieser Schlussbericht in zwei Teilen erstellt:

- Teil A umfasst all die Aktivitäten bis einschließlich der Übergabe-/Übernahmetests mit dem FM sowie deren Übergabe in Moskau
- Teil B umfasst alle weiteren Aktivitäten von der Flugvorbereitung in Baikonur über die Durchführung der 1. Mission bis zum Abschluss aller, zurzeit noch ausstehenden wissenschaftlichen Missionen und der damit verbundenen Aktivitäten.

In diesem Dokument sind die Teile A und B - soweit erforderlich - in den einzelnen Kapiteln hintereinander aufgeführt.

## **2 Aufgabenstellung**

### **2.1 Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000**

Im Rahmen des vom DLR, Projektdirektion Raumfahrt geförderten FE-Vertrages, FKZ 50WP9605, einschließlich der Vertragsänderung Nr.6 waren von Kayser-Threde

- zwei Instrumentierungen für zwei vom MPE beizustellende PKE-Experimentgeräte,
- zwei Telescience Einheiten einschließlich Software zum Betrieb der Experiment-Einheiten (am Boden, an Bord, vom Boden aus an Bord), sowie
- erforderliches Zubehör und Bodenbetriebseinrichtungen

neu zu entwickeln, zu beschaffen und zu bauen.

Von RKK Energia waren im Unterauftrag von KT zwei hermetisch dichte Experiment-Behälter mit bordseitigem Vakuumanschluss zur Integration der jeweiligen Experimentgeräte und den dazugehörigen Instrumentierungen zu entwickeln, zu bauen und zu liefern.

Die erstellten Einheiten (TRM und FM) waren zu integrieren, zu testen und zu qualifizieren. Kayser-Threde hatte das Projekt mit den russischen Partnern zu koordinieren, die für den russischen Teil der Raumstation erforderliche Dokumentation (ÜÜT, Safety, Bord) zu erstellen und alle Übergabe-/Übernahmetests mit dem TRM und dem FM, einschließlich der Übergabe der Hardware, durchzuführen. Crew Trainingseinheiten an den Geräten waren in Deutschland und Russland abzuhalten und zu unterstützen.

## **2.2 Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002**

Im Rahmen des vom DLR, Projektdirektion Raumfahrt geförderten FE-Vertrages, FKZ 50WP9605, einschließlich der Vertragsänderung Nr. 8 waren von Kayser-Threde

- die Flugvorbereitung des FMs in Baikonur durchzuführen
- die Mission Phase 1 (Basisexperimente) vorzubereiten und zu unterstützen
- die 1. Taxi-Mission vorzubereiten und zu unterstützen
- die 2. Taxi-Mission (Andromeda) vorzubereiten und zu unterstützen
- diverse Crew Trainings durchzuführen und zu unterstützen
- zwischen der 1. und 2. Taxi-Mission eine Turbomolekularpumpe auf der Experiment-Apparatur zu implementieren.

Vom IHED waren, im Unterauftrag von KT, die Adaptionen der Turbomolekularpumpen auf den Experiment-Apparaturen (FM & TRM) zu bauen und zu liefern.

Die beiden Turbomolekularpumpen waren zu modifizieren, zu testen, zu qualifizieren und an der TRM Experiment-Apparatur anzupassen bzw. zu integrieren und zu testen.

Kayser-Threde hatte die vorgenannten Aktivitäten mit den russischen Partnern zu koordinieren, die erforderliche Dokumentation (ÜÜT, Safety, Bord) zu erstellen und alle Übergabe-/Übernahmetests mit dem TRM und dem FM, einschließlich der Übergabe der Hardware durchzuführen.



## **3 Voraussetzungen**

### **3.1 Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000**

Das DLR, Projektdirektion Raumfahrt, hat zur Abwicklung aller vertraglich vereinbarten Leistungen mit Kayser-Threde einen FE-Vertrag mit Selbstkostenerstattungspreis abgeschlossen.

Die technischen und operationellen Voraussetzungen zur Durchführung des PKE-Projektes waren von einem mehrmaligen Wechsel der Mitfluggelegenheiten und laufenden Anforderungserweiterungen gekennzeichnet.

#### **Fluggelegenheiten**

- Im Get Away Special Program der NASA zum Projektstart am 01.11.1996
- Auf MIR, nachdem sich bei vorbereitenden Flügen auf TEXUS-35 und -36 Telescience als essentiell für die Experimentdurchführung herausstellte
- Endgültig auf der ISS, nachdem MIR nicht mehr zu einem PKE relevanten Einsatz zur Verfügung stand.

#### **Anforderungserweiterungen**

- Experiment bedingt, durch Weiterentwicklungen nach Erkenntnissen aus Parabel- und TEXUS-Flügen
- Safety bedingt, durch Wechsel der Mitfluggelegenheiten und der Unsicherheit auf russischer Seite, in wie weit die MIR Vorschriften auf dem russischen Teil der ISS anwendbar sein werden
- Missionsbedingt, durch Einplanung weiterer und zusätzlicher Tests in Russland sowie zusätzliche Crew Trainings in Deutschland und Russland, begleitet von zahlreichen Überarbeitungen der Bordprozeduren.

Zur Integration mit den Instrumentierungen und den Einbauten in die Experiment-Behälter hat das MPE je ein Experimentgerät für das TRM und das FM bereitgestellt. Für die Qualifikationstests (TRM) und die Flugabnahmetests (FM) mit Vibration, Thermal und Feuchte konnte das MPE Umwelttestlabor kostenlos genutzt werden.

Die EMC Tests mit dem TRM wurden extern an die Firma Serco (Elekluft) vergeben.

Unter dem Dach der deutsch-russischen Wissenschaftskooperation zwischen MPE und IHED wurden von russischer Seite neben der ISS-Fluggelegenheit auch alle Missionsvor-

bereitungen, der Transport zur ISS, die Experimentdurchführung an Bord sowie die Rückführung der Datenspeicher zur Erde in das Projekt eingebracht.

Zur Minimierung der Safety Aktivitäten hat Kayser-Threde RKK-Energia im Unterauftrag sowohl mit der Entwicklung und dem Bau von zwei Experiment-Behältern einschließlich der Ventile und der Anschlüsse an das bordseitige Vakuumventil, als auch mit der Durchführung von Offgassing Tests an den Hi8 Videokassetten betraut.

### **3.2 Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002**

Die in o.g. Zeitraum anstehenden Leistungen sind zu Teilen im 6. Zusatzvertrag, dem 7. und 8. Zusatzvertrag zum FE-Vertrag FKZ 50WP9605 vertraglich vereinbart.

Anforderungserweiterungen:

- Weiterentwicklungen von Betriebssoftware und Experimentprozeduren als Ergebnis der durchgeführten Missionen
- Anbau von Turbomolekularpumpen an den Experiment-Apparaturen FM und TRM zur Verbesserung des Vakuums in der Plasmakammer.

Die Adaptionen der Turbomolekularpumpen auf den Experiment-Apparaturen erfolgen vom IHED im Unterauftrag von KT.

Im Vibrationstestlabor vom MPE wurden die Qualifikationstests durchgeführt.

## **4 Planung und Ablauf des Projektes**

### **4.1 Durchgeführte Aktivitäten**

#### **Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000**

Kayser-Threde entwickelte und baute im Rahmen dieses FE-Vertrages (FKZ 50WP9605) für die vom MPE beigestellten PKE-Experimentgeräte die Instrumentierungen sowie die zum Betrieb der Experimente notwendigen Telescience Einheiten. RKK Energia lieferte im Unterauftrag die hermetisch dichten Experiment-Behälter zur Integration der jeweiligen Experimentgeräte mit den dazugehörigen Instrumentierungen.

Es wurden je zwei Einheiten (TRM und FM) erstellt, integriert und getestet. Kayser-Threde hat das Projekt mit den russischen Partnern koordiniert und alle Übergabe-/Übernahmetests, einschließlich der Übergabe der Hardware, durchgeführt. Crew Trainingseinheiten an den Geräten wurden in Deutschland und Russland abgehalten und unterstützt.

Zu Beginn der Vertragslaufzeit am 01.11.1996 stand der PKE-Erprobungsflug auf TEXUS-35 kurz vor seiner Durchführung. Nach Auswertung der Flugergebnisse wurde beschlossen, einen weiteren Erprobungsflug auf TEXUS-36 im Februar 1998 durchzuführen. Deshalb mussten sich die Get Away Special (GAS) Startaktivitäten auf die Klärung spezieller Safety Features (Staubteilchen in die Shuttle Cargo Bay; Plasma) und Interfaces (Größe der Vakuumöffnung im GAS-Behälter) sowie die damit im Zusammenhang stehenden, grundsätzlichen Mechanik- und Elektronik-Themen beschränken.

Nach dem Vorliegen der PKE Flugergebnisse aus TEXUS-36 im Frühjahr 1998 war klar, dass eine effektive Experimentdurchführung autonom und ohne Telescience nicht durchführbar ist.

Konsequenterweise wurde dann in einer Übergangsphase GAS/MIR Synergie eine Experimentdurchführung auf MIR untersucht und vorangetrieben. Mit der Hardware-Entwicklung wurde begonnen. Die Bekanntgabe des Beschlusses zur MIR-Rückholung bis letztlich zur Festlegung des PKE-Einsatzes auf der ISS hat die Entwicklungsphase nicht sehr beeinträchtigt. Frühzeitig stand fest, dass, wegen der deutsch-russischen Kooperation und der damit verbundenen Einsparung der Flugkosten, nur eine russische Fluggelegenheit (MIR oder ISS) und nicht ein Mitflug bei z.B. Spacehab in Betracht kam. Bei Eintritt in die Hardware-Phase stand dann die PKE-Fluggelegenheit im russischen Service Modul auf der ISS fest.

Die im Verlauf des Projektes durchgeführten, übergreifenden Aktivitäten sind nachfolgend entsprechend der Arbeitspaketzuordnung tabellarisch aufgeführt.

#### **4.1.1 Management (Teil A)**

AP	1100	GAS Startaktivitäten
AP	1200	GAS/MIR Synergie
AP	1300	Koordination & Kontrolle
AP	1600	Reisen und Besprechungen (BRD)
AP	1700	Berichtswesen
AP	1800	Produktsicherung

#### **4.1.2 Missionssicherung (Teil A)**

AP	2100	I/F Analyse russischer Service Modul
AP	2300	Betriebsrichtlinien russischer Service Modul
AP	2700	Reisen & Besprechungen

#### **4.1.3 Mechanisches Subsystem (Teil A)**

AP	3100	GAS Startaktivitäten
AP	3200	GAS/MIR Synergie
AP	3300	Systemtechnik
AP	3400	Konstruktion & Analysen
AP	3500	Fertigung & Beschaffung
AP	3600	AIT TRM
AP	3700	AIT FM
AP	3800	MGSE

#### **4.1.4 Elektrisches Subsystem (Teil A)**

AP	4000	Elektrisches Subsystem
AP	4100	GAS Startaktivitäten
AP	4200	GAS/MIR Synergie
AP	4300	Systemtechnik
AP	4400	Design & Auslegung
AP	4500	Fertigung und Beschaffung
AP	4600	TRM Elektronik AIT
AP	4700	FM Elektronik AIT
AP	4800	EGSE

#### **4.1.5 Nutzlast Integration und Test (Teil A)**

AP	5100	Mechanische Integration TRM
AP	5200	Elektrische Integration TRM
AP	5300	Experiment I&T TRM
AP	5400	Qualifikation TRM
AP	5500	Mechanische Integration FM
AP	5600	Elektrische Integration FM
AP	5700	Experiment I&T FM
AP	5800	Flugabnahme FM
AP	5900	GSE

#### **4.1.6 Telescience (Teil A)**

AP	6100	Systemtechnik
AP	6200	S/W Definition/Spezifikation
AP	6300	S/W Entwicklung/Implementierung
AP	6400	Fertigung und Beschaffung
AP	6500	AIT Qualifikation
AP	6600	Systemtests TRM
AP	6700	Systemtests FM

#### **4.1.7 Behälter Service Modul (Teil A)**

AP	7100	Systemtechnik
AP	7200	Konstruktion & Analysen
AP	7300	Fertigung und Beschaffung
AP	7400	Safety Dokumentation
AP	7500	Transportbehälter

#### **4.1.8 ISS Support (Teil A)**

AP	8100	Management ISS Interface
AP	8200	ISS Dokumentation
AP	8300	Reisen und Besprechungen
AP	8400	Russisches Büro
AP	8500	Crew Training Garching
AP	8600	ÜÜT TRM

AP 8700 Crew Training Moskau

AP 8800 ÜÜT FM

### **Teil B: Zeitraum vom 01.01.2001 bis 31.01.2002**

Nach Abnahme und Übergabe der Flugeinheit erfolgte die Flugvorbereitung am Startplatz in Baikonur.

Die Durchführung von drei wissenschaftlichen Missionen wurden vorbereitet und unterstützt, begleitet von diversen Crew Training Sessions und - bedingt durch die Missionserfahrungen - technischen Verbesserungen an Soft- und Hardware.

Die im o.g. Projekt-Zeitraum durchgeführten Aktivitäten sind nachfolgend und ergänzend zu Punkt 4.1, entsprechend der Arbeitspaketzuordnung, tabellarisch aufgelistet.

#### **4.1.9 Management (Teil B)**

AP 1000/1 Zusätzliche Management-Aktivitäten  
durch verlängerte Projektlaufzeit

#### **4.1.10 Behälter Service Modul (Teil B)**

AP 7600 Turbomolekularpumpe

#### **4.1.11 ISS Support (Teil B)**

AP 8900 Funktionstest Baikonur

#### **4.1.12 Missionsunterstützung (Teil B)**

AP 9100 Missionsvorbereitung

AP 9200 Missionsunterstützung Phase 1

AP 9300 Unterstützung Crew Training

AP 9400 Missionsunterstützung 3. ISS Crew und  
Taxi-Crew 2 (Andromeda)

## **4.2 Zeitlicher Ablauf**

### **Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000**

Der zeitliche Ablauf, der den Teil A des Schlussberichtes betrifft, umfasst den Zeitraum vom 01.11.1996 bis zum 31.12.2000 und basiert auf den vertraglich vereinbarten Leistungen einschließlich der Vertragsänderung Nr. 6 zum FE-Vertrag FKZ 50WP9605.

In Abbildung 4.2-1 sind alle deutsch-russischen Arbeitstreffen wie Projektbesprechungen, Crew Trainingseinheiten, Übergabe-/Übernahmetests usw. aufgelistet.

### **Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002**

Alle weiteren deutsch-russischen Arbeitstreffen sind in Abbildung 4.2-2 aufgeführt.



## Deutsch-russische PKE-Treffen in dem Zeitraum von April '98 bis Dezember '00

<b>Datum</b>		<b>Titel</b>
<b>von</b>	<b>bis</b>	
24.04.98		Kooperationstreffen MPE - HEDRC (IHED) bei IPSTC in Moskau
02.06.98	04.06.98	1.Progress Meeting PKE-MIR bei MPE und KT in Garching/München
05.07.98	08.07.98	2.Progress Meeting PKE-MIR bei IPSTC und HEDRC (IHED) in Moskau
28.07.98	30.07.98	1.Progress Meeting bei MPE und KT in Garching/München
15.09.98	16.09.98	2.Progress Meeting bei RKK in Moskau
28.09.98	01,10.98	3.Progress Meeting bei KT in München
01.12.98	03.12.98	4.Progress Meeting bei HEDRC (IHED) und RKK in Moskau
01.03.99	03.03.99	PKE Projekt-Meeting bei RKK und HEDRC (IHED) in Moskau
11.04.99	14.04.99	PKE Projekt-Meeting bei KT und MPE in München/Garching
24.06.99	28.06.99	Safety-Meeting bei KT in München
05.08.99	09.08.99	5.Progress Meeting bei KT in München
01.11.99	06.11.99	1.Crew Training bei MPE/Garching, 6.Progress Meeting bei KT/München
22.11.99	23.11.99	Telescience Meeting bei MNTZ in Moskau
17.12.99	23.12.99	Bordprozedur Meeting bei KT in München
20.03.00	24.03.00	ÜÜT-1 TRM bei KT in München
09.04.00	15.04.00	2.Crew Training bei MPE in Garching
13.07.00	28.07.00	ÜÜT-2 TRM bei IHED sowie Funktionstests KIS, ZUP und Ostankino in Moskau
31.07.00	03.08.00	Abstimmungstests bei KIS in Moskau
09.10.00	13.10.00	ÜÜT-1/1 FM bei KT in München
13.11.00	16.11.00	ÜÜT-1/2 FM bei KT in München
07.12.00	15.12.00	ÜÜT-2 FM bei IHED sowie Funktionstests KIS und ZUP in Moskau

Abbildung 4.2-1

**Deutsch-russische PKE-Treffen in dem Zeitraum von  
Anfang Januar 2001 bis Ende Januar 2002**

<b>Datum</b>		<b>Titel</b>
<b>von</b>	<b>bis</b>	
06.01.01	13.01.01	Flugvorbereitung FM in Baikonur
12.02.01	20.02.01	Zusätzliches Crew Training Nr. 1 bei IHED in Moskau
19.02.01	21.02.01	Vorbesprechung Missionsdurchführung Phase 1 bei KT in München
01.03.01	08.03.01	Mission Phase 1, Basisexperimente, ZUP in Moskau
18.03.01	22.03.01	Zusätzliches Crew Training Nr. 2 im ZPK in Moskau
01.04.01	07.04.01	Zusätzliches Crew Training Nr. 3 im ZPK in Moskau
18.04.01	20.04.01	Zusätzliches Crew Training Nr. 4 bei IHED in Moskau
30.04.01	05.05.01	1. Taxi-Mission, ZUP in Moskau
28.06.01	29.06.01	Vorbesprechung Turbomolekularpumpe bei IHED in Moskau
13.08.01	17.08.01	ÜÜT FM Turbopumpe bei IHED und KIS in Moskau
25.09.01	27.09.01	PKE Nefedov Symposium beim MPE in Garching
03.10.01	08.10.01	ÜÜT TRM Turbopumpe und zusätzliches Crew Training in Moskau
20.10.01	29.10.01	Andromeda / 2. Taxi-Mission, ZUP in Moskau

Abbildung 4.2-2

### **4.3 Beteiligte Firmen/Institute**

#### **Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000**

Nachfolgend sind die maßgeblich an PKE beteiligten Agenturen, Institute und Firmen mit deren Kernaktivitäten zusammengefasst und aufgeführt:

- DLR, Projektdirektion Raumfahrt (Projektträger)
- MPE einschließlich Umwelttestlabor (Wissenschaft, Experiment)
- Kayser-Threde München und Moskau (Systemtechnik, Experiment-Infrastruktur)
- DLR-GSOC (Telescience Test-Infrastruktur)
- Serco (EMI-Testlabor)
- NWT Data Wave (Telescience Software)
- IHED (Wissenschaft)
- RKK Energia einschließlich KIS, ZUP, Baikonur und Fachabteilungen (Experiment-Infrastruktur, Missionsvorbereitung und -durchführung)
- Empfangsstation Ostankino (Telescience Test-Infrastruktur)

#### **Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002**

Zusätzlich zu Teil A:

- Pfeiffer Vacuum, Turbomolekularpumpen

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Beschreibung der Experimentanlage

#### Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000

Die neu entwickelte und in zweifacher Ausfertigung aufgebaute Plasma Kristall Experimentanlage - PK-3 Nefedov - besteht jeweils aus Experiment Apparatur und Telescience Einheit. Abbildung 5.1-1 zeigt die Experimentanlage. Das Trainingsmodell TRM und das Flugmodell FM sind funktionsgleich.

Das vom MPE beigestellte Experimentgerät wurde mit der Instrumentierung integriert, getestet und als Einheit in den von RKK Energia gelieferten Experimentbehälter eingebaut.

Die Instrumentierung versorgt das Experiment mit Energie, steuert bzw. regelt Experimentabläufe und erfasst, speichert und sendet Experiment- sowie Housekeeping-Daten an die Telescience Einheit. Ein RS 422 Serial Port ermöglicht die Kommunikation in beiden Richtungen zwischen Experiment Apparatur und Telescience Einheit.

Die Instrumentierung besteht aus:

- Zwei Elektronikboxen für Elektronik-Module von Instrumentierung und Experimentgerät
- Einem PC 104 Rechner zur Experiment-Steuerung und -Regelung sowie der Messdatenerfassung
- Einem Stepper Controller für den Schlittenantrieb der optischen Beobachtungseinrichtung
- Je ein Video-Trennverstärker für die zwei Videoleitungen vom Experimentgerät zur Telescience Einheit.
- Der PC 104 Rechner kann in zwei verschiedenen Konfigurationen eingesetzt werden. In der Flugkonfiguration kann das Experiment nur über den Telescience Rechner und in der Laborversion über ein extern anzuschliessendes Keyboard mit Monitor, Mouse usw. betrieben werden.

Die Experiment-Software für den PC 104 ist eine MPE-Beistellung.

Experimentgerät und Instrumentierung sind in dem hermetisch dichten Experimentbehälter untergebracht, wobei die Montageplatte über acht – elektrisch isolierende – Schock- und Vibrationsdämpfer an der Experimentbehälter-Innenseite montiert ist.

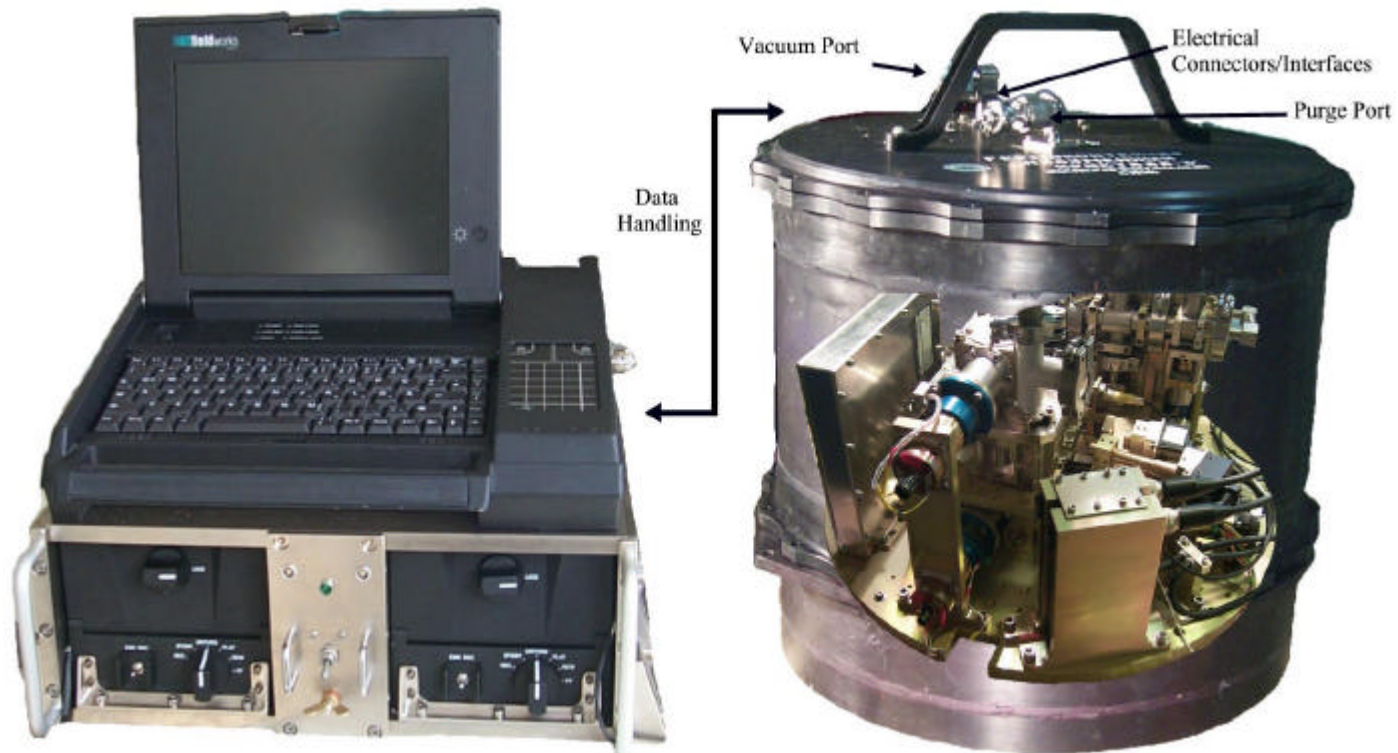


Abbildung 5.1-1: PLASMA KRISTALL EXPERIMENTANLAGE PK-3 NEFEDOV

PKE Schlussbericht, Teil A + B

Dieses Dokument ist Eigentum von Kayser-Threde. Jegliche Weitergabe oder Veröffentlichung des Inhaltes bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Kayser-Threde.  
M:\PKE\Schlussbericht\Teil A+B\_fürTIBHannover.doc

Die Telescience Einheit stellt ein intelligentes Front End zur Erfassung, Verarbeitung, Speicherung sowie Übertragung von PKE Digitaldaten und Analogvideos dar. Die Telescience Einheit kann sowohl in lokalem als auch im Telescience-Modus betrieben werden. Bei lokalem Modus wird das Experiment z.B. von dem Kosmonauten an Bord bedient. Im Telescience Modus hingegen kann das Experiment an Bord vom Boden aus bedient und ein Echtzeit-Video empfangen werden.

Die Telescience Einheit besteht aus:

- Einem Fieldworks LapTop FW 7600 mit 486 DX 4/100 MHz Prozessor; 16 Mbyte RAM; 2,1 Gbyte Harddisk; 10,4" VGA Display; PCMCIA Steckplatz; 3,5" Floppy Disk; RS 422-, RS 232-, BNC- und Ethernet-Schnittstellen; Sun Unix Solaris S/W; TCP/IP bzw. FTP implementiert
- Zwei TEAC Recordern für Aufzeichnung und Wiedergabe von zwei analogen Experiment-Videos
- Zwei VITC Generatoren zur Daten- und Zeiteinblendung auf den Video-Bändern
- Einer PCMCIA Karte zur Aufzeichnung von Experiment- und Housekeeping-Daten
- Einer Teletext Encoder/Decoder Karte; Einspielen von digitalen Daten in das analog modulierte TV Signal (Secam D/K) zur Weiterleitung an LIRA und Echtzeit-Datenaustausch im Telescience Modus (max. 29 Kbytes/sec)
- Energieversorgung für die gesamte Einheit.

Abbildung 5.1-2 zeigt die Telescience Einheit und Abbildung 5.1-3 deren Blockschaltbild.

Zum Betrieb der Telescience Einheit und der Bedienung der Experiment Apparatur wird ein neu entwickeltes und erstelltes Software-Paket eingesetzt.

Der vakuumtechnische Anschluss von PK-3 Nefedov an das bordeigene Vakuumventil erfolgt über den Vakuumschlauch am Experimentbehälter.

Als Zubehör wird folgendes mit an Bord der ISS gebracht:

#### Experiment Apparatur

- Power Kabel
- Erdungskabel
- Video-/Daten-Kabel
- Vakuumschlauch
- Dokumentation

#### Telescience Einheit

- Power Kabel
- Erdungskabel
- Video-/Datenkabel zu LIRA
- Video-/Datenkabel von LIRA
- Dokumentation
- 60 Hi-8 Video Kassetten, vier Reinigungskassetten und vier PCMCIA Karten

Das Zubehör ist für den Transport zur Raumstation und zum Verstauen an Bord in Nomex Taschen verpackt.

Für den Bodenbetrieb erforderlich sind:

- Zur DC-Stromversorgung der Experiment Apparatur und der Telescience Einheit beim Bodenbetrieb je eine Power-Box für das TRM und das FM
- Der Bodentransport der Experiment Apparaturen TRM und FM erfolgt in spritzwasserdichten und mit Schaumstoff ausgekleideten Aluminium-Transportbehältern.
- Zur Verdrahtung von Instrumentierung und Experimentgerät sowie zum Labortransport der gesamten Experimentanlage wird ein jeweils entsprechend umgebauter Laborwagen eingesetzt.

Der Vakuum-Pumpstand zum Abpumpen und zum definierten Füllen der Experimentkammer ist vom MPE beigestellt. Ein KT-Pumpstand ist nur zu Testzwecken aufgebaut und eingesetzt worden.

.

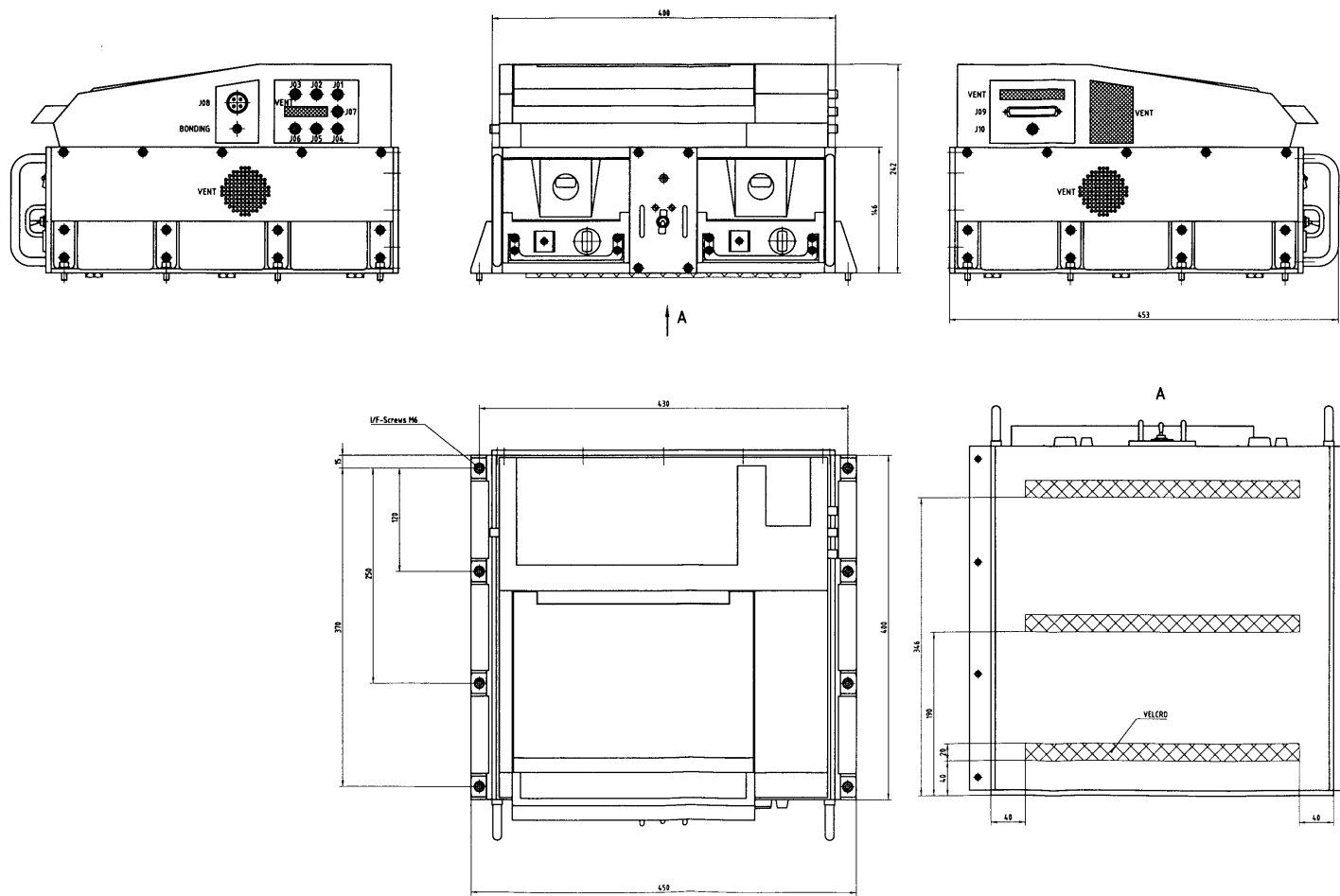


Abbildung 5.1-2: TELESCIENCE EINHEIT



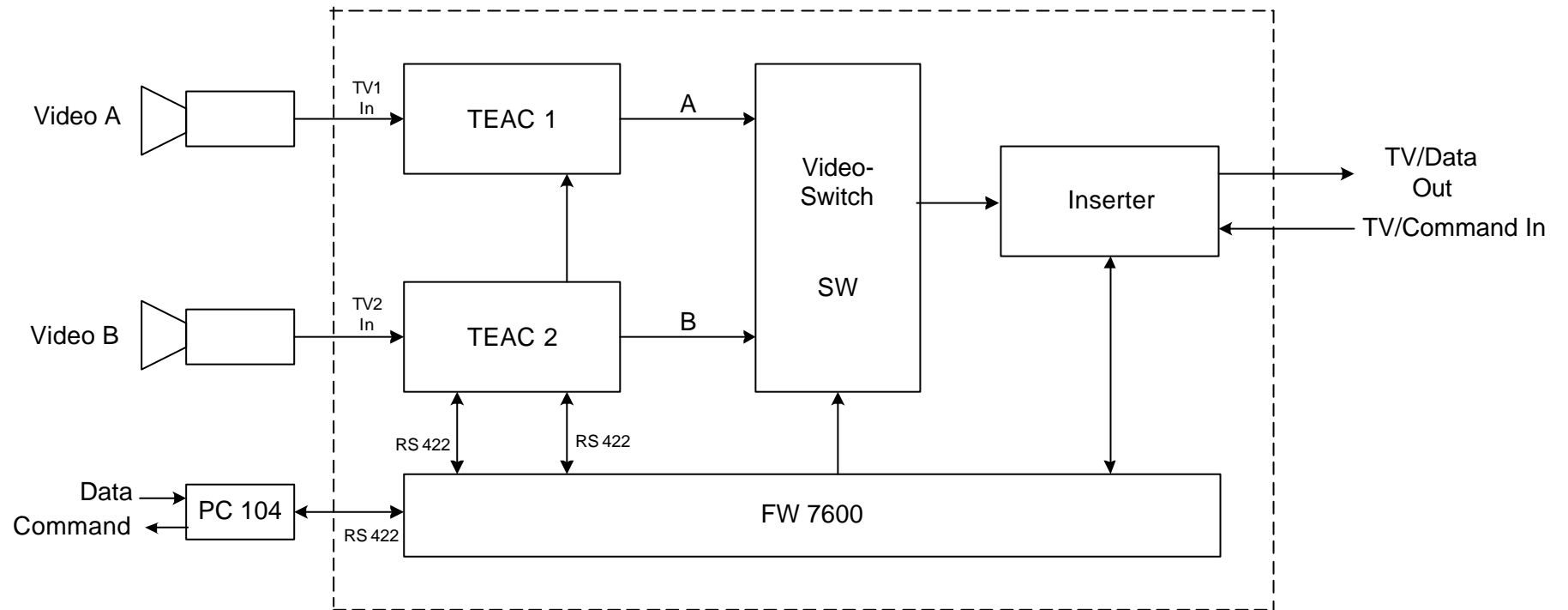


Abbildung 5.1-3: BLOCKSCHALTBILD TELESCEINCE EINHEIT

## Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002

Zu (Flug-) Datenauswertung und Testzwecken wurde ein "Telescience Bodengerät", bestehend aus

- PC mit Monitor und Tastatur
- TEAC Bandgerät
- Pwerversorgung
- Satz Anschluss- und Interface-Kabel,

aufgebaut. Zum Betrieb musste die Telescience-Software entsprechend modifiziert werden.

Zwischen der Mission Phase 1 und der Andromeda Mission wurde die Panel Application Software zur HK-Dateneinblendung bei direkter Bildübertragung von der ISS zum Boden ("Downlink") so modifiziert, dass dies fortan auch ohne gleichzeitigen "Uplink" zur ISS erfolgen konnte.

Zur Verbesserung des Vakuums in der Plasmakammer wurde nach Auswertung der Ergebnisse aus der 1. Taxi-Mission eine Turbomolekularpumpe an der Experiment-Apparatur angebaut. Die Abbildung 5.1-4 und die Abbildung 5.1-5 zeigen die Geräteanordnung. Die Turbomolekularpumpe ist zwischen dem Vakuum-Auslass an der Experimentapparatur und dem bordseitigen Vakuumventil installiert.

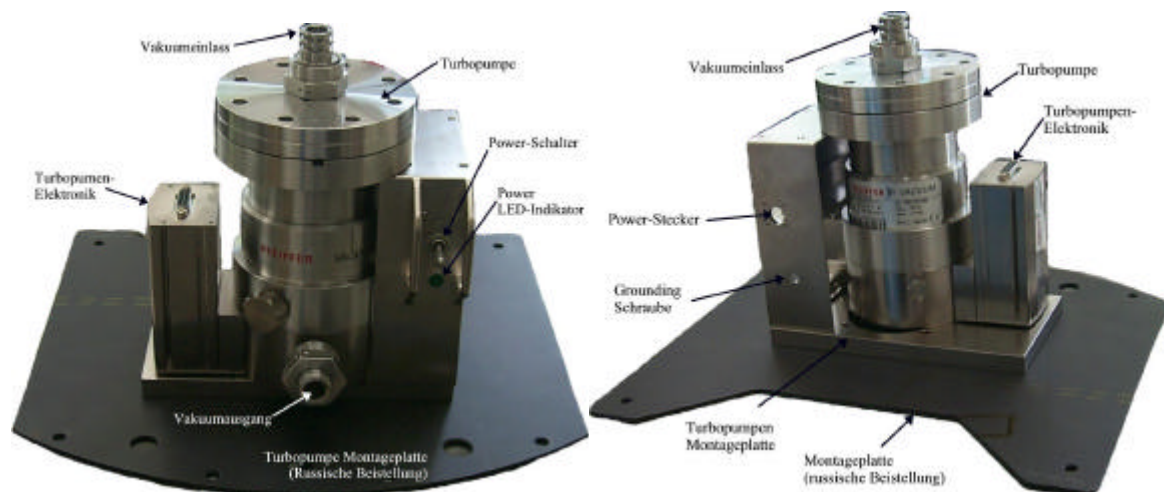


Abbildung 5.1-4: VORDER- UND RÜCKANSICHT DER TURBOPUMPE AUF DER MONTAGEGRUNDPLATTE



Abbildung 5.1-5: PKE-APPARATUR MIT TURBOPUMPE

Zur Erweiterung der PKE Anlage wird folgendes an Bord gebracht:

Experiment Apparatur:

- Turbopumpe
- Verpackung Turbopumpe

Zubehör:

- Vakuump-Anschlusschlauch
- Spannungskabel
- Erdungskabel
- Montageplatte
- Spannzange
- Schrauben M6 x 30 (2x) und M5 x 12 (4x)
- Verpackung Zubehör

## **5.2 Nutzung der Experimentanlage**

### **Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000**

Die Experimentanlage ist für eine bord- (FM) und bodenseitige (TRM), mehrmalige Nutzung in drei aufeinanderfolgenden und voneinander unabhängigen Missionen über einen Zeitraum von ca. einem Jahr konzipiert. Zurzeit zeichnen sich schon mehr als drei Missionen ab, wobei die Erkenntnisse aus jeder Mission in der darauffolgenden ihren Niederschlag finden sollen und werden.

Eine Telescience-Nutzung ist zurzeit nicht möglich, da kein einsatzfähiger russischer Relais-Satellit zur Verfügung steht. Dies hat gewisse Einschränkungen während der Mission zur Folge, da nicht vom Boden aus direkt, sondern nur über die Kosmonauten an Bord, in den Experimentablauf eingegriffen werden kann. Deshalb muss von russischer Seite mehr Crew-Zeit bereitgestellt werden.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse werden sowohl in die grundlagenorientierte als auch in die anwendungsspezifische Plasma-Physik Forschung einfließen.

### **Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002**

Die Experimentanlage ist bereits bei drei Missionen erfolgreich eingesetzt worden. Weitere Missionen nach dem 31.01.2002 sind vorgesehen.

Durch die Implementierung der Turbomolekularpumpe haben sich die Vakuumbedingungen in der Plasmakammer deutlich verbessert.

Eine Telescience-Nutzung ist wahrscheinlich auch in absehbarer Zeit noch nicht möglich. Allerdings wird zukünftig - auch ohne Uplink - eine HK-Dateneinblendung bei direkten Videoübertragungen zum Boden möglich sein.

### **5.3 Veröffentlichung**

#### **Teil A: Zeitraum 01.11.1996 bis 31.12.2000**

Im Rahmen des 1.Crew Trainings beim MPE in Garching wurde das PKE-Vorhaben mit verschiedenen Beiträgen zu Wissenschaft und Technik erstmals der Presse vorgestellt.

Auf dem 51. International Astronautical Congress IAF 2000 wurde der Vortrag "PLASMA CRYSTAL Experiment - the first microgravity facility aboard the Russian Service Module of the ISS" veröffentlicht.

#### **Teil B: Zeitraum 01.01.2001 bis 31.01.2002**

Im Rahmen des PKE-Nefedov Symposiums wurden von Kayser-Threde folgende Themen vorgetragen:

- The Integrated Payload
- Data Acquisition and Handling