

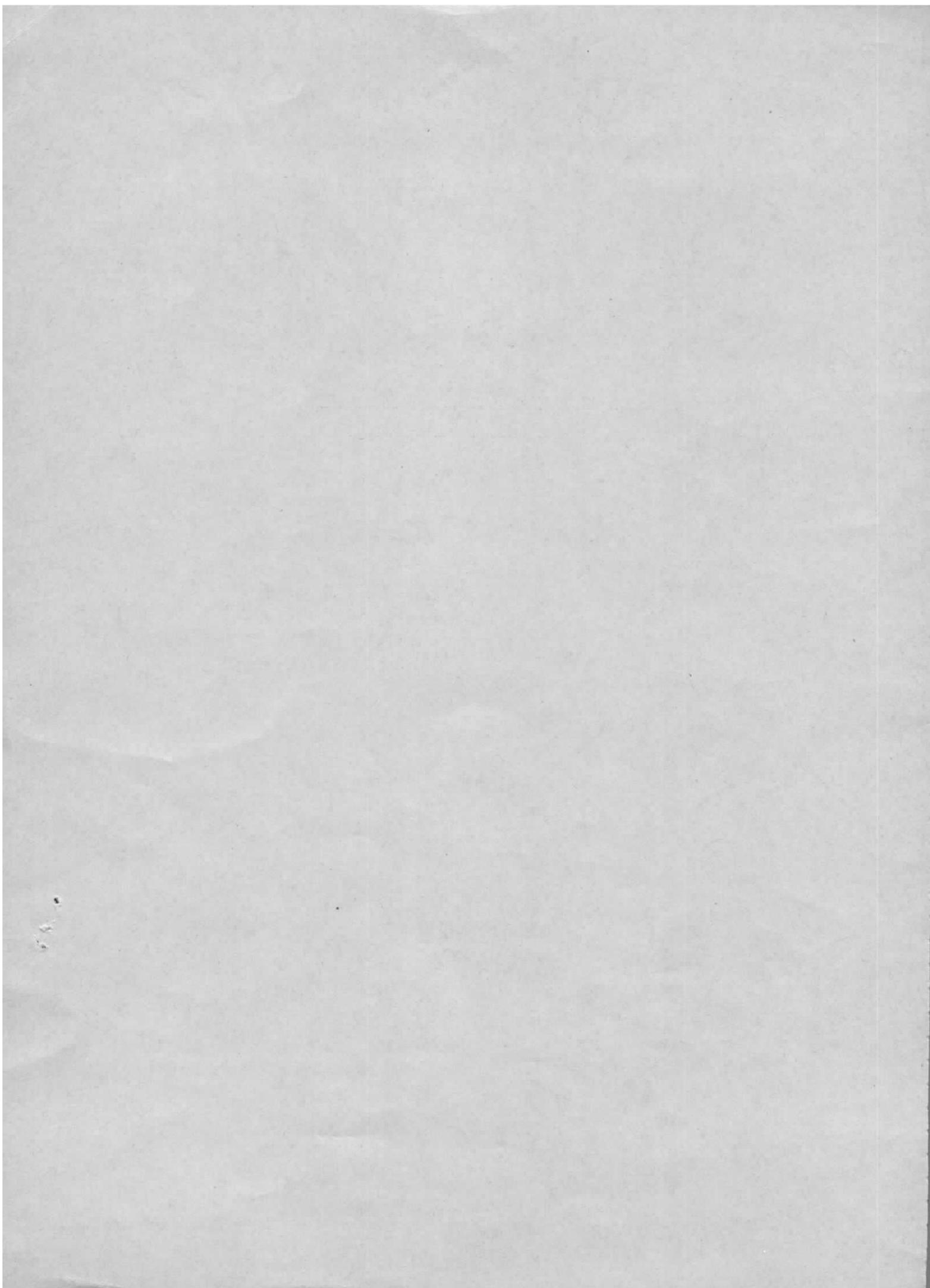
Interner Bericht
DESY H1-74/1
April 1974

DESY-Bibliothek
22. Juli 1974

Injektion von e^+ , e^- und p in DORIS
bei Energien bis zu 5 GeV

von

A. Wrulich



I n h a l t

	Seite
A. Einleitung	1
B. Prinzip der e^+ , e^- und p-Injektion im transversalen Phasenraum	3
1. Störungen durch reale Kickerfunktionen und Abweichung des Phasenvorschubes zwischen den beiden Kickern vom idealen Wert	3
2. Kompensation der Orbitstörungen durch einen Hilfskicker und Ableitung der Injektionsparameter	9
C. HF-Stacking von Protonen im longitudinalen Phasenraum	14

Z e i c h e n

DC	- DC-Septum
δ	- Kick
E_0	- horizontale Enveloppe des gespeicherten Strahles (für $\epsilon_x = 80$ mmradmm)
E_i	- horizontale Enveloppe des Injektionsstrahles
HK	- Hilfskicker
I, IP	- Injektionspunkt
K, K1, K2	- Luftspulenkicker
KK	- Klappenkicker
M	- Transformationsmatrix
x_0	- horizontale Ablage des gespeicherten Strahles
x'_0	- Neigung des gespeicherten Strahles
x_i	- horizontale Ablage des Injektionsstrahles
x'_i	- Neigung des Injektionsstrahles

A. Einleitung

Die prinzipielle Anordnung der Injektion im transversalen Phasenraum unterscheidet sich nicht von ¹⁾. Zur Erhöhung der Einschubeffektivität wird hier der gespeicherte Strahl für die Dauer der Injektion an ein zusätzliches sehr dünnes (1 mm) Septum herangeschoben, wie es in ²⁾ angeregt wurde. Folgenden Abweichungen von den idealen Voraussetzungen wurde hier Rechnung getragen:

1. Ein- und Ausschaltflanke der realen Kickerfunktion
2. Abweichung des Phasenvorschubes zwischen den beiden Kickern vom idealen Wert

Störungen 1 und 2 bewirken Anregungen von Betatronschwingungen des gespeicherten Strahles, sowie eine Vergrößerung der Betatronamplitude des injizierten Strahles - und führen insgesamt zu einer Verkleinerung der Einschubeffektivität. Zur Behebung dieser Störungen kann ein zusätzlicher Hilfskicker verwendet werden.

