

Den 22. August 1958
Dr. T1/J

Spezifikationen für den 40 MeV Injector des
deutschen Elektronensynchrotrons.

In dem Bericht A 2.2 vom 10.10.57 wurde versucht, vorläufige Forderungen für die Eigenschaften des Injektors aufzustellen, wobei offen gelassen wurde, inwieweit diese Forderungen zu modifizieren sind, wenn die Einzelheiten der technischen Realisierung diskutiert sind und die kommerziellen Probleme ins Spiel kommen. In zahlreichen Besprechungen mit Ingenieuren und Technikern der interessierten Firmen hat sich inzwischen ergeben, dass diese Spezifikationen in allen Punkten aufrecht erhalten werden können. Nur hinsichtlich des Impulsstromes erscheint sowohl vom Standpunkt der Möglichkeiten des Synchrotrons als auch aus Kosten-Erwägungen eine Verminderung angebracht.

Im Folgenden sollen darum die Spezifikationen nochmals in endgültiger Form zusammengestellt werden.

1) Endenergie : 40 MeV

Zu dieser Festlegung führte im wesentlichen die größere Akzeptanz des Synchrotrons, verglichen mit niedrigerer Energie, und das höhere Einschussfeld, nämlich $40,7 \text{ T}$. Nach höheren Energien ist eine Grenze gesetzt durch die Schwierigkeiten des Einlenkens und die Kosten des Beschleunigers. Es gibt weder eine scharfe obere noch untere Grenze für die Injektionsenergie nach diesen Gesichtspunkten. Vielmehr erscheint uns 40 MeV als ein vernünftiger Kompromiß.

2) Energiestreuung : $\pm 0,2 \text{ MeV}$ (0,5%)

Bei einem $\alpha_{\text{max}} = 0,0663$ ergibt diese Forderung eine maximale Abweichung des closed orbit für Teilchen mit abweichender Energie von $\Delta r_{\text{max}} = 1,09 \text{ cm}$. Rechnet man ferner mit einem Anstieg des Injektionsfeldes von $B_{\text{inj}} \approx 2 \cdot 10^5 \text{ T/sec}$, so sieht das Synchrotron, damit konstanter mittlerer Energie über etwa 1 /usec eingeschossen wird, zusätzlich eine Energiestreuung von $\pm 0,1 \text{ MeV}$, wodurch sich die maximale Abweichung vom Sollkreis auf $\Delta r_{\text{max}} = 1,65 \text{ cm}$ erhöht. Diese Ab-

weichung liegt in der Größenordnung der zugelassenen Amplitude für Betatronschwingungen in der horizontalen Richtung ($r_{\beta} \approx 2 \text{ cm}$). Diese Anforderung an die Energiestreuung erscheint daher vom Standpunkt des Aufnahmevermögens der Kammer ebenso wichtig wie die Einhaltung geringer geometrischer Toleranzen des Strahls.

In den Diskussionen mit einer großen Zahl von Fachleuten hat sich ergeben, dass es technische Lösungen zur Erreichung dieser für einen Linearbeschleuniger bisher ungewöhnlich engen Energietoleranzen gibt, gleich ob mit dem von uns zunächst vorgeschlagenen Debuncher oder ohne diesen.

Die Forderung bezieht sich sowohl auf die Streuung der Strahlenergie während eines Pulses, wie auch auf die Abweichungen der mittleren Energie von Puls zu Puls während der Betriebsdauer, etwa 8 Stunden.

3) Winkelstreuung : $\pm 1 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$

Linac-Konstrukteure sind zuversichtlich, dass diese Forderung erreicht werden kann, wenn auch bisher noch keine große Erfahrung hierüber vorliegt. Beim Harwell-Beschleuniger (25 MeV Elektronen Linac) hat der Strahl nach unseren Informationen nach 13 m Laufräum einen Durchmesser von 4 cm, das entspricht $\pm 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ (ohne Korrekturlinsen gemessen).

4) Strahldurchmesser : 1,0 cm

Zusammen mit 3) fordern wir damit eine Emittanz des Linacs in horizontaler und vertikaler Richtung von $0,5 \text{ cm} \cdot \text{mrad}$. Ausgangspunkt der Überlegungen für diese Forderung war damals die GEA-Konstruktion, deren Gaphöhe eine Akzeptanz in vertikaler Richtung von $0,8 \text{ cm} \cdot \text{mrad}$ zulässt, sodass unsere Forderung eine geringe Sicherheit garantierte. Durch die Heraufsetzung der Gaphöhe in der Zwischenzeit ist auch diese Sicherheitsgrenze heraufgesetzt worden. Hiervon sollte jedoch nichts wieder zu Gunsten der Emittanz verschenkt werden.

5) Stromstärke : $0,250 \text{ A/puls}$

Diese Forderung ist so zu verstehen, dass $0,25 \text{ A}$ innerhalb der unter 2) bis 4) gesetzten Grenzen liegen und bedeutet insofern noch keine Änderung der Spezifikation gegenüber früher. Trotzdem gibt es zwei Gesichtspunkte, die es möglich erscheinen lassen, den Strom etwa bis

auf 0,125 A/puls herabzusetzen : 1. Kosteneinsparungen betragen fast 1/4 des Gesamtpreises. 2. Wir können mit der projektierten HF-Leistung im Synchrotron nicht mehr als etwa 0,030 A/puls bis zu 6 GeV beschleunigen nach A 2.17, sodass es theoretisch genügen würde, wenn man annimmt, dass 70% der Teilchen in der richtigen Phase eingefangen werden, nur 0,043 A/puls zu injizieren, da der Verlust durch Gasstreuung vernachlässigbar ist (Berechnungen von Passow).

Wenn man also den Linac für einen höheren Strom auslegt als erforderlich, so geschieht das aus zwei Gründen : 1. Erhöht man den Sicherheitsfaktor; 2. hat man die Möglichkeit, bei kleineren Energien als 6 GeV mit höherem Strom zu experimentieren (am Anfang könnten $\approx 0,300$ A/puls beschleunigt werden). Um wieviel die Stromforderung zu überhöhen ist, bleibt eine Ermessensfrage. Über die zu erwartende Strombilanz im Synchrotron gibt die folgende Tabelle Auskunft:

| | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| 1 | | | |
| (a) injiziert | 0,250 | 0,125 | A/puls |
| b) eingefangen | 0,175 | 0,088 | A/puls |
| | $1,1 \cdot 10^{12}$ | $0,6 \cdot 10^{12}$ | Elektr/puls |
| | 8,8 | 4,4 | /ua |
| (c) beschleunigt auf 6 GeV | 0,030 | 0,030 | A/puls |
| | $0,2 \cdot 10^{-2}$ | $0,2 \cdot 10^{12}$ | Elektr/puls |
| | 1,5 | 1,5 | /ua |
| (b) : (c) | 6 : 1 | 3 : 1 | |

Von der Forderung, die Elektronen mit der Frequenz des Synchrotrons vorzubündeln, haben wir inzwischen Abstand genommen. Es scheint uns, dass die dadurch auftretenden Schwierigkeiten, insbesondere im Zusammenhang mit der Forderung 4) den Aufwand nicht lohnen, wenn man die ohnehin günstige Strombilanz berücksichtigt. Durch die vorgesehene

Synchronisierung von Linac- und Synchrotronfrequenz bleibt die Möglichkeit jedoch für später offen.

6) Betriebsfrequenz und weitere Daten

Für die Betriebsfrequenz haben wir bisher, mit Rücksicht auf die Angebote, wahlweise 2848 MHz oder 2998 MHz festgelegt.

Das HF-Signal wird von DESY bereitgestellt und hat daher die für das Synchrotron erforderliche Genauigkeit (etwa 10^{-5}). Dadurch werden Linac und Synchrotron miteinander synchronisiert.

Wiederholungsfrequenz 50 Hz.

Impulslänge : 1,2 μ sec. Hierunter sei die Zeit verstanden, während welcher der Strahl die unter 1) bis b) geforderten Eigenschaften hat.

Es wird ferner verlangt, dass der Beschleuniger als Ganzes in geringen Grenzen, d.h. etwa 20 cm horizontal und 10 cm vertical justierbar ist.

Alle weiteren Details der Konstruktion sind in Verhandlungen mit den interessierten Firmen festzulegen.