

Interner Bericht
DESY H5-71/1
Januar 1971

DESY-Bibliothek

1. APR. 1971

Strahloptik bei der Messung
der Luminosität am Speicherring

R. Ehlers - H. Wiedemann

Einleitung

Im folgenden werden die strahloptischen Unterlagen zusammengestellt, die nötig sind, um Verfahren zur Messung der Luminosität zu entwerfen. Es handelt sich dabei um Teilchenbahnen aus dem Wechselwirkungspunkt in die Magnetstruktur des Speicherrings bei verschiedenen Energien und Winkeln zur Sollbahn des gespeicherten Elektronen- bzw. Positronenstrahls. Außerdem sind Teilchenbahnen berechnet worden, die als Untergrundstrahlung vom Vorseptum in die Wechselwirkungszone gelangen.

Für die Angaben der für Experimente interessanten Parameter (Impuls, Winkel etc.) danke ich Herrn Prof. Waloschek.

II. Zur Berechnung der Teilchenbahnen

Da bei der Berechnung der verschiedenen Teilchenbahnen nicht eine kleine Energieabweichung oder kleine Steigungen der Bahnen in den Magneten angenommen werden darf, mußten die genauen Bewegungsgleichungen gelöst werden:

$$(1) \quad \frac{d}{dt} (\mathcal{P}) = \frac{e}{c} (\mathcal{V} \times \mathcal{L}) \quad (\text{CGS-System})$$

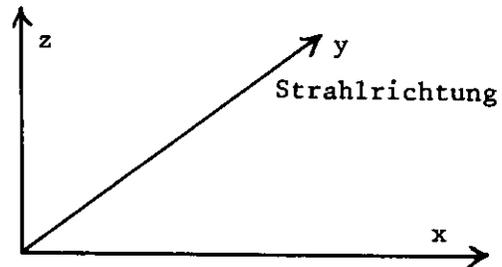
(\mathcal{P} : Impuls; \mathcal{V} : Geschwindigkeit; \mathcal{L} : Magnetfeld)

Daraus folgt in Komponentenschreibweise:

$$(2) \quad \begin{aligned} x'' &= \sqrt{1+x'^2+z'^2} \frac{e}{pc} \{-B_z -x'^2 B_z +x'z' B_x\} \\ z'' &= \sqrt{1+x'^2+z'^2} \frac{e}{pc} \{ B_x -z'^2 B_x -x'z' B_y \} \end{aligned}$$

(Ableitungen nach y)

wobei die Feldkomponente in Strahlrichtung B_z gleich Null gesetzt wurde ($B_z \equiv 0$).



Die Gleichungen (2) wurden numerisch nach Runge-Kutta-Nyström an der IBM-360/75 gelöst, wobei die Quadrupole durch ein "hard edge" Modell angenähert wurde.

III. Strahlparameter für den normalen Arbeitspunkt $Q_x = 9,10$ und $Q_z = 4,10$
am Wechselwirkungspunkt

Die Strahlemittanz beträgt in der

horizontalen Ebene:	$\epsilon_x = 80 \text{ mrad} \cdot \text{mm}$
in der vertikalen Ebene:	$\epsilon_z = 8 \text{ mrad} \cdot \text{mm}$

Diese Strahlemittanzen umfassen 6,5 und mehr (abhängig von der Energie) Standardabweichungen im Strahldurchmesser.

Damit ergeben sich am Wechselwirkungspunkt folgende Strahlparameter für eine Standardabweichung:

Kreuzungswinkel	$2 \cdot \phi = 24 \text{ mrad}$
Amplitudenfunktion:	$\beta_x = 10 \text{ cm}$
	$\beta_z = 10 \text{ cm}$
Enveloppen	$\sigma_x \leq 0,44 \text{ mm}$
	$\sigma_z \leq 0,14 \text{ mm}$
Divergenz des Strahls	$\sigma_x' \leq 4,4 \text{ mrad}$
	$\sigma_z' \leq 1,4 \text{ mrad}$

IV. Ergebnisse

Es wurden Teilchenbahnen mit folgenden Anfangsparametern am Wechselwirkungspunkt berechnet:

Impulse: $\frac{P}{P_0}$: 0,95; 0,9; 0,85; 0,8; 0,7; 0,25; 0,2

Winkel: z' : 4,0; 8,0; 10,0; 12,0; 14,0; 16,0; 20,0 mrad

x' : 0; 2,0; 4,0; 8,0; 12,0; 16,0; 20,0 mrad

Die Winkelangaben beziehen sich auf die Mittelebene. Der Winkel des Sollstrahls zur Mittelebene beträgt also 12 mrad.

Die einzelnen Teilchenbahnen sind in den Abb. 1 bis Abb. 88 zusammengestellt. Dargestellt sind die Ablagen der Teilchenbahnen von der Mittelebene.

Außerdem ist in Abb. 89 die Struktur unter Angabe der Vakuumkammern und Beobachtungsmöglichkeiten mit den wichtigsten Teilchenbahnen angegeben. Neben den Teilchenbahnen in Strahlrichtung sind auch solche in Gegenrichtung - elastische Streuung in 180 Grad - eingezeichnet. Sie sind erkennbar an der gegenpoligen Krümmung in den Quadrupolen.

Zur Orientierung der Teilchenbahnen in der Struktur des Speicherringes sind in der folgenden Tabelle die Orte der einzelnen Magnete zusammengestellt:

Element		L_p (m)	Z_{Soll} (cm)
W		0	0
WQ - 018	A	2,49	3,00
WQ - 026	E	5,40	9,68
WS - 039	A	6,50	8,54
	E	7,31	7,69
VS - 049	A	7,41	6,08
	E	9,88	6,18
WQ - 063	A	10,57	6,26
	E	12,03	6,73
HS - 078	A	12,84	7,90
	E	15,06	15,22
DQ - 100	A	17,63	28,73
	E	18,38	32,70
VM-110	A	18,94	35,66
	B	20,61	40,00

Dabei bedeutet L_p der auf die Mittelebene zwischen den beiden Speicherringen projizierte Abstand der Magnete (mechanischer Anfang A; Ende E) vom Wechselwirkungspunkt. Z_{Soll} ist die Ablage des Sollstrahles von der Mittelebene.

Neben den Teilchenbahnen sind in Abb. 89 auch noch die Enveloppen schraffiert eingetragen. Alle Teilchennachweisgeräte müssen außerhalb dieser Enveloppen angebracht werden.

In der Abb. 90 ist die horizontale Strahlenvelope bis zum Sextupol WS-039 aufgetragen. Außerdem sind die Bahnen in der horizontalen Ebene für Teilchen aufgetragen, die elastisch zurückgestreut werden. Wegen der begrenzten Apertur in den Quadrupolen WQ-018 und WQ-026 sind jedoch nur Teilchen auf Bahnen mit $|x'_0| = 8 \pm 2$ mrad meßbar.

V. Untergrundstrahlung

In den Abb. 91 bis 94 sind Untergrundstrahlungen aus der Struktur in die Wechselwirkungszone dargestellt. Es wurde angenommen, daß alle Teilchenbahnen vom Ende des Vorseptums kommen. Diese Annahme ist etwas willkürlich, hat jedoch eine gewisse Berechtigung dadurch, daß hier die Apertur relativ zum Strahlquerschnitt minimal ist.

Anfangsparameter:

