

DESY A 2.40

Hamburg, den 27.1.1959
Dr.Vo/Schw.

Der Injektionsweg

Allgemeine Gesichtspunkte

Für die Festlegung des Einschubweges vom Linearbeschleuniger in das Synchrotron sind folgende Gesichtspunkte maßgebend:

- 1) Die elektrische Feldstärke des Einlenkkondensators soll so niedrig wie möglich gehalten werden, damit das Abschalten dieses Kondensators in der geforderten Zeit (ca. 10^{-7} s) nicht zu schwierig wird.
- 2) Elektronen mit von der Sollenergie abweichender Energie sollen auf die zugehörigen Gleichgewichtsbahnen im Synchrotron gebracht werden.
- 3) Die Strahlgeometrie des Linacs muß durch geeignete Elemente an das Synchrotron angepaßt werden (die Emittanz-Phasenflächen $r-r'$ und $z-z'$ des Linearbeschleunigers müssen simultan auf die entsprechenden Acceptanz-Phasenflächen des Synchrotrons abgebildet werden).
- 4) Es muß genügend Platz vorgesehen werden, um gegebenenfalls Debuncher, Justierspulen und Strahlennachweisgeräte in den Strahlengang einzubauen.

Wegen Punkt 1) ist es zweckmäßig, die Elektronen in der Ringebene mit möglichst geringer Neigung gegen die Tangente in das Synchrotron einzuschießen. Das bedeutet, daß der Strahl das magnetische Streufeld des vorhergehenden Magneten (ein offener Sektor*) durchsetzen muß. Für die Berechnung des Einschubweges ist die Kenntnis dieses Streufeldes also erforderlich.

*Ein offener, d.h. radial defokussierender Sektor ist aus verschiedenen Gründen vorzuziehen:

1. Das elektrische Einlenkfeld kann kleiner sein als beim geschlossenen Sektor.

2. Konstruktiv ist es beim geschlossenen Sektor schwieriger, den Strahl durch das sehr enge gap zu führen.
3. Die Abweichungen von einer linearen Transformation sind im defokussierenden Sektor kleiner, da bezüglich der radialen Komponente der Strahlquerschnitt enger ist und das Feld (wegen der größeren Ausdehnung des Streufeldes) besser bereichsweise linear genähert werden kann.

Z.Zt. können von der Magnetgruppe jedoch nur ein wahrscheinlicher Streufeldverlauf angegeben werden und zwei Feldverläufe, die mit Sicherheit Grenzwerte darstellen (s. Fig. 1). Die folgenden Rechnungen haben daher auch nur die Bedeutung, daß die Grenzwerte für das Injektionssystem angeben.

Integration der Bahnkurven

Bei den numerischen Berechnungen wurde der Elektronenstrahl rückwärts verfolgt vom Ende des Inflektors angefangen durch das elektrische Feld, das feldfreie Stück zwischen Kondensator und Magnet und durch das Streufeld des Magneten. Die Rechnungen wurden in einem kartesischen Koordinatensystem durchgeführt, dessen x-Achse mit der Längsachse des Kondensators zusammenfällt und dessen 0-Punkt durch den Beginn des Magnetfeldes (vom Inflektor her gesehen) definiert ist. In diesem System wurden alle Bahnkurven durch schrittweise Integration bis zum Wert $x = 4$ m ermittelt (s. Fig. 2). (An dieser Stelle ist man i.allg. weit genug vom Sollkreis entfernt, um die Integration abbrechen zu können).

Bei den Rechnungen handelt es sich um eine numerische Integration der Bahnkurven in 50 Schritten. Innerhalb des einzelnen Schrittes wurde ein konstantes Magnetfeld von einer mittleren Größe angenommen. Die Genauigkeit der Endwerte bei $x = 4$ m beträgt:

für den y - Wert $\pm 0,02$ mm

für den y' - Wert $\pm 0,0035$ mrad

(ermittelt durch Variation der Schrittweite);

die Integration einer Bahnkurve dauert auf der IBM im Bell-Code ca. 6 min.

Den Rechnungen liegen die in der DESY-Notiz A 2.38 vom 6.11.58 angegebenen Parameter für das Synchrotron zugrunde.

Sollbahn

Die Rechnungen ergaben, daß für die projektierte Länge des Einlenkkondensators von 1,75 m eine elektrische Feldstärke von 10 kV/cm ausreicht, damit der rückwärts verfolgte Elektronenstrahl noch gut an der vorhergehenden HF-Einheit vorbeikommt (s. Fig. 2). Bei $x = 5,6$ m, etwa in der Mitte des vorhergehenden geraden Stückes (s. Fig. 2), ist dann der Strahl genügend weit vom Sollkreis entfernt (54 cm), um das Aufstellen von Ablenkmagneten zu gestatten. Zunächst wurden deshalb die elektrischen Feldstärken ermittelt, die bei Vorliegen der verschiedenen magnetischen Streufeldkurven erforderlich sind, um den Strahl bei $x = 5,6$ m stets auf den gleichen y -Wert ($y = 7,7$ cm) zu bringen. Bei Vorliegen der Streufeldkurven I, II bzw. III sind das die elektrischen Feldstärken 10,25; 9,7 bzw. 10,00 kV. Der Winkel des Strahls mit der x -Achse, y' , nimmt dann allerdings die verschiedenen Werte $-8,80$ mrad, $-4,40$ mrad bzw. $-6,25$ mrad an. Der Abstand der Einschussollbahn von der Synchrotronsollbahn ist an der Vorderseite der HF-Einheit 40,5 cm. Bei einem maximalen Durchmesser der HF-Einheit von 65 cm bleiben somit noch 8 cm bis zur Einschussollbahn.

