

SEPTEMBER 1987

INT 131/87

TCV - Projekt

Besprechung im EIR betreffend Herstellung und Vormontage der
zentralen Tokamak-Säule und der Toroidalspule sowie vorläufige
Schlussfolgerungen - 25. August 1987

TCV - Projekt

Besprechung im EIR betreffend Herstellung und Vormontage der zentralen Tokamak-Säule und der Toroidalspule sowie vorläufige Schlussfolgerungen

Zeitpunkt : 25. August 1987

Ort : EIR, Würenlingen

Teilnehmer:

EIR : Herr Boehlen
Herr Härdi
Herr Schär (zeitweise)

CRPP : Herr Hollenstein (zeitweise)
Herr Hruska
Herr Köchli

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
1. Zusammenfassung	1
2. Verwendete Terminologie	1
3. Besprechungsergebnisse	2
3.1 Mechanische Eigenschaften der Cu1 Cr 0,1 Zr-Platten	2
3.2 Elektrische Leitfähigkeit der Cu1 Cr 0,1 Zr-Platten	2
3.3 Elastische Cu-Elemente der Stromversorgung der Toroidalspule	2
3.4 Füße des Vakuumgefäßes	2
3.5 Bearbeitungs- und Dichtheitsversuche am CRPP mit 316L (1.4535) und 316LN (1.4429)	3
3.6 Probestücke der kammartigen Schraubverbindung der Toroidalspule	3
3.7 Herstellung der Toroidalspule mit zentraler Säule und ihre Vormontage	3
3.8 Terminsituation im EIR	6
4. Anträge und ihre Konsequenzen	
4.1 Anträge	6
4.2 Konsequenzen	7
Beilagen	
1 Qualitativer Vergleich der grundsätzlichen Vergabemöglichkeiten der Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule und ihre Vormontage mit der zentralen Säule des Tokamaks	
2 Terminplan für Fabrikation und Prüfung der CuCrZr-Platten bei Ausschreibung <u>vor</u> definitiver Festlegung der Abmessungen	
3 wie 2, aber bei Ausschreibung <u>nach</u> definitiver Festlegung der Abmessungen	
4 Terminplan für Ausarbeitung der Zeichnungen im CRPP	

1) Zusammenfassung

Das EIR erbrachte und erbringt weiterhin gewisse Dienstleistungen für das TCV-Projekt, die im Detail besprochen wurden (Prototyp-Herstellung, Prüfungen, usw.).

Ferner wurden Vergabe-Alternativen für die Herstellung der Toroidalspule und ihre Vormontage mit der zentralen Tokamak-Säule diskutiert. Die einander gegenübergestellten Varianten gehen aus Beilage 1 hervor. Das EIR wird nun intern abklären, welche Fabrikations-, Vormontage- und Uebewachungs-Aufgaben es in unserem Auftrag übernehmen könnte und uns eine grobe Terminplanung für diese allfälligen Aktivitäten bis anfangs Oktober 1987 zustellen.

Schliesslich werden aufgrund der heutigen Situation Anträge für das weitere Vorgehen gestellt und ihre Konsequenzen aufgezeigt.

2) Verwendete Terminologie

Nachstehend werden folgende Bezeichnungen verwendet:

- **zentrale Lamellen der Toroidalspule :**
keilförmige zentrale Leiter der Toroidalspule, die zu zentralen Lamellen-Sektoren zusammengebaut in die zentrale Säule des Tokamaks integriert werden
- **äussere Toroidalspul-Elemente :**
Toroidalspulleiter ohne zentrale Lamellen
- **Komponenten der Toroidalspule :**
sämtliche Leiterelemente der Toroidalspule, d.h. ihre zentralen Lamellen und die äusseren Toroidalspul-Elemente, aber ohne die zentrale Säule
- **innere Poloidalspulen :**
Spulen A, B1, B2 und E1 bis E8

- **zentrale Säule des Tokamaks :**
bestehend aus der zentralen Isolierhülse, den keilförmigen Lamellensektoren der Toroidalspule, den auf die Lamellensektoren gewickelten innern Poloidalspulen A, B und E, alles isoliert, imprägniert und ausgehärtet

- **Toroidalspule mit Säule :**
bestehend aus den Komponenten der Toroidalspule und der zentralen Säule, d.h. komplettes Spulensystem der Toroidalspule und der innern Poloidalspulen.

3) Besprechungsergebnisse

- 3.1) Mechanische Eigenschaften der Cu1 Cr 0,1 Zr - Platten: Das EIR übergab uns aus dem von Outokumpu gelieferten Probematerial angefertigte Probestäbe mit denen das Laboratoire de métallurgie mécanique in Lausanne weitere Messungen der mechanischen Eigenschaften des legierten Kupfers durchführen wird (statische und dynamische Versuche inkl. Bestimmung der Aenderung des Elastizitätsmoduls).

- 3.2) Elektrische Leitfähigkeit der Cu1 Cr 0,1 Zr - Platten: Das EIR wird die elektrische Leitfähigkeit des von Outokumpu gelieferten Probematerials an je einer gefrästen (und dadurch lokal verdichteten) Probe und an einer durch Erosion hergestellten (nicht verdichteten) Probe messen:
Messmethode: zurzeit in Abklärung
Termin: Mitte September 1987

- 3.3) Elastische Cu-Elemente der Stromversorgung der Toroidalspule: Das EIR übergab uns zwei Versuchsstücke, die zur Abklärung der Herstellungsprobleme der Blattfeder-Lötverbindung als Prototypen fabriziert wurden.

- 3.4) Füße des Vakuumgefäßes: Die Konstruktion der Füße wurde besprochen und den Fabrikationsgegebenheiten des EIR angepasst, wobei die geschweisste Lösung aus Herstellungsgründen den einteiligen Federn des Fusses vorgezogen wurde.

Das EIR wird einen Prototyp des Fusses in 316L (1.4535) herstellen. Dies wird dem CRPP erlauben, die Temperaturverteilung im einseitig geheizten Fuss und sein Biegeverhalten zu messen. Termin für Ablieferung des Prototyp-Fusses: **Mitte Oktober 1987** .

- 3.5) Bearbeitungs- und Dichtheitsversuche am CRPP mit 316L (1.4535) und 316LN (1.4429): zur Abklärung von Herstellungs- und Dichtheits-Problemen ovaler Flanschanschlüsse am Vakuumgefäss durch das CRPP, übergab das EIR uns Rohmaterial in 316L. Ferner wird das EIR versuchen, auch Platten in 316LN zu beschaffen.

Für die Bearbeitung von 316LN empfahl das EIR die Verwendung titanisierter Werkzeuge (Kühlmittel und Schnittgeschwindigkeiten ähnlich 316L; für Gewindeschneiden: Verwendung von Fett).

- 3.6) Probestücke der kammartigen Schraubverbindung der Toroidalspule: Der durch das EIR hergestellte Prototyp der Schraubverbindung aus Cu1 Cr 0,1 Zr (Lieferung Outokumpu) liess das CRPP im Laboratoire de métallurgie mécanique, Lausanne, im Wechselfersuch mit Erfolg prüfen. Nach Erhöhung der Prüflast von 5 auf 10 Tonnen traten lokal bleibende Deformationen auf. Der geprüfte Prototyp wurde dem EIR zur Begutachtung und Egalisierung der deformierten Stellen übergeben. Er wird anschliessend ans CRPP zurückgenommen werden.

- 3.7) Herstellung der Toroidalspule mit zentraler Säule und ihre Vormontage: Nach einem längeren Gedankenaustausch bezüglich Fabrikation und Vormontage der erwähnten Komponenten wurde vorgesehen, dass das EIR folgende Abklärungen durchführt:

- 3.7.1 Welche Komponenten der Toroidalspule könnten durch das EIR hergestellt werden (Begrenzungen durch geometrische Abmessungen und durch die vorhandene Kapazität)?

N.B. die Bearbeitung der Finger der kammartigen Schraubverbindung würde im EIR die entsprechende Werkzeugmaschine ca. 3/4 Jahre belegen.

3.7.2 Welche Teile und Arbeiten könnten durch das EIR untervergeben werden (wobei das EIR die Fabrikationsüberwachung und die Verantwortung übernehme)?

3.7.3 Welche Teile und/oder Arbeiten wären durch das CRPP an Dritte zu vergeben?

Die Besprechung ergab eindeutig, dass die keilförmigen zentralen Lamellen der Toroidalspule von 3 m Länge im EIR nicht bearbeitet werden können, hingegen die Finger der kammförmigen Schraubverbindung von den Abmessungen her bearbeitbar wären. Das EIR schliesst aus früheren Besprechungen mit dem SIN, dass auch ihr Schwesterinstitut die Bearbeitung der Lamellen nicht übernehme.

Unter Berücksichtigung dieser Situation ergeben sich folgende Varianten für die Herstellung der Toroidalspule mit Säule und ihrer Vormontage (vergl. Beilage 1):

- a) Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule und ihre Vormontage durch den Cu-Lieferanten:
der Cu-Lieferant (oder ein Unterlieferant in seinem Auftrag und unter seiner Verantwortung) hätte die gewalzten Platten fertig zu bearbeiten, in einer ersten Vormontage zusammenzubauen und zu zeichnen. Der Zusammenbau würde ev. mit Beilagen im nicht isolierten Zustand oder mit der von uns gelieferten Isolation erfolgen und der Abnahmekontrolle des Zusammenpassens und der korrekten Geometrie dienen. Die Abnahme der montierten und gezeichneten Komponenten der Toroidalspule wäre durch das EIR und/oder durch das CRPP durchzuführen. Der Transport der Toroidalspule zum Hersteller der zentralen Säule, in die die langen, keilförmigen, zentralen Lamellen der Spule zu integrieren sind, würde im demontierten Zustand erfolgen. Der Hersteller der zentralen Säule mit den integrierten Lamellen-Sektoren der Spule hätte nach Fertigstellung der Säule diese mit den äusseren Toroidalspul-Elementen zur Abnahme zusammenzubauen und die Verantwortung dieser zweiten Vormontage zu übernehmen.

Um eine solche Vergabe nach wie vor zu ermöglichen, ist vorgesehen, in der Ausschreibung der Cu-Platten-Lieferung zusätzlich die Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule als Option mitanzufügen. Möglicherweise ergibt sich dadurch ein Preisvorteil, da das Lieferwerk der Cu-Platten die Späne des legierten Cu, die bei der Fertigbearbeitung anfallen, wieder verwerten könnte.

- b) Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule und ihre Vormontage durch den Hersteller der zentralen Säule des Tokamaks:

Die langen Lamellen der Toroidalspule sind im isolierten Zustand zu Lamellen-Sektoren zusammenzufassen und als Lamellen-Pakete zu isolieren, zu imprägnieren und zu stabilen Einheiten auszuhärten. Anschliessend werden sie mit einer zentralen Isolierhülse unter Einhaltung enger Relativlage-Toleranzen zum Kern der zentralen Säule zusammengebaut, auf den die Poloidalspulen A, B₁, B₂ und E₁ bis und mit E₈ gewickelt werden. In diesem Zustand müssen die in die zentrale Säule integrierten zentralen Lamellen der Toroidalspule mit den äusseren Toroidalspul-Elementen nach wie vor zusammenpassen.

Bearbeitet nun im Gegensatz zu den Fällen a) und c) der Hersteller der Säule die Komponenten der Toroidalspule selbst, so kann er u.a. die Sequenz der Bearbeitungsoperationen, Arbeitsabläufe, Zwischenkontrollen usw. im Hinblick auf die Qualität des Endprodukts freier optimieren und Doppelspurigkeiten vermeiden, da alle Arbeitsgänge unter seiner Verantwortung laufen. Dem Besteller gegenüber haftet er eindeutig und absolut als Gesamtverantwortlicher für das Endprodukt "Toroidalspule mit Säule".

Deshalb sollte die Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule und ihr Zusammenbau mit der zentralen Säule als Option auch in die Ausschreibung der zentralen Säule und des Spulensatzes A, B₁, B₂ und E₁₋₈ mitaufgenommen werden.

- c) Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule und ihre Vormontage durch eine Drittfirma:

Das EIR wird uns spezialisierte Firmen melden, die ihres Erachtens qualitäts- und kapazitätsmässig in der Lage wären, diese Fertigbearbeitung zu übernehmen.

Abnahme und Verantwortung analog zu Fall a).

Eventueller Vorteil:

tiefere Bearbeitungskosten im Vergleich zu Firmen, die für die Herstellung der zentralen Säule in Frage kommen.

Nachteil:

- zusätzliche Transport-, Umschlags- und Wartezeiten im Vergleich zu a) und b)
- gegenüber a): ungünstigeres Recycling der Cu-Abfälle
- gegenüber b): Problem der Gesamtverantwortung

3.8) Terminsituation im EIR:

dem EIR übergaben wir die derzeitigen Entwürfe unserer Terminvorstellungen (Beilagen 2, 3 und 4). Die Beilagen 2 und 4 setzen voraus, dass die Hauptabmessungen des Vakuumgefässes Mitte Oktober 1987 definitif vorliegen.

Basierend auf diesen Beilagen wird uns das EIR eine Grobplanung für den EIR-Herstellungsanteil und die Vormontage des Tokamaks zustellen.

Termin für die Grobplanung: anfangs Oktober 1987.

4) Anträge und ihre Konsequenzen

4.1) Anträge:

Es wird vorgeschlagen:

- 4.1.1 die Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule bei ausgewählten Drittfirmen anzufragen und sie, sowohl bei den potentiellen Cu-Herstellern als auch bei den potentiellen Säulen-Herstellern, als Option, mitanzufragen.

4.1.2 aus Termingründen die Offert-Anfragen für die Cu-Lieferung sowie Bearbeitung und Vormontage der Komponenten der Toroidalspule mit provisorischen Zeichnungen auszuschreiben. Die definitiven Zeichnungen sollten spätestens für die Vertragsverhandlungen bereitstehen, um mit dem/den potentiellen Hersteller(n) die definitiven Vertragsbedingungen vor der Vergabe auszuhandeln.

4.2) Konsequenzen:

zu 4.1.1 - es ist je ein Ausschreibungsdokument für die Cu-Lieferung und die Bearbeitung der Komponenten der Toroidalspule auszuarbeiten und je nach Fall ist für die Optionen letzteres mit der erstgenannten Spezifikation respektiv mit der Ausschreibung der zentralen Säule zu kombinieren.

zu 4.1.2 Mehrarbeit infolge Erstellung sowohl provisorischer als auch definitiver Unterlagen (Zeichnungen und Spezifikationen).

Lausanne, 16. September 1987



J. Köchli

Beilage 1

Qualitativer Vergleich der grundsätzlichen Vergabemöglichkeiten der Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule und ihre Vormontage mit der zentralen Säule des Tokamaks

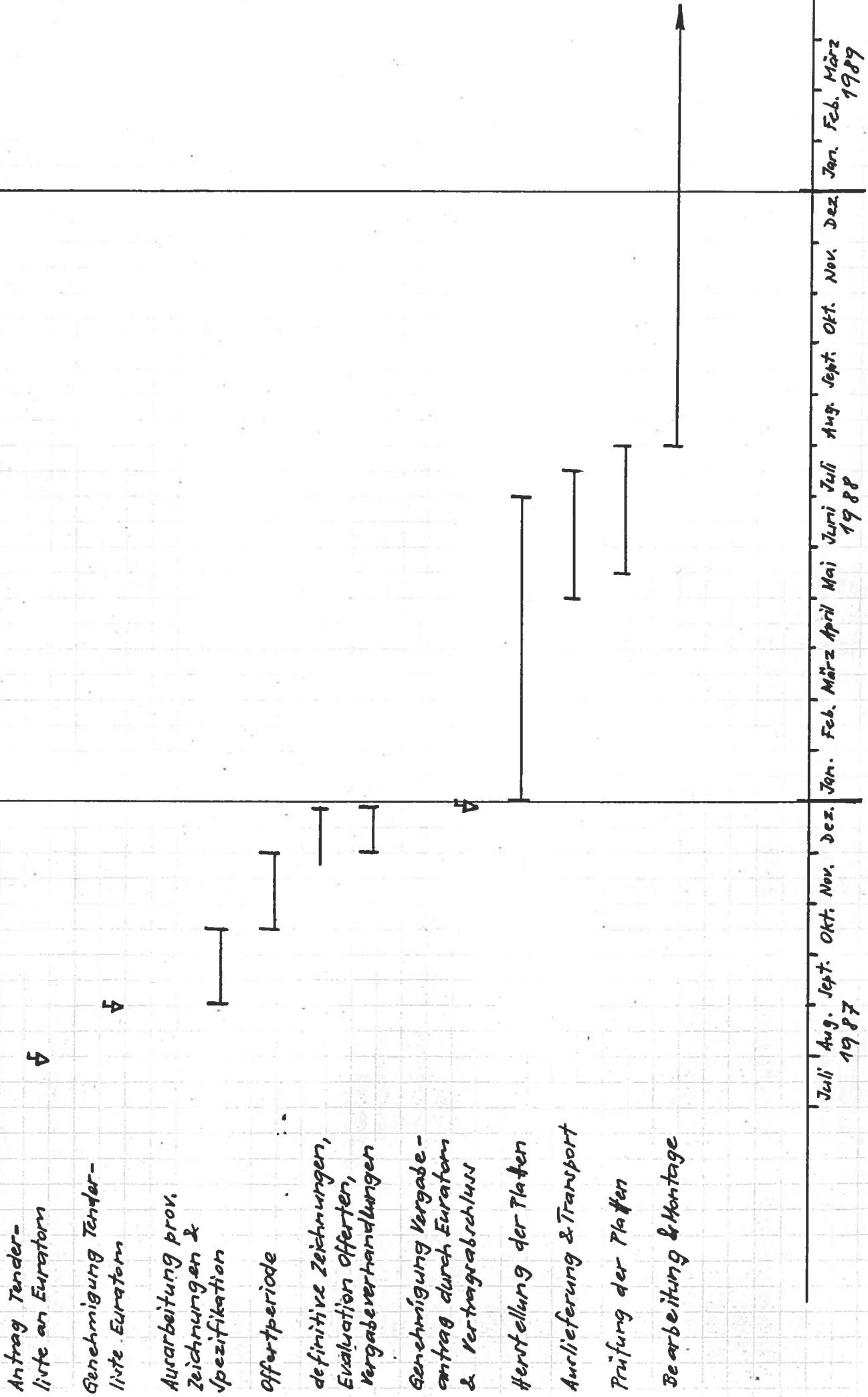
	a)	b)	c)
Arbeitshypothese (gemäss Abschnitt 3.7)			
Fertigbearbeitung der Komponenten der Toroidalspule durch	Cu-Lieferant	Hersteller der zentralen Säule	Drittfirma
Vormontage der Toroidalspule (für Abnahme) durch	Cu-Lieferant	entfällt (mind. als Abnahmebedingung ¹⁾)	Drittfirma
Vormontage der äusseren Toroidalspulelemente mit Säule durch	Säulenhersteller	Säulenhersteller	Säulenhersteller
Flexibilität für Arbeitsabläufe und Zwischenkontrollen relativ	klein	gross	klein
Bearbeitungskosten: overhead eher	klein	gross	klein
Preisliche Konsequenz des Recyclings der Cu-Späne bei Fertigbearbeitung	günstig	ungünstig	ungünstig
Transport- und Wartezeiten bei der Bearbeitung	günstig	günstig	ungünstig
Vergabepolitik: - im Falle Outokumpu:	Cu-Lieferung und Bearbeitung TS ausserhalb Euratom und EG-Länder		flexibel
- im Falle BBC:		Säulenerstellung und Bearbeitung TS in der Schweiz	
Verantwortung für Toroidalspule und Säule	aufgeteilt ²⁾	in einer Hand	aufgeteilt ²⁾

1) interne Angelegenheit des Säulenherstellers
 2) Problem: eindeutige Abgrenzung der Teil-Verantwortungen

Beilage 2

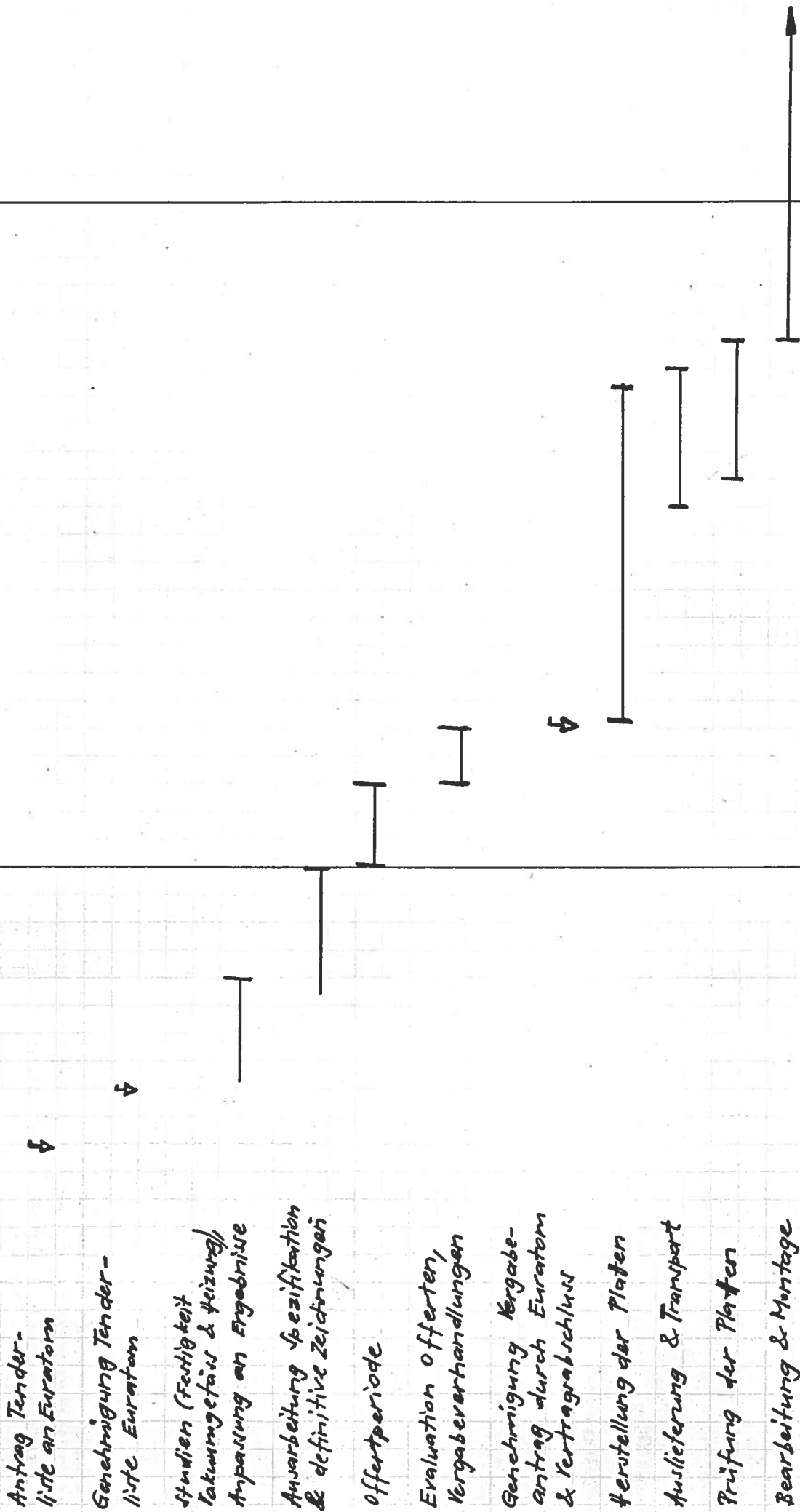
18.8.87 /JK

Terminplan für Fabrikation und Prüfung der Cu Cr Zr - Platten des Toroidalfeldmagneten
Alternative: Ausschreibung der Cu - Platten vor definitiver Festlegung der Abmessungen



July Aug. Sept. Okt. Nov. Dec. 1987
Jan. Feb. März April Mai Juni Juli Aug. Sept. Okt. Nov. Dec. Jan. Feb. März 1989

Terminplan für Fabrication und Prüfung der CuCrZr - Platten der Toroidal-feldmagneten
 Alternative: Ausschreibung der Cu - Platten nach definitiver Festlegung der Abmessungen



Juli Aug. Sept. Okt. Nov. Dez.
1987

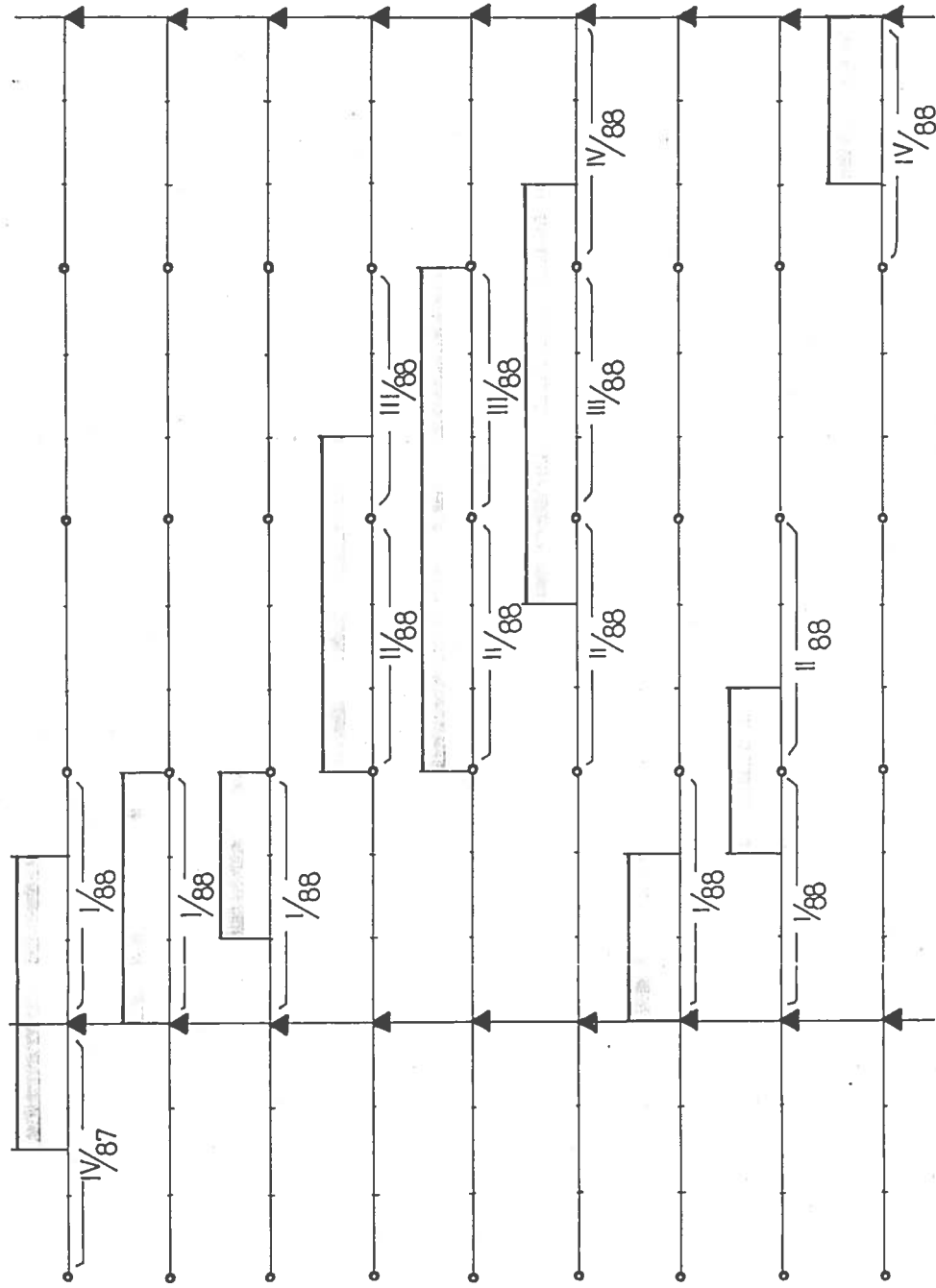
Jan. Feb. März April Mai Juni Juli Aug. Sept. Okt. Nov. Dez.
1988

Jan. Feb. März
1989

TOKAMAK II. (TCV)

EPFL - CRPP

PLANUNGS - ANGABEN DES CRPP FÜR DIE AUSARBEITUNG DER ZEICHNUNGEN



TOROIDALSPULE (Cu Cr Zr)

STROMVERSORGUNG ZWISCHEN DEN PAKETEN DER TOROIDALSPULEN

VERSTÄRKUNGSKONSTRUKTION DER TOROIDALSPULE

TRAGKONSTRUKTION DER POLOIDAL-SPULEN C; D; F 1-8

SPULENTRAGWERK - OBERFLURTRAGWERK (FACHWERK IN MODULBAUART)

UNTERFLURTRAGWERK

FÜSSE FÜR VAKUUMKAMMER

ISOLATIONSMATERIAL FÜR SPULEN

ISOLATIONSMATERIAL FÜR TRAGWERKE