Im zweiten Teil des Berichtes werden die Injektionsparameter für das HF-Stacking von Protonen abgeleitet ³⁾. Die Protonen werden mit Hilfe eines Klappenkickers auf eine Injektionsbahn mit positiver Energieabweichung eingeschossen. Da nach einem Umlauf der Schaltvorgang beendet sein soll, werden an die Rückflanke des Kickerpulses hohe Anforderungen gestellt.

Allen Betrachtungen liegen die optischen Parameter der Injektionsoptik IV zugrunde (s. Tab. 1)

-
- 1) H. Wiedemann, Interner Bericht H5-71/3, Einschub in den Speicherring
 - 2) H. Gerke et.al., Interner Bericht H-73/6, Überlegungen zur Speicherringinjektion bei Energien bis zu 4 bis 5 GeV
 - 3) Nach Überlegungen von H. Gerke und G. Mülhaupt.

Tabelle 1: Optische Parameter

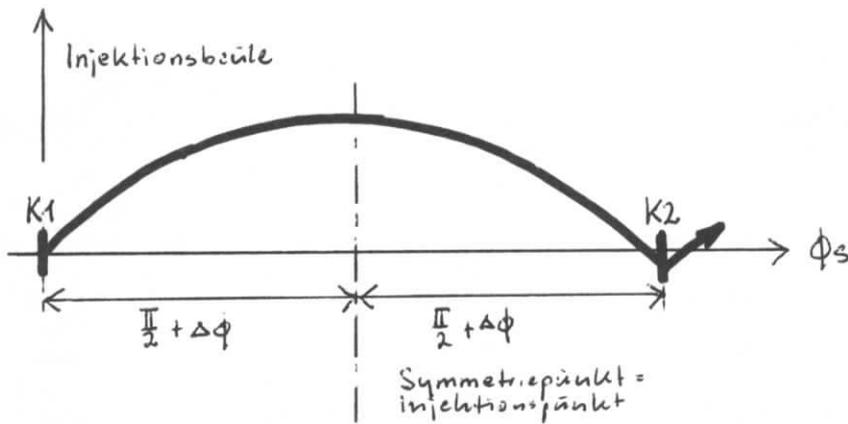
Element	Kurzbezeichnung	Positionskoordinate	β (m)	β'	D (m)	E_o (mm)	ϕ (rad) von K1
Kicker 1	K1	319	9.0	-3.8	2.9	26.8	0
Kicker 2	K2	319	9.0	+3.8	2.9	26.8	3.472
Hilfskicker	HK	372	12.1	2.0	2.7	31.1	1.478
Pulsseptum	PS	372	12.1	-2.0	2.7	31.1	1.993
DC-Septum (Ausgang)	DC	390	22.7	-./.	3.9	42.6	1.812
Klappenkicker	KK	309	17.4	5.7	3.9	37.3	1.8 *

* von KK zu IP

B. Prinzip der $e^+/e^-/p$ -Injektion im transversalen Phasenraum

1. Störungen durch reale Kickerfunktionen und Abweichungen des Phasenvorschubes zwischen den beiden Kickern vom idealen Wert

Zur Vereinfachung der Ableitung treffen wir für diesen Abschnitt die Annahme, daß Symmetriepunkt und Injektionspunkt identisch sind:



$2\Delta\phi$... Phasenabweichung von 180°

Für die Koordinaten der Beule am Injektionspunkt erhält man

$$\begin{aligned} x_{0I} &= \sqrt{\beta_k} \sqrt{\beta_I} \cos \Delta\phi \\ x'_{0I} &= -(\sqrt{\beta_k} / \sqrt{\beta_I}) \sin \Delta\phi \end{aligned} \tag{1}$$

Einfluß auf den gespeicherten Strahl:

Nach dem Kicker bei K_2 hat der Sollstrahl folgende Koordinaten:

$$\begin{aligned} \vec{x}_{0k2} &= M(K2|K1) \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_K \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_K \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} -\cos 2\Delta\phi - L_K \sin 2\Delta\phi & ; & -\beta_K \sin 2\Delta\phi \\ (1/\beta_K)(1-L_K^2) \sin 2\Delta\phi & ; & -\cos 2\Delta\phi - L_K \sin 2\Delta\phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_K \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_K \end{bmatrix} \quad (2) \end{aligned}$$

δ_K ... Kick bei $K1, K2$

M ... Transformationsmatrix

$$L_{K1} = -L_{K2} = L_K$$

Die Phasenabweichung $\Delta\phi$ bewirkt eine Störung des gespeicherten Strahles mit folgender maximalen Ablage:

$$\tilde{x}_0(s) = (\sqrt{\beta_s}/\sqrt{\beta_u}) \left[(1+L_K^2) x_{0K2}^2 + \beta_K^2 x_{0K2}^2 - 2L_K \beta_K x_{0K2} \cdot x'_{0K2} \right] \quad (3)$$

nach Substitution von (2) in (3)

$$\tilde{x}_0(s) = 2\delta_K \sqrt{\beta_s} \sqrt{\beta_u} \sin \Delta\phi \quad (4)$$

Beispiel

$$\delta_K = 1 \text{ mrad}$$

$$\beta_S = \beta_I = 23 \text{ m}$$

$$\beta_K = 9 \text{ m}$$

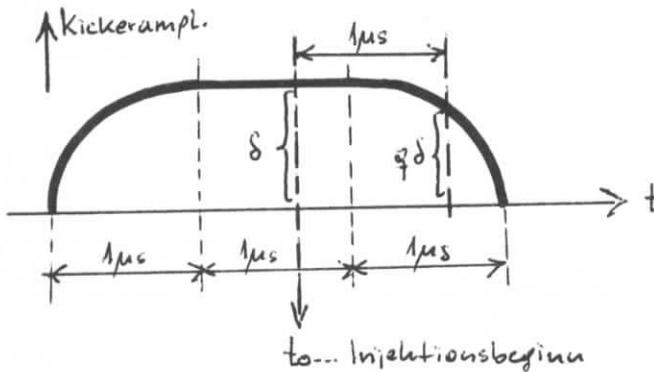
$$\Delta\phi = 15^\circ$$

$$\rightarrow \underline{\tilde{x}_0} = 7.5 \text{ mm}$$

Wirkung auf den Injektionsstrahl

Nach einem Umlauf ist der Ausschaltvorgang der Kicker noch nicht abgeschlossen, wodurch die Teilchen eine zusätzliche Ablenkung erhalten.

Wir legen der Berechnung folgende "reale" Kickerfunktion zugrunde:



Ein Teilchen, das zum Zeitpunkt t_0 injiziert wird, sieht nach einem Umlauf den fraktionellen Anteil q der maximalen Kickerstärke. Für die Teilchenkoordinaten nach Passieren von K2 erhalten wir

$$\vec{X}_{i2} = M(K2|K2) \vec{X}_{i1} + M(K2|K1) \begin{bmatrix} 0 \\ q\delta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ q\delta \end{bmatrix}$$

$$\vec{X}_{i1} = M(K2|IP) \vec{X}_{i0} + \begin{bmatrix} 0 \\ \delta \end{bmatrix}$$

\vec{X}_{i0} ... Eintrittskordinaten des Injektionspulses am IP.

$$X_{i2} = -X_{i0} \left(\frac{\sqrt{\beta_u}}{\sqrt{\beta_z}} \right) \sin(2\pi Q + \Delta\phi) + X'_{i0} \sqrt{\beta_u} \sqrt{\beta_z} \cos(2\pi Q + \Delta\phi) + \delta \beta_u \sin 2\pi Q + q\delta \beta_u \cos \Delta\phi$$

$$X'_{i2} = -X_{i0} \left(\frac{1}{\sqrt{\beta_u} \sqrt{\beta_z}} \right) \left[\cos(2\pi Q + \Delta\phi) + \mathcal{L} \sin(2\pi Q + \Delta\phi) \right] + X'_{i0} \left(\frac{\sqrt{\beta_z}}{\sqrt{\beta_u}} \right) \left[-\sin(2\pi Q + \Delta\phi) + \mathcal{L} \cos(2\pi Q + \Delta\phi) \right] + \delta \left[\cos 2\pi Q + \mathcal{L} \sin 2\pi Q \right] - q\delta \left[\cos 2\Delta\phi + \mathcal{L} \sin 2\Delta\phi \right] \quad (5)$$

Die maximale Ablage erhält man nach Substitution von (5) in eine zu (3) analoge Gleichung für \tilde{X}_i .

$$\tilde{X}_i(s) = \left(\frac{\sqrt{\beta_s}}{\sqrt{\beta_z}} \right) \left\{ (X_{i0} - X_I)^2 + (\beta_I X_{i0} - X_i + g \Delta \phi) + 4q^2 X_I^2 + g^2 \Delta \phi + 2q X_I^2 \left[\frac{\cos 2\pi Q - \cos(2\pi Q - \Delta \phi)}{\cos^2 \Delta \phi} \right] \right\}^{1/2} \quad (6)$$

Der erste Term beschreibt den ungestörten Fall. Der zweite Term kann bei geeigneter Wahl von X_{i0} zum Verschwinden gebracht werden.

Kleine Abweichungen von der Sollphase, d.h. $\Delta \phi \ll \pi/2$, bewirken eine relative Vergrößerung der Betatronamplitude des Injektionsstrahles um

$$\frac{\Delta X_i}{X_{i0} - X_I} = \frac{2q X_I^2 \Delta \phi [q \Delta \phi - \sin 2\pi Q]}{(X_{i0} - X_I)^2} \quad (7)$$

Beispiel: Maximalwert für $q = 1$; $\sin 2\pi Q = -1$

$$\Delta \phi = 15^\circ$$

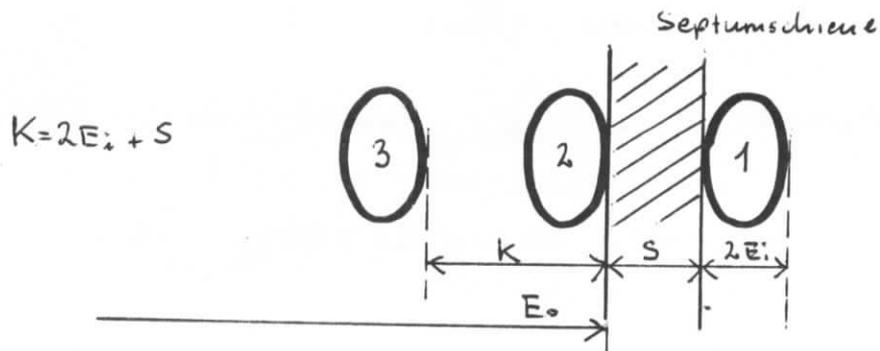
$$X_{i0} = 60 \text{ mm}$$

$$X_I = 20 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \frac{\Delta X_i}{X_{i0} - X_I} = .165 = 16.5 \%$$

Änderung der Einschubfrequenz und Kickerstärke durch die Vergrößerung der Betatronamplitude:

Für den Idealfall nimmt der injizierte Strahl während der Einschubprozedur folgende Positionen ein:



E_0 ... Enveloppe des gespeicherten Strahles (6σ)

E_i ... Enveloppe des Injektionsstrahles (fehlangepaßt)

K ... Ablage der Kickerbeule am Injektionspunkt

Pos.1: Injektionsstrahl während des Einschusses

2: Injektionsstrahl nach Rücknahme des Kicks

3: Injektionsstrahl vor dem Wiedereinschuß (im ungünstigsten Phasenfall und ohne Berücksichtigung von nichtlinearen Effekten)

Beim Wiedereinschuß wird vom vorhergehenden Injektionspuls nichts abgestreift, wenn

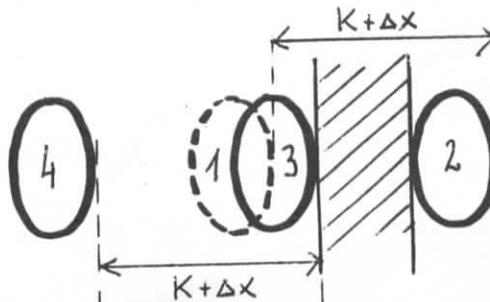
$$E_0 e^{-\frac{t_i}{\tau}} < E_0 - K$$

τ .. Dämpfungszeit

Damit folgt für die Zeit t_i zwischen zwei Injektionspulsen

$$t_i = \tau \ln \frac{E_0}{E_0 - K}$$

Mit Amplitudenstörung wird bei gleicher Wartezeit t_i , nach Rücknahme des Kicks ein Teil des alten Injektionspulses am Septum verlorengehen. Um das zu vermeiden, müssen Kickerstärke und t_i erhöht werden.



Δx .. Vergrößerung der Betatronamplitude

Pos.1: Fiktiver Injektionsstrahl vor dem Einschuß

Pos.2,3,4 entsprechen den Positionen 1,2,3 von vorhin.

Es wird nichts abgestreift, wenn

$$E_0 e^{-\frac{\Delta x}{\tau}} < E_0 - K - \Delta x$$

und es folgt für den zeitlichen Abstand zwischen 2 Injektionen

$$\tilde{t}_i = \tau \ln \frac{E_0}{E_0 - K - \Delta x}$$

Relative Vergrößerung der Wartezeit

$$\frac{\Delta t}{t_i} = \frac{\ln \frac{E_0 - K}{E_0 - K - \Delta x}}{\ln \frac{E_0}{E_0 - K}} \approx \frac{1}{t_i} \frac{\Delta x}{E_0 - K} \quad \text{für } \Delta x \ll E_0 - K$$

Beispiel: $E_0 = 42 \text{ mm}$

$K = 15 \text{ mm}$

$$\Delta x = 5 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta t}{t_i} = .63 = 63 \%$$

Bei den Werten der hier angegebenen Zahlenbeispiele handelt es sich um obere Grenzwerte. Die optimalen Einschußparameter liegen günstiger, solange bei vorzeitiger Injektion die Zahl der zugeführten Teilchen pro Zeiteinheit größer ist, als jene, der am Septum abgestreiften Teilchen.

2. Kompensation der Orbitstörungen durch einen Hilfskicker und Ableitung der Injektionsparameter

Die relativen Lagen der beiden Kicker, Hilfskicker, Pulsseptum und DC-Septum sind aus Diagramm 1 zu entnehmen.

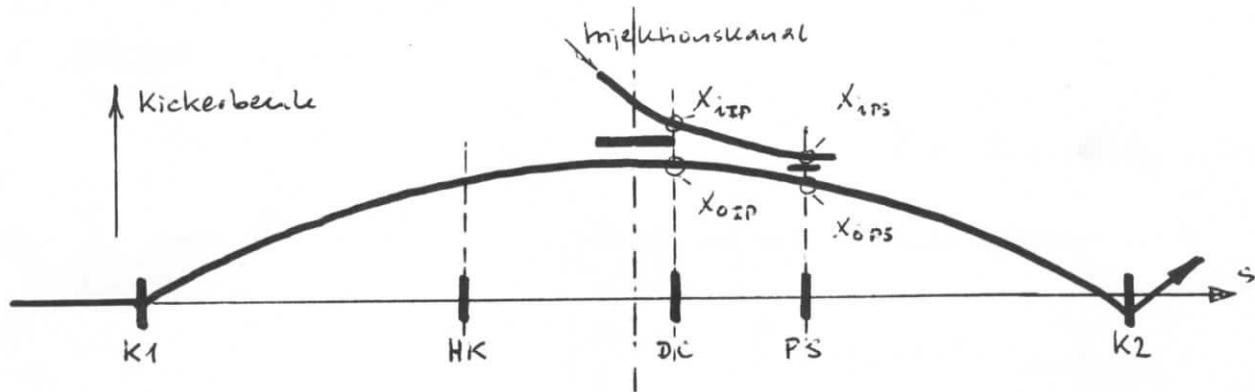


Diagramm 1

Nach Passieren des Sollstrahles von K2 soll die Orbitbeule identisch Null verschwinden.

$$M(K2|K1) \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_1 \end{bmatrix} + M(K2|HK) \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_H \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

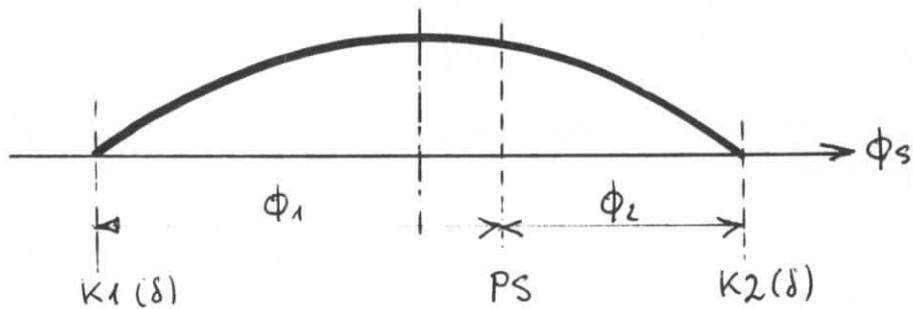
Aus obigem Gleichungssystem erhält man für die relativen Kickerstärken

$$\delta_{HK} = .28 \delta_{K1}$$

$$\Delta_{K2} = .92 \Delta_{K1}$$

Lage und Form der Emittanzellipsen am Ort des Pulsseptums sind aus Diagramm 2 ersichtlich. Sie bestimmen die erforderliche Kickerbeule x_o^{PS} und die optimale Position der Septumschiene (ohne Gleichstrombeule).

Zur Ableitung der idealen Lage und Anpassung des Injektionsstrahles am Pulsseptum minimalisieren wir die Betatronamplitude des injizierten Strahles.



$$\phi_1 + \phi_2 = \pi + 2\Delta\phi$$

Injektionspuls nach dem Kick bei K2:

$$\vec{X}_{iK2} = M(K2|PS) \vec{X}_{iDC} + \begin{bmatrix} 0 \\ \delta \end{bmatrix}$$

$$X_{iK2} = X_{iDC} \left(\frac{1}{\beta_u} / \frac{1}{\beta_I} \right) \left[\cos\phi_2 + L_I \sin\phi_2 \right] + X_{iDC}' \frac{1}{\beta_u} \frac{1}{\beta_I} \sin\phi_2$$

$$X_{iK2}' = X_{iDC}' \left(\frac{1}{\beta_u} / \frac{1}{\beta_I} \right) \left[(L_u + L_I) \cos\phi_2 - (1 - L_I L_u) \sin\phi_2 \right] + X_{iDC} \left(\frac{1}{\beta_I} / \frac{1}{\beta_u} \right) \left[\cos\phi_2 + L_u \sin\phi_2 \right] \quad (8)$$

Durch Substitution von (8) in (3) erhält man für die Amplitude der Betatronschwingung

$$A(s) = \underbrace{(X_{iPS} - X_{oPS})}_{\xi} \frac{\sqrt{\beta_s}}{\beta_I} \left\{ 1 + \left[\frac{\alpha_I \xi + \beta_I \xi'}{\xi} \right]^2 \right\}^{1/2}$$

Sie wird minimal für

$$\alpha_I \xi + \beta_I \xi' = 0 \quad \text{bzw.} \quad \frac{\xi'}{\xi} = -\frac{\alpha_I}{\beta_I} = \frac{E_0'}{E_0}$$

es folgt für die Koordinaten des Injektionsstrahles

$$X_{iPS} = \xi + X_{oPS} = E_0' - E_i + X_{oPS}$$

$$X_{iPS}' = \xi' = E_0' (1 - E_i/E_0) + X_{oPS}'$$

(s. Diag. 2)

Phasenellipsen am Injektionspunkt

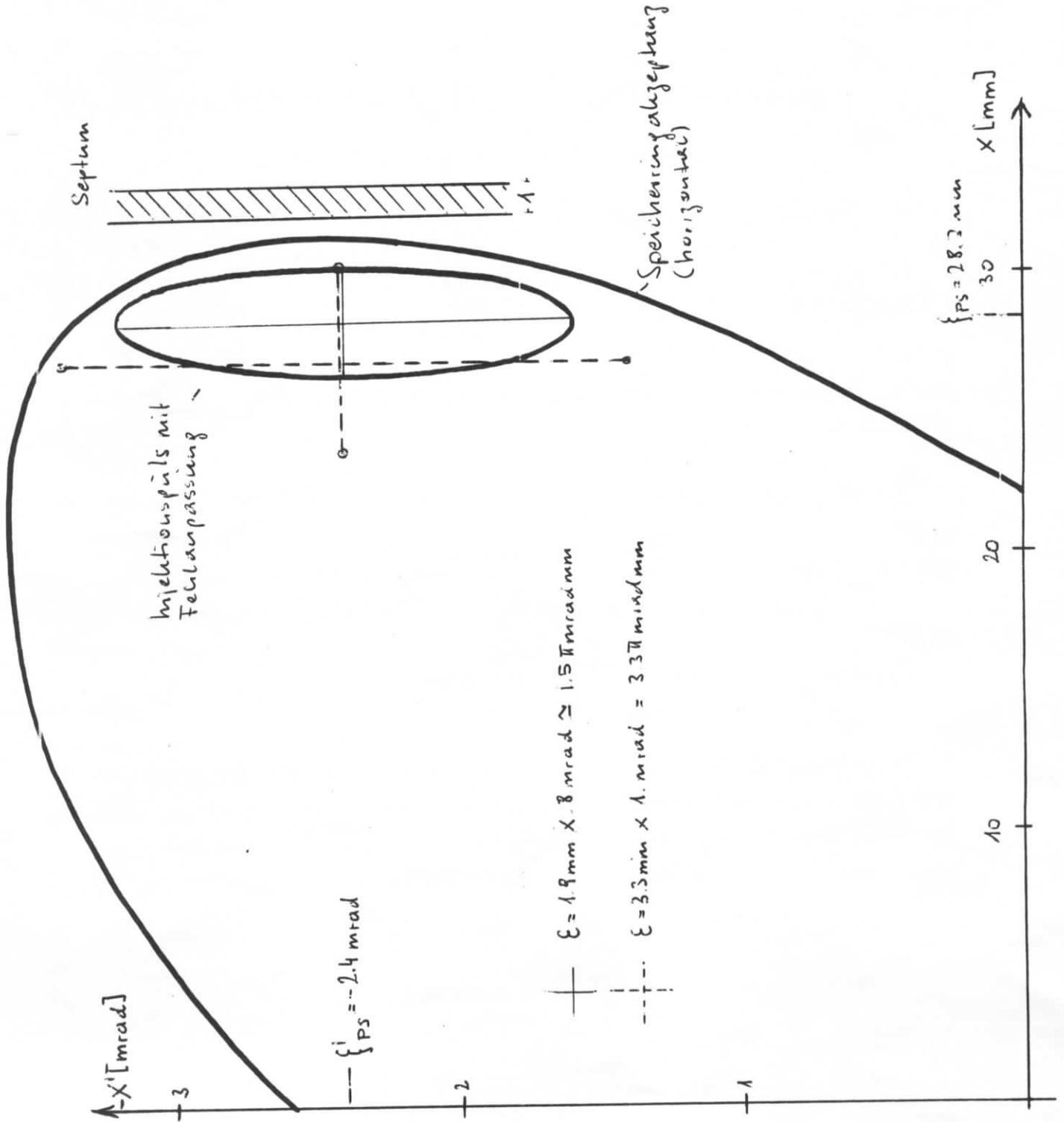
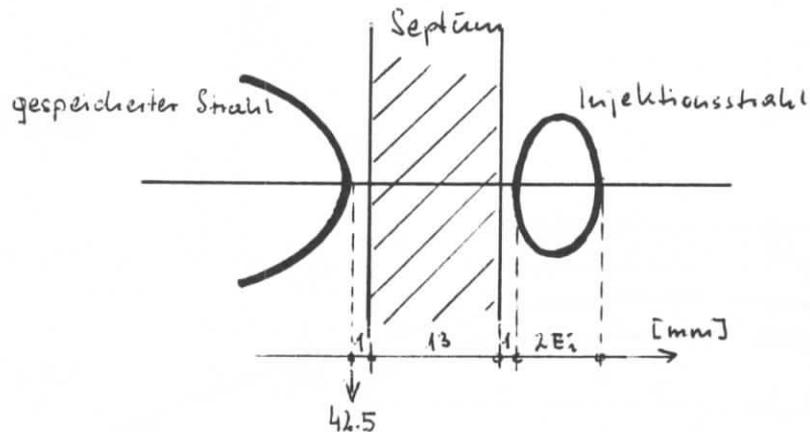


Diagramm 2

Strahllage am Ausgang des DC-Septums:

Die Septumschiene wird bis auf 1 mm an den Strahl (6 Standardabweichungen) herangeschoben.



Man liest aus der Skizze für die Ablage des Injektionsstrahles am DC-Septum folgende Beziehung ab:

$$X_{iDC}(\text{mm}) = 42.5 + 1 + 13 + 1 + E_i = E_o + \quad + E_i + 2(\text{Toleranz})$$

und kann daraus die erforderliche Ablenkung δ_{PS} des Pulsseptums berechnen.

$$\vec{X}_{iDC} = M(\text{DC} | \text{PS}) \begin{bmatrix} X_{iPS} \\ X_{iPS}' + \delta_{PS} \end{bmatrix}$$

Die Berechnung der Injektionsparameter wurde für 1 GeV mit der dabei auftretenden maximalen Emittanz (der Positronen) von $\epsilon_x = 3.3\pi\text{rad mm}$, sowie für 5 GeV mit $\epsilon_x = 1.5\pi\text{rad mm}$ durchgeführt. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für diese beiden Fälle zusammengestellt.

Tabelle 2: Injektionsparameter bei Injektion im transversalen Phasenraum

Akzeptanz	$\epsilon_0 = 80 \pi \text{ mrad mm}$
Emittanzen der Injektionsstrahlen	$\epsilon_i^{1 \text{ GeV}} = 3.3 \pi \text{ mrad mm}$
	$\epsilon_i^{5 \text{ GeV}} = 1.5 \pi \text{ mrad mm}$
Relative Kickerstärken	$\delta_{K1} = .92 \delta_{K2}$
	$\delta_{KK} = .28 \delta_{K2}$
PS-Septumbreite	1 mm
DC-Septumbreite	13 mm
Abstand PS - Strahlachse	32 mm
Abstand DC - Strahlachse	43.5 mm

Energie = 1 GeV:

Pos.	E_0 (mm)	E_i (mm)	X_0 (mm)	X'_0 (mrad)	X_i (mm)	X'_i (mrad)	δ (mrad)	Be (Γm)
		(fehlangepaßt)						
KK	26.8						1.05	50
PS	31.1	3.3	10.6	-.93	37.5	-3.33	4.0	132
DC	42.5	4.5			62.0	-2.22		

Energie = 5 GeV:

KK	26.8						.75	124
PS	31.1	1.9	7.8	-.68	36.1	-3.1	4.1	675
DC	42.5	2.6			60.1	-2.25		

C. HF-Stacking von Protonen im longitudinalen Phasenraum

Breite und Höhe des Betatronstrahles sind äquivalent und sollen mindestens der natürlichen Strahlbreite des Elektronenstrahles entsprechen.

$$W_x = W_z = W_x^e \text{ nat} = 2 \sqrt{\epsilon_x \text{ nat} \cdot \beta}$$

Mit $\epsilon_x^e \text{ nat} (3\text{GeV}) = .84 \pi \text{ mrad mm}$ und

$$\epsilon(p) = \epsilon(p_0) \frac{p}{p_0}$$

leiten wir für die Protonenemittanzen folgende Werte ab:

$$\epsilon \approx 2.5\pi \text{ mrad mm für } 1 \text{ GeV und } 2\sigma \text{ Strahlbreite}$$

$$\epsilon \approx 1.1\pi \text{ mrad mm für } 5 \text{ GeV und } 3\sigma \text{ Strahlbreite}$$

Das Schema der Injektion ist aus Diagramm 3 ersichtlich; die optischen Parameter für die relevanten Positionen aus Tabelle 1. Die Lage der Septa soll nicht geändert werden, so daß sich für das HF-Stacking insgesamt folgende Randbedingungen ergeben (ohne Gleichstrombeule):

Abstand des Pulsseptums von der Strahlachse:	32 mm
Abstand des DC-Septums " " " :	43.5 mm
Pulsseptumbreite:	1 mm
DC-Septumbreite:	13 mm
Klappenkickerbreite	10 mm
Stackbreite	$\pm 5 \%$

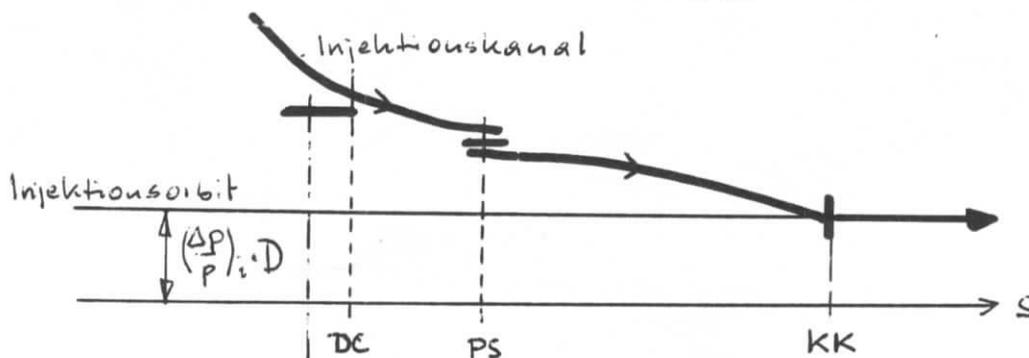


Diagramm 3

Für die Energieabweichung der Injektionsbahn sind Pos. 303 mit maximaler Dispersion und das DC-Septum begrenzend. Ohne Gleichstrombeule ist eine maximale Impulsabweichung von $(\frac{\Delta p}{p})_i = 9\%$ (für die angeführten Strahlmittanzten bei 1 und 5 GeV) zulässig.

Die Lage des Injektionsstrahles beim Klappenkicker legt die optimale Position desselben fest.

Kickerabstand von der Strahlachse:

$$x_{KK}^{\text{Innenkante}} = x_i^{KK} - \text{Kickerbreite} - (E_i)_{\text{max}} - 1 \text{ (Toleranz)} = 17.5 \text{ mm}$$

Daraus läßt sich die erforderliche Verschiebung des Stack-Schwerpunktes vom Sollkreis herleiten.

$$\left(\frac{\Delta p}{p}\right)_{\text{außen}} = 2.5\% ; \left(\frac{\Delta p}{p}\right)_{\text{innen}} = 7.5\%$$

Die relativen Strahllagen zeigt Diagramm 4.

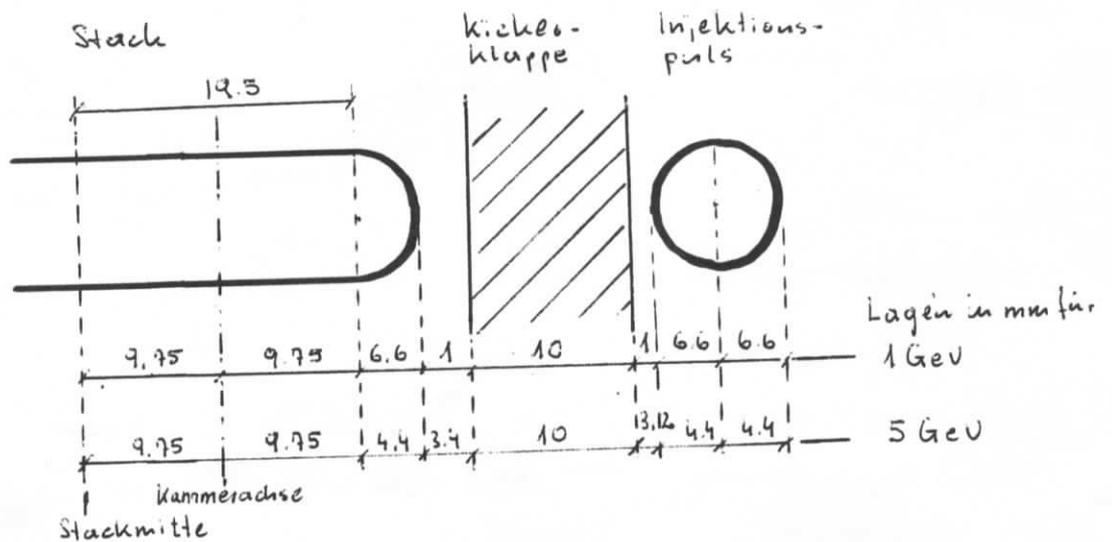


Diagramm 4 : Strahlgeometrie - Klappenkicker

Die Lage des Injektionsorbits (mit und ohne Kick) beim Pulsseptum ist im Diagramm 4 skizziert.

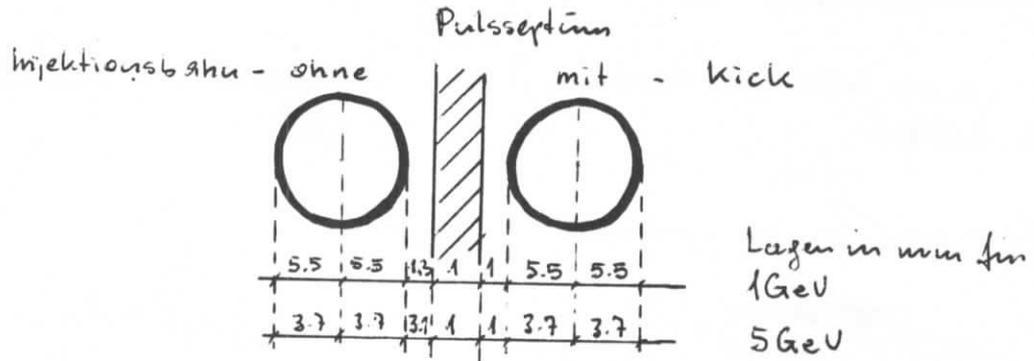


Diagramm 5: Strahlgeometrie - Pulsseptum

Aus Diagramm 5 lesen wir für die Größe der Kickerbeulen folgende Werte ab

$$K_1 = 14.3 \text{ mm für } 1 \text{ GeV}$$

$$K_5 = 12.5 \text{ mm für } 5 \text{ GeV}$$

Aus den Beziehungen

$$\begin{aligned} X_{iPS}^{\text{ohne kick}} &= \left(\frac{\Delta y}{r}\right)_i D_{PS} = 25.2 \text{ mm} \\ \vec{X}_{iPS}^{\text{mit kick}} &= \left(\frac{\Delta y}{r}\right)_i \vec{D}_{PS} + M(PS|KK) \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_K \end{bmatrix} \end{aligned}$$

resultieren ferner Kickerstärke und Steigung der Injektionsbahn am Ort des Pulsseptums

$$\delta_{KK} = .99 \text{ mrad}$$

$$X'_{iPS} = 1.1 \text{ mrad für } 1 \text{ GeV}$$

$$\delta_{kk} = .86 \text{ mrad}$$

$$X'_{iPS} = .96 \text{ mrad für } 5 \text{ GeV}$$

Zur Berechnung der Ablenkstärke des Pulsseptums sind in Diagramm 6 die Strahl-lagen am Ort des DC-Septums wiedergegeben.

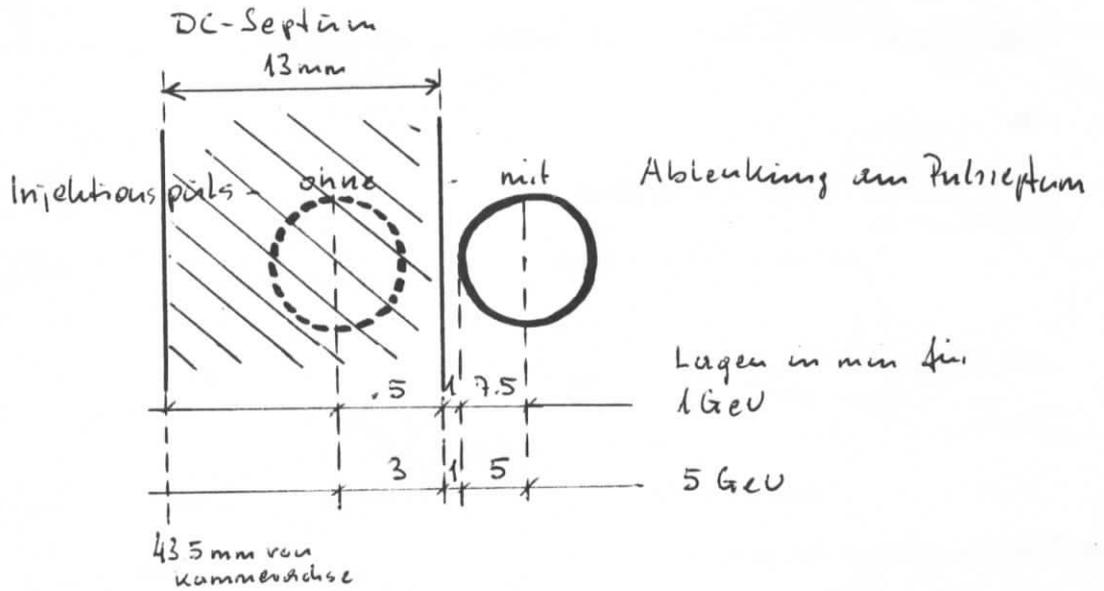


Diagramm 6: Strahlgeometrie - DC-Septum

Wir transformieren den Injektionsstrahl (mit und ohne Ablenkung am Pulsseptum) zum DC-Septum

$$\begin{aligned} \vec{X}_{iDC} \text{ ohne Kick} &= \left(\frac{\Delta p}{p}\right)_i \vec{D}_{DC} + M(DC|KK) \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_{KK} \end{bmatrix} \\ \vec{X}_{iDC} \text{ mit Kick} &= \left(\frac{\Delta p}{p}\right)_i \vec{D}_{DC} + M(DC|KK) \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_{KK} \end{bmatrix} + M(DC|PS) \begin{bmatrix} 0 \\ \delta_{PS} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

und erhalten für die Ablenkstärken des Pulsseptums sowie für die Neigung der Injektionsbahn beim DC-Septum

$\delta_{PS} = 3 \text{ mrad}$	$X'_{iDC} = 1.8 \text{ mrad}$	für 1 GeV
$\delta_{PS} = 2.7 \text{ mrad}$	$X'_{iDC} = 1.6 \text{ mrad}$	für 5 GeV

In Tabelle 3 sind die Injektionsparameter für das HF-Stacking nochmals zusammengestellt.

Tabelle 3: Injektionsparameter für HF-Stacking

Stackbreite	$\frac{\Delta p}{p} = \pm 5 \text{ ‰}$
Energieabweichung des Injektionsorbits	$(\frac{\Delta p}{p})_i = 9 \text{ ‰}$
Emittanzen der Injektionspulse	$\epsilon_i \text{ 1 GeV} = 2.5 \text{ } \pi \text{ mrad mm}$ $\epsilon_i \text{ 5 GeV} = 1.1 \text{ } \pi \text{ mrad mm}$
PS-Septumbreite	1 mm
DC-Septumbreite	13 mm
Breite des Kickerschildes	10 mm
Abstand KK-Strahlachse	17.5 mm
Abstand PS-Strahlachse	32 mm
Abstand DC-Strahlachse	43.5 mm

Energie = 1 GeV:

Pos.	E_o (mm)	E_i (mm)	$(\frac{\Delta p}{p})_i$ D	X_i (mm)	X'_i (mrad)	δ (mrad)	Be
KK	37.3	6.6	35.1			1.0	33
PS	31.1	5.5	25.2	39.8	-1.1	3.0	99
DC	42.5	7.5	34.8	64.5	-1.83		

Energie = 5 GeV:

KK	37.3	4.4	35.1			.86	142
PS	31.1	3.7	25.2	37.7	-.96	2.7	446
DC	42.5	5.0	34.8	61.3	-1.66		