Teilchen mit Energieabweichung

Damit Elektronen, die sich vom idealen Sollteilchen nur durch eine Energieabweichung unterscheiden, keine zusätzlichen Betatronschwingungen neben den Synchrotronschwingungen machen, sollen sie bei der Injektion an ihre jeweilige Gleichgewichtsbahnen angepaßt werden. Aus der Synchrotronstruktur ergibt sich, daß dazu Elektronen mit $\pm 0,5$ % Energieabweichung bei $x = -2,1$ m, dem "Injektionspunkt" (s. Fig. 2) y -Werte von $\pm 0,9035$ cm und y' -Werte von $\mp 1,183$ mrad haben müssen. Das entspricht an der Stelle $x = 5,6$ m bei Vorliegen der verschiedenen Streufeldkurven den Abweichungen von der Sollbahn:

	Δy	$\Delta y'$
Kurve I (max. Streufeld)	$\pm 0,8909$ cm	$\pm 1,1196$ mrad
Kurve II (min. Streufeld)	$\pm 1,081$ cm	$\pm 1,56$ mrad
Kurve III (wahrscheinl. Streufeld)	$\pm 0,9688$ cm	$\pm 1,332$ mrad

Die Abweichungen von der Sollbahn sind bis zu diesen Werten in sehr guter Näherung proportional den Energieabweichungen. Fig. 3 zeigt die Bewegung des Sollteilchens im Streufeld bei Vorliegen verschiedener Streufeldkurven und die Bewegung der um 0,5 % in der Energie abweichenden Teilchen (Feldverlauf III vorausgesetzt).

Das Energieanpassungssystem

Das magnetische Ablenkensystem, welches an der Stelle $x = 5,6$ m folgt, muß nun also folgende Forderungen erfüllen:

- 1) Die y - und y' -Werte für Teilchen abweichender Energie müssen erreicht werden.
- 2) Die Anordnung soll genügend flexibel sein, um ohne große Änderungen die Energieanpassung bei Vorliegen eines innerhalb der Grenzen beliebigen Streufeldes zu erreichen. (Die Lage und Größe des Linac-Gebäudes müssen zu einer Zeit festgelegt werden, wo das Magnetstrefeld voraussichtlich noch nicht genau bekannt ist).
- 3) Die Baulänge in der x -Richtung soll möglichst klein sein.
- 4) Das System muß derart fokussierende Eigenschaften haben, daß die Querdimensionen des Strahls nirgends zu groß werden.

Ferner wäre es nach verschiedenen Gesichtspunkten wünschenswert, im Magnetsystem die Gesamtablenkung Null zu haben.

Die unter Berücksichtigung dieser Punkte vorgeschlagene Anordnung besteht aus 2 Ablenkmagneten mit je einem Krümmungsradius von 2 m und einem brechenden Winkel von 30° mit einer Laufstrecke von 2,256 m zwischen den Magneten. (s. Fig. 2). In der Mitte der Laufstrecke befindet sich eine radial defokussierende Quadrupollinse mit einer Brennweite von $f_r = -3,24$ m. Nur unter Berücksichtigung der Erfordernisse der Energieanpassung sind auch Anordnungen ohne Verwendung von Quadrupollinsen möglich. Der Einbau einer vertikal fokussierenden Quadrupollinse ist aber notwendig, da einmal die rückwärts transformierte Acceptanz-Ellipse des Synchrotrons für die vertikale Richtung, wie später gezeigt wird, gerade bei $x = 5,6$ m zu einem crossover führt und bei größeren x -Werten in der vertikalen Richtung stark divergiert, zum anderen die Forderung der Flexibilität mit einer

derartigen Linse leichter zu erfüllen ist. Die Flexibilität der Anordnung zeigt sich darin, daß bei Vorliegen der magnetischen Streufeldkurve I (statt der z.Zt. als wahrscheinlich angenommenen Kurve III) nur Brennweite und Lage der Vierpollinse verändert werden müssen. ($L = 0,415$ m; $f_r = -0,450$ m); für die andere Grenzkurve II sind die entsprechenden Werte: $L = 1,92$ m und $f_r = -1,615$ m. Die beim Vorliegen der Grenzkurven notwendig werdende Änderung der Richtung des Sollstrahls am Punkt $x = 5,6$ m kann leicht durch Änderung des brechenden Winkels des ersten Magneten erreicht werden (maximal um $0,146^\circ$). Die Bewegung eines in der Energie um $0,5\%$ abweichenden Teilchens im Phasenraum zeigt Fig. 4.

Transformation der Phasenflächen

Neben den bisher verwendeten Koordinaten x und y finden jetzt die Koordinaten r und r' , z und z' Verwendung. Sie sind, wie in der Theorie des Synchrotrons üblich, als radiale (bzw. senkrechte) Orts- und Richtungsabweichungen von der Sollbahn definiert, wobei r nach außen positiv ist. Ferner ist $r' = dr/ds$, wobei ds bei Fortschreiten in der tatsächlichen Bewegungsrichtung der Elektronen positiv ist. (Entsprechendes gilt für die z -Komponente). Aus der Synchrotronstruktur sind die Akzeptanz-Phasenflächen $r-r'$ und $z-z'$ am Injektionspunkt bei $x = -2,1$ m bekannt. Zunächst wurden mehrere Bahnen, die Grenzpunkte der Akzeptanzflächen darstellen, rückwärts durch das Streufeld verfolgt und so die Transformation durch das Feld ermittelt.

r-Komponente

Wenn, wie es hier geschah, die Phasenflächen durch eine maximale Betatronamplitude von $1,8$ cm definiert sind, kann die Transformation durch das Streufeld noch in guter Näherung als linear angesehen werden. Fig. 5 zeigt die Akzeptanz-Ellipse für die r -Komponente bei $x = -2,1$ m und die durch das Streufeld des defokussierenden Magnetsektors transformierte Ellipse bei $x = 4$ m. Ferner ist die Phasenellipse bei $x = 10,5$ m eingetragen, dem Punkt, wo das eigentliche Anpassungssystem für die Phasenflächen beginnt. (Die gestrichelte Kurve zeigt die Bewegung eines Teilchens in der Phasenebene. Die Kreuze kennzeichnen äquidistante Laufstrecken).

Die Transformationsmatrix für die Transformation von $x = -2,1$ m nach $x = 4$ m lautet:

$$\vec{r}_{4 \text{ m}} = \begin{pmatrix} 2,23 & -10,11 \text{ m} \\ -0,538 \text{ m}^{-1} & 2,87 \end{pmatrix} \vec{r}_{-2,1 \text{ m}}$$

und die von 4 m nach 10,5 m

$$\vec{r}_{10,5 \text{ m}} = \begin{pmatrix} 0,182 & 5,286 \text{ m} \\ -0,187 \text{ m}^{-1} & 0,0685 \end{pmatrix} \vec{r}_{4 \text{ m}}$$

z-Komponente

Fig. 6 zeigt das Analoge für die z-Komponente. Hier wurden also Teilchenbahnen untersucht mit z-z'-Komponenten, die in der x-y-Ebene wie die Sollteilchen laufen. Die Transformationsmatrizen lauten:

$$\vec{z}_{4 \text{ m}} = \begin{pmatrix} 0,0537 & -2,8662 \text{ m} \\ 0,3556 \text{ m}^{-1} & 0,3547 \end{pmatrix} \vec{z}_{-2,1 \text{ m}}$$

und

$$\vec{z}_{10,5 \text{ m}} = \begin{pmatrix} 0,0221 & -3,258 \text{ m} \\ +0,308 \text{ m}^{-1} & -0,163 \end{pmatrix} \vec{z}_{4 \text{ m}}$$

Das Phasenflächenanpassungssystem

Bei $x = 10,5$ m (s. Fig. 2) kann nun die eigentliche Anpassung der Phasenflächen erfolgen. Für die gleichzeitige Anpassung der r-r' - und z-z' -Flächen müssen vier Variable zur Verfügung stehen, die zwei Achsenverhältnisse und zwei Orientierungen bestimmen. Prinzipiell wäre also die Anpassung mit zwei Vierpollinsen in bestimmter Position zwischen $x = 10,5$ m und dem Linac (etwa bei $x = 24$ m) mög-

lich. Ein System aus vier Vierpollinsen, bei dem die Linsen feste, vorher bestimmte Positionen haben, scheint jedoch vom praktischen Standpunkt aus bevorzugt. Die Berechnung der dazu erforderlichen Brennweiten bereitet jedoch einige mathematische Schwierigkeiten, denen man mit der Benutzung von zwei Quadrupoltripeln entgeht: Bei Quadrupoltripeln kann eine Brennweite des Systems variiert werden unter Festhaltung der Brennweite in der dazu senkrechten Ebene, ohne daß die Hauptebenen des Systems sich dabei bemerkenswert von der Symmetrieebene entfernen. Deshalb ist es mit diesen Linsensystemen möglich, mathematisch die Anpassung der r- und z-Phasenflächen getrennt zu behandeln. Der Abstand zwischen den Quadrupoltripeln ist relativ willkürlich. Es ist jedoch zweckmäßig, den Abstand nicht zu klein zu wählen, da zum ersten die Brennweiten der Tripelanordnungen in der Größenordnung des Abstandes liegen (was bedeutet, daß die Einzelellipsen mitunter eine erheblich kleinere Brennweite haben können), zum anderen aber auch die Tripel als dünne Linsen angesehen werden müssen, was bei sehr kleinen Brennweiten nicht mehr ohne große Fehler möglich ist.

Die Transformationsmatrix für eine derartige Anordnung (eine dünne Linse D_{r19} bzw. D_{z19} bei $x = 19$ m, ein Laufraum von 8,5 m und eine weitere dünne Linse $D_{r10,5}$ bzw. $D_{z10,5}$ bei $x = 10,5$ m) lautet:

$$\vec{r}_{x=10,5} = \begin{pmatrix} 1 - L D_{r19} & L \\ -D_{r10,5} - D_{r19} + L D_{r10,5} D_{r19} & 1 - L D_{r10,5} \end{pmatrix} \vec{r}_{x=19}$$

bzw.

$$\vec{z}_{x=10,5} = \begin{pmatrix} 1 - L D_{z19} & L \\ -D_{z10,5} - D_{z19} + L D_{z10,5} D_{z19} & 1 - L D_{z10,5} \end{pmatrix} \vec{z}_{x=19}$$

(D sind die Brechkräfte, L die Länge des Laufraumes).

Andererseits läßt sich die allgemeinste Transformation einer gegebenen Ellipse in eine andere gegebene Ellipse darstellen als eine Folge von folgenden Transformationen (s. Fig. 7):

- 1) Drehung um den Winkel $-\alpha$. Dabei ist α z.B. der Winkel zwischen großer Achse und Abszisse

Transformationsmatrix:
$$\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \vec{r}_0$$

- 2) Stauchung zu einem Kreis

Transformationsmatrix:
$$\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} v^{-0,5} & 0 \\ 0 & v^{+0,5} \end{pmatrix} \vec{r}_0$$

Dabei sei unter v das Achsenverhältnis von großer zu kleiner Achse zu verstehen.

- 3) Drehung des Kreises in sich um den beliebigen Winkel

Transformationsmatrix:
$$\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \vec{r}_0$$

- 4) Dehnung des Kreises zu einer Ellipse mit dem neuen Achsenverhältnis v

Transformationsmatrix:
$$\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} v^{0,5} & 0 \\ 0 & v^{-0,5} \end{pmatrix} \vec{r}_0$$

- 5) Drehung der neuen Ellipse auf den neuen Winkel

Transformationsmatrix:
$$\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \vec{r}_0$$

Durch Ausmultiplizieren dieser Matrizen und Gleichsetzen der Komponenten mit den entsprechenden, die sich durch die Anordnung der zwei Linsen mit der dazwischenliegenden Laufstrecke ergeben, erhält man ein Gleichungssystem, aus dem sich die beiden gesuchten Brennweiten und der "innere Drehwinkel" φ ergeben. Dieses Gleichungssystem liefert zwei verschiedene Lösungen für das Linsensystem, in einer dieser beiden Lösungen liegt zwischen den Linsen ein "crossover" des Strahls. Es sind demnach 4 Paare von Quadrupoltripeln möglich, die die simultane Abbildung der Phasenflächen vermitteln können.

Die Quadrupoltripel sind als eine symmetrische Anordnung von drei Vierpollinsen aufgebaut, die beiden äußeren mit der Brennweite f_1 bzw. der Brechkraft D_1 , die mittlere mit der Brechkraft D_2 . Alle drei Linsen selber können als dünn angesehen werden, der Abstand der einzelnen Linsenebenen ist a . Dann ist die Brechkraft des Systems:

$$D_r = 2D_1 + D_2 - 2aD_1D_2 - 2aD_1^2 + a^2D_1^2D_2$$

In der dazu senkrechten Ebene ist entsprechend die Brechkraft:

$$D_z = -2D_1 - D_2 - 2aD_1D_2 - 2aD_1^2 - a^2D_1^2D_2$$

Die Auflösung dieser Gleichungen nach D_1 und D_2 führt auf Gleichungen 4. Grades, die wiederum im allgem. zwei oder vier reelle Lösungen haben:

$$D_1^4 + D_1^2 \left(\frac{D_r + D_z}{4a} - \frac{1}{a^2} \right) + D_1 \frac{D_r - D_z}{2a^2} + \frac{D_r + D_z}{4a^3} = 0$$

$$D_2 = - \frac{D_r + D_z}{4aD_1} - D_1$$

Eine endgültige Berechnung dieses Anpassungssystems ist z.Zt. nicht möglich. Einmal ist wegen der Unkenntnis des magnetischen Streufeldes die Transformation durch dieses Feld unbekannt, zum anderen ist die Form der Emittanz-Phasenfläche des Linacs unbekannt. Um jedoch die qualitativen Verhältnisse zu demonstrieren, soll im folgenden ein Beispiel angegeben werden, bei dem einmal der z.Zt. als wahrscheinlich angesehenen Magnetfeldverlauf angenommen wird, zum anderen eine Emittanz-Ellipse des Linacs, die durch die Linacspezifikationen umschrieben wird. (Metrovick garantiert einen maximalen Durchmesser von 1 cm und eine maximale Winkeldivergenz von $\pm 10^{-3}$ rad. Im Phasenraum bedeutet das ein achsenorientiertes Rechteck, welches die bei diesem Beispiel angenommene achsenorientierte Emittanzellipse umschreibt). Es wird ferner angenommen, daß das Linacende (an dem die eben erwähnten Spezifikationen gelten) bei $x = 24$ m ist, die Tripel wie oben gesagt bei $x = 19$ m und $x = 10,5$ m und daß die Länge a in den Tripeln 0,5 m beträgt. Ferner wird angenommen, daß zwischen dem Linacende und dem dann folgenden 1. Tripel eine reine Laufstrecke

von 5 m ist (also keine Debunchermagnetanordnung!).

r-Komponente

Bei $x = 24$ m ist $V = 2$ (in einer Darstellung, in der 1mrad die gleiche Länge hat wie ein cm), $\alpha = 90^\circ$.

An der Stelle $x = 19$ m ist dann etwa $V = 3$ und $\text{tg } \alpha = 1,373$.

An der Stelle $x = 10,5$ m hat die Acceptanzfläche $v = 7,56$ und $\text{tg } \alpha = 1,26$.

Eine der beiden möglichen Lösungen ist dann (ohne crossover)

$$\begin{aligned} D_{r19} &= 0,0542 \text{ m}^{-1} & \text{bzw. } f_{r19} &= 18,5 \text{ m} \\ D_{r10,5} &= -0,0708 \text{ m}^{-1} & \text{bzw. } f_{r10,5} &= -14,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Der innere Drehwinkel ist $10,5^\circ$.

z-Komponente

Bei $x = 24$ m und $x = 19$ m sind die Emittanzflächen $r-r'$ und $z-z'$ gleich. An der Stelle $x = 10,5$ m gilt für die Acceptanzfläche: $v = 3,08$ und $\text{tg } \beta = -1,145$.

Die Lösung ohne crossover ist dann:

$$\begin{aligned} D_{z19} &= +0,1178 \text{ m}^{-1} & \text{bzw. } f_{z19} &= 8,5 \text{ m} \\ D_{z10,5} &= +0,124 \text{ m}^{-1} & \text{bzw. } f_{z10,5} &= 8,05 \text{ m} \end{aligned}$$

mit einem inneren Drehwinkel von $-6,5^\circ$.

Damit ist eine Lösung für die Einzellinsen im Tripelsystem bei $x = 19$ m

$$\begin{aligned} D_1 &= -0,282 \text{ m}^{-1} & \text{bzw. } f_1 &= -3,54 \text{ m} \\ D_2 &= +0,587 \text{ m}^{-1} & \text{bzw. } f_2 &= 1,705 \text{ m} \end{aligned}$$

für das zweite Tripelsystem bei $x = 10,5$ m

$$\begin{aligned} D_1 &= 0,222 \text{ m}^{-1} & \text{bzw. } f_1 &= 4,5 \text{ m} \\ D_2 &= -0,102 \text{ m}^{-1} & \text{bzw. } f_2 &= 9,8 \text{ m} \end{aligned}$$

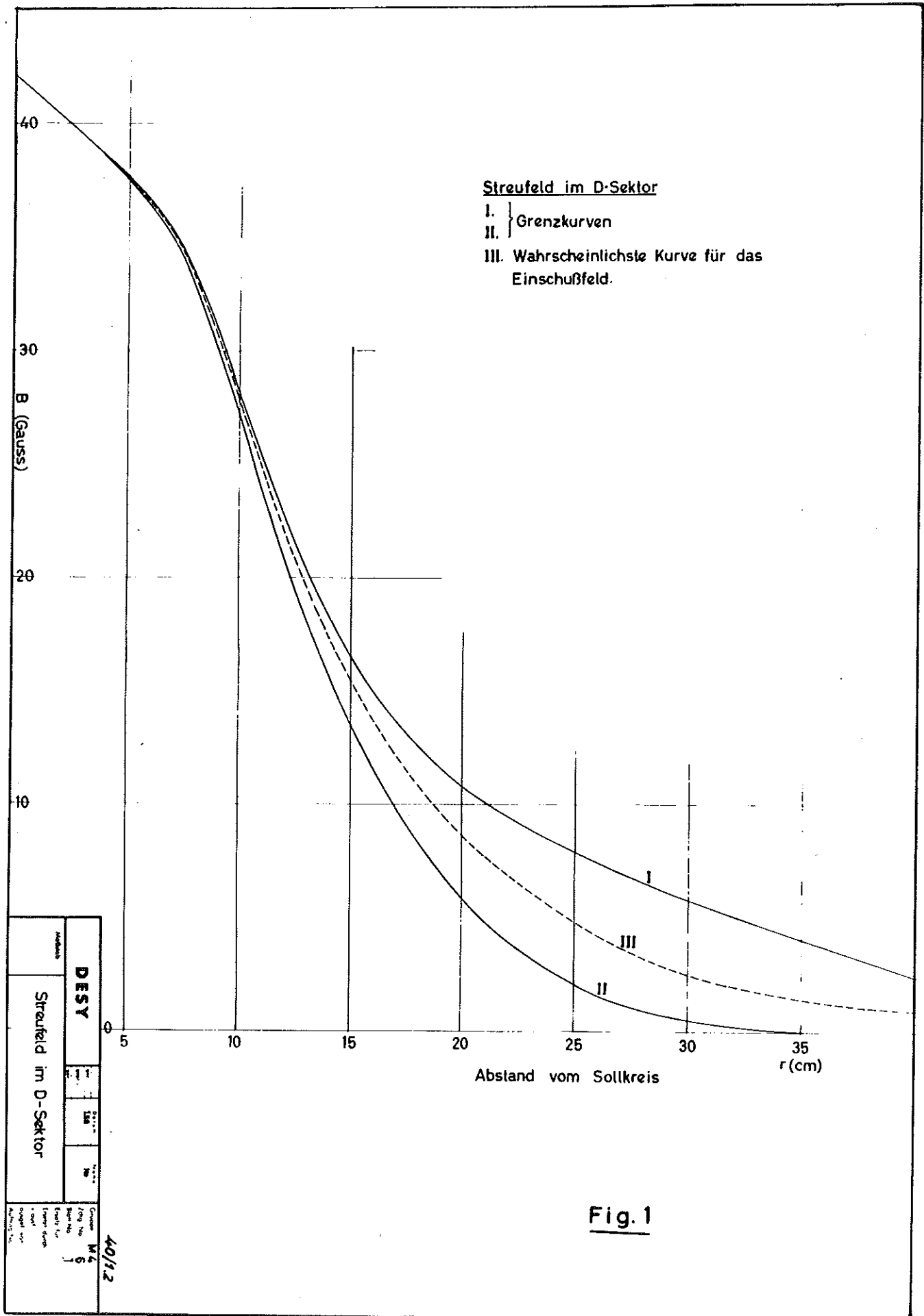
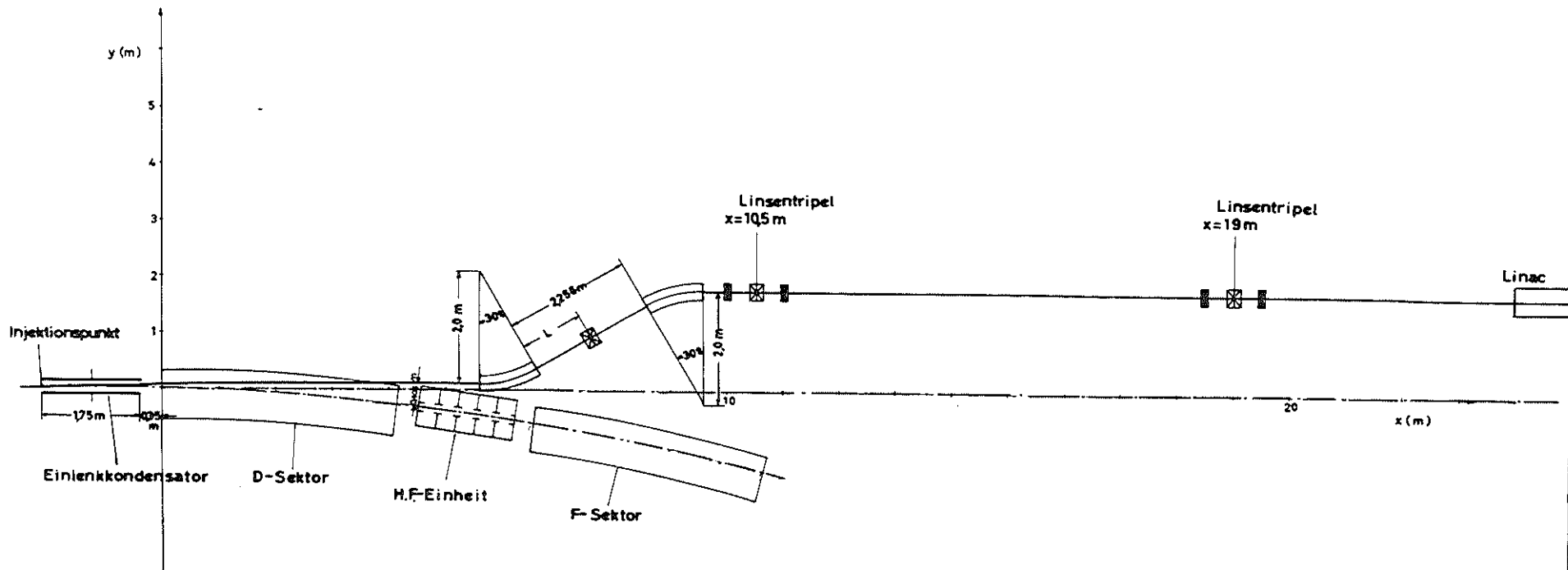


Fig. 1



41/3.2

DESY		150	Me	M 4 6 2

Fig. 3

y(cm)

13
14
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

Strefeld I E = 10,25 KV
 .. II E = 9,70 KV
 .. III E = 10,00 KV

+10% $\frac{\Delta E}{E}$
 +0,5% $\frac{\Delta E}{E}$
 I
 II
 III
 -0,5% $\frac{\Delta E}{E}$
 -10% $\frac{\Delta E}{E}$

1 2 3 4 5 6 → x(m)

40/23

<p>DESY</p>		<p>159</p>	<p>Ne</p>	<p>M 4</p>
				<p>6</p>
<p>Masstab</p>	<p>Bahnkurven im Strefeld des D-Sektor</p>			<p>3</p>
				<p>Ersatz für</p>

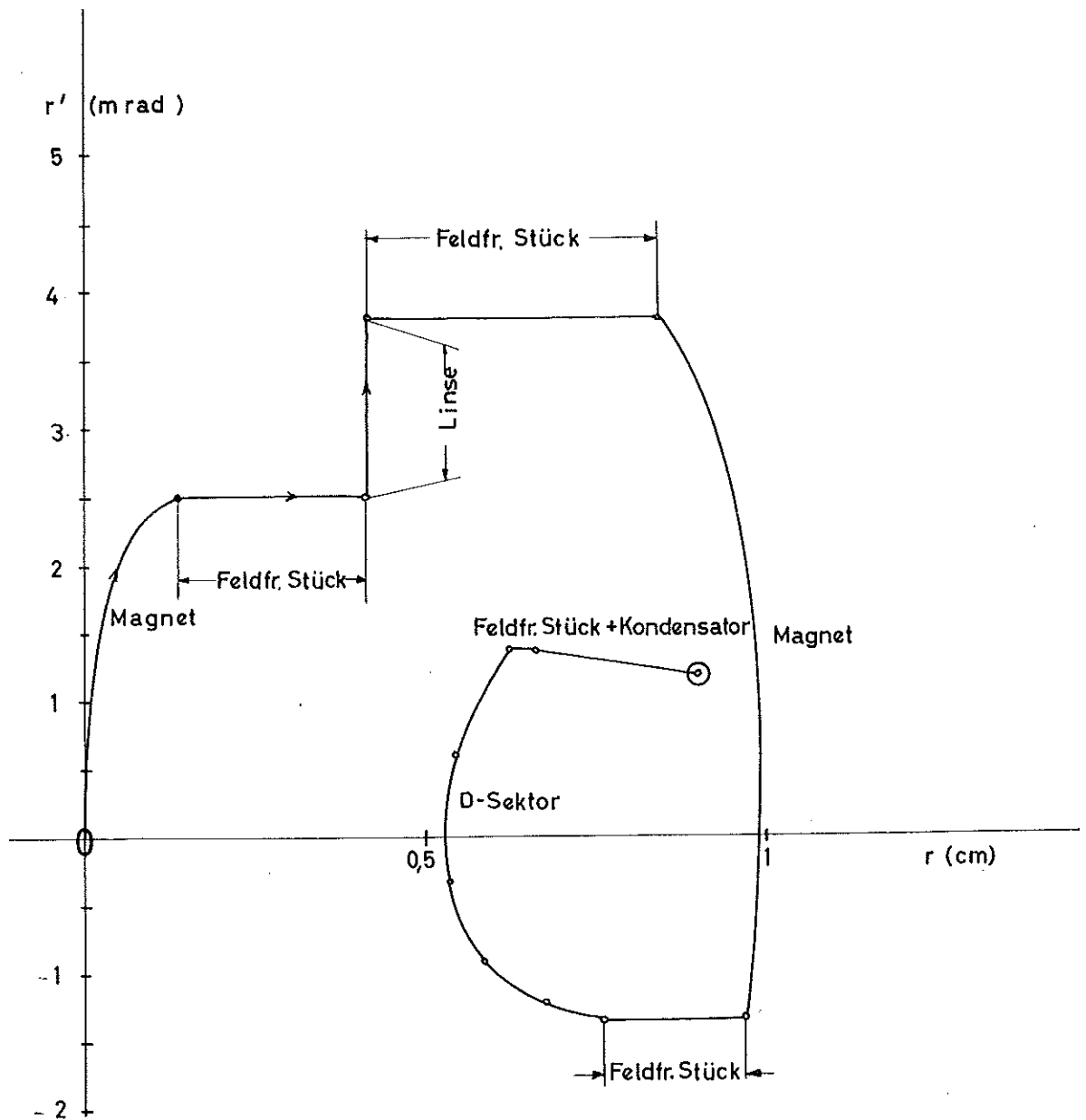


Fig. 4

40/7.4

DESY	gez.:	Datum	Name	Gruppe:	M 4
	gepr.:	1.59	Ne.	Zchg. No.:	6
	gen.:			Blatt No.:	4
				Ersatz für:	
Maßstab:	Bewegung eines in der Energie abweichenden Teilchens in der Phasenebene. ($\frac{\Delta E}{E} = +0,5 \%$)			Ersetzt durch:	
				x ausf.:	
				ausgef. von:	
				Auftrag No.:	

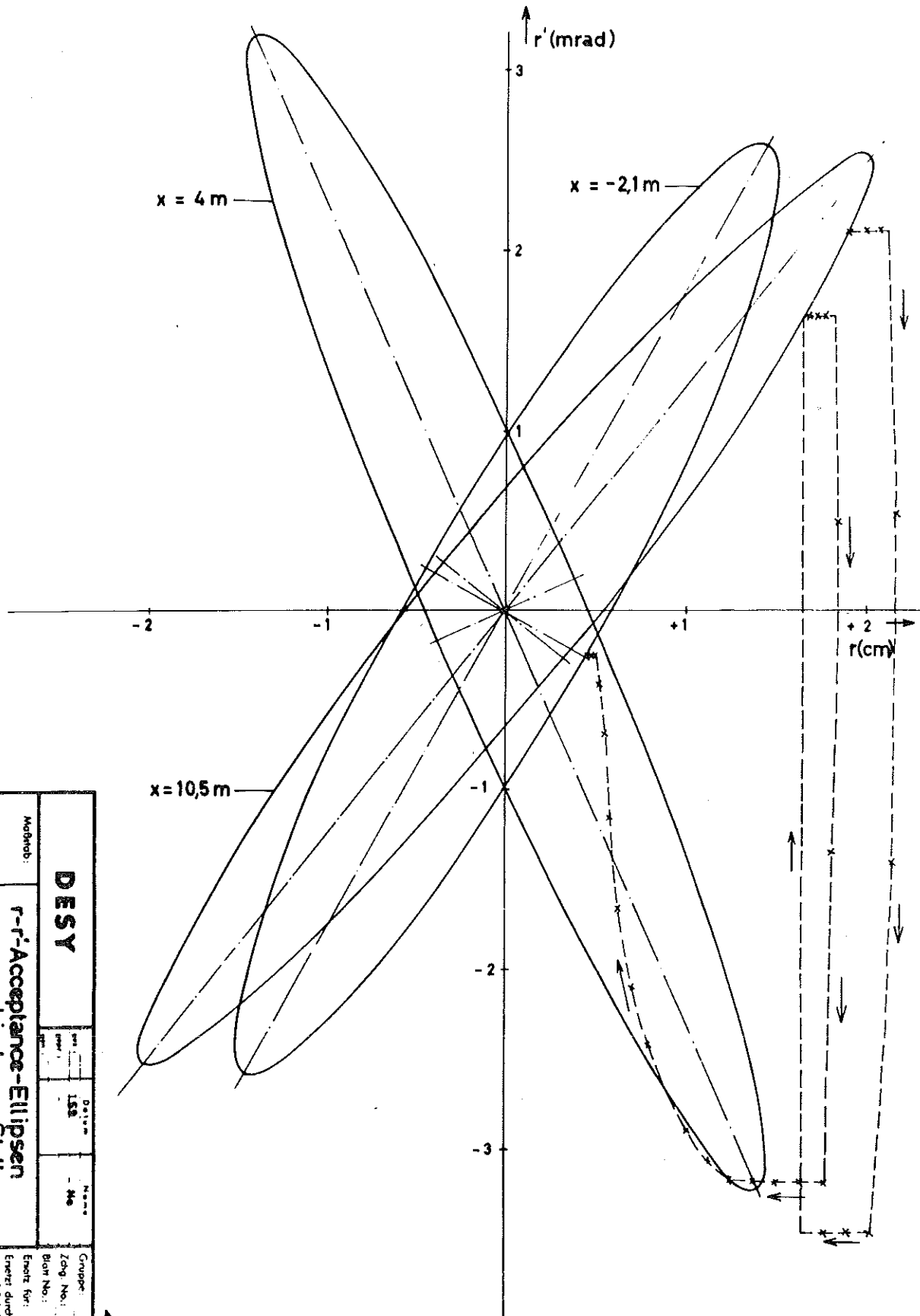
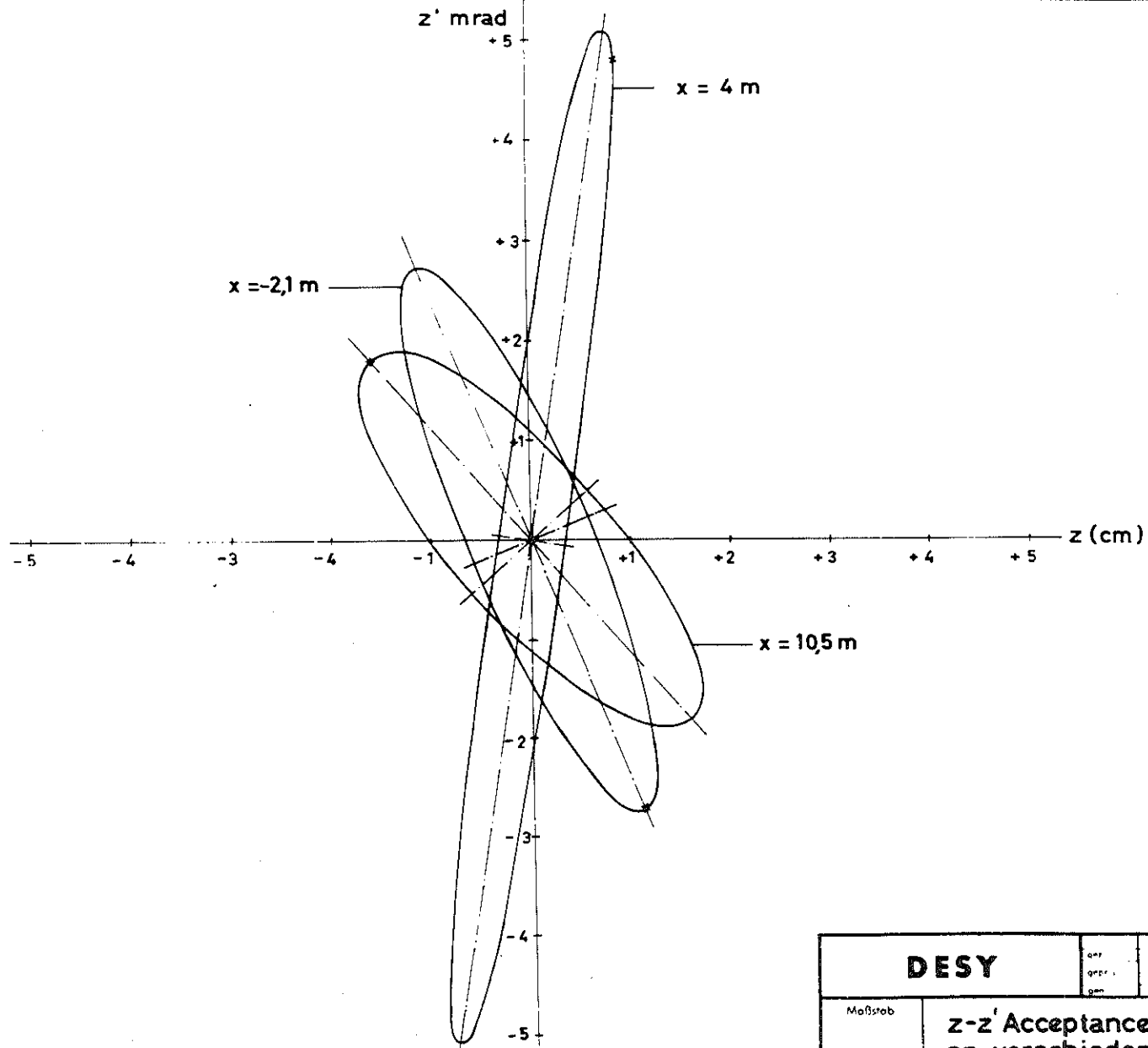


Fig 5

Nacharb: DESY r-r'-Acceptance-Ellipsen an verschiedenen Stellen des Injektionsweges.	Blatt No.: 158	Blatt No.: 5
	Gruppe: M 4	Auftrag No.: 40/33

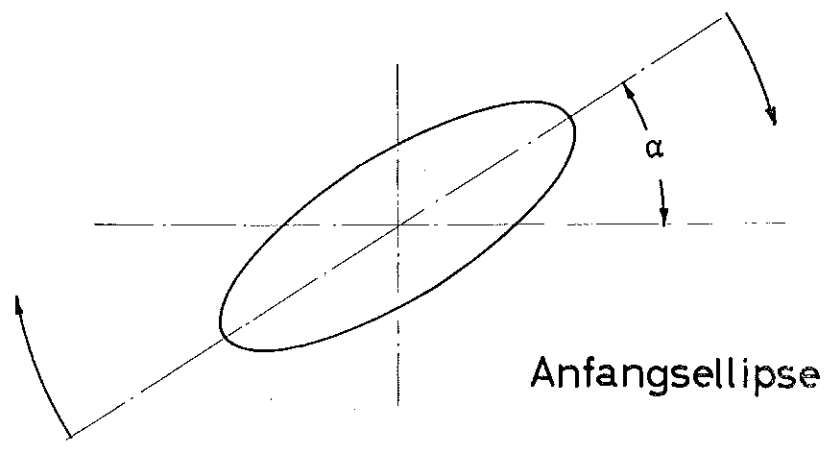
Fig. 6



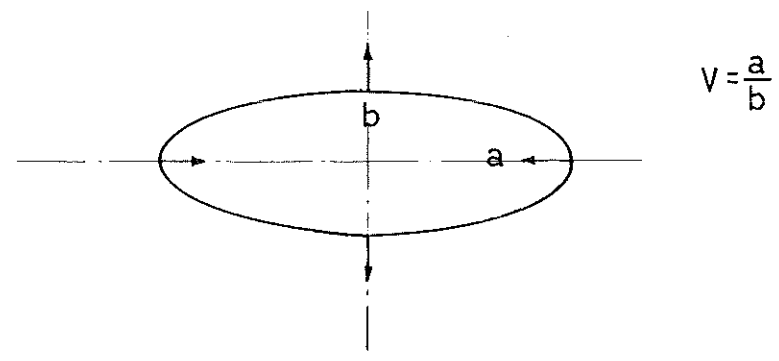
40/6.3

DESY		Datum 159	Name Ne	Gruppe M4
		Zchg. No. 6	Blatt No. 6	Ersetzt für: _____ Ersetzt durch: _____ x ausf.: _____ ausgef. von: _____ Auftrag No.: _____
Maßstab	z-z' Acceptance-Ellipsen an verschiedenen Stellen des Injektionsweges			

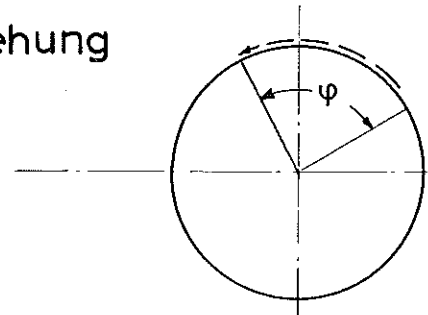
1. Drehung



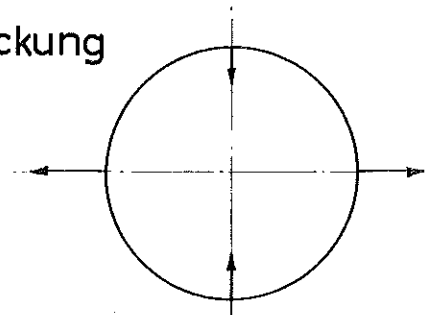
2. Stauchung



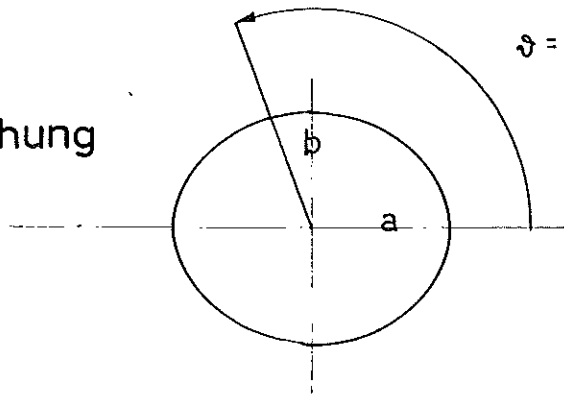
3. Drehung



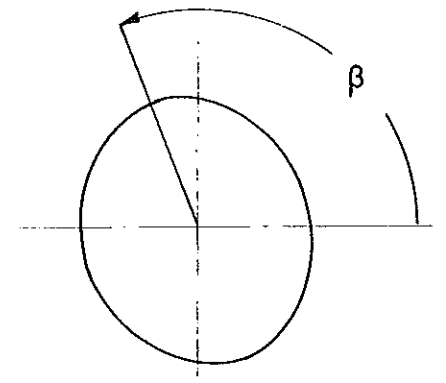
4. Streckung



5. Drehung



$$\varphi = \frac{a}{b}$$



6. Endellipse

Fig. 7

40/6.4

DESY	gez.:	Datum	Name	Gruppe: M 4
	gepr.:	1.59	Ne.	Zchg. No.: 6
	gen.:			Blatt No.: 7
				Ersatz für:
Maßstab:	Allgemeine Transformation einer vorgegebenen Ellipse in eine andere.			Ersetzt durch:
				x ausf.:
				ausgef. von:
				Auftrag No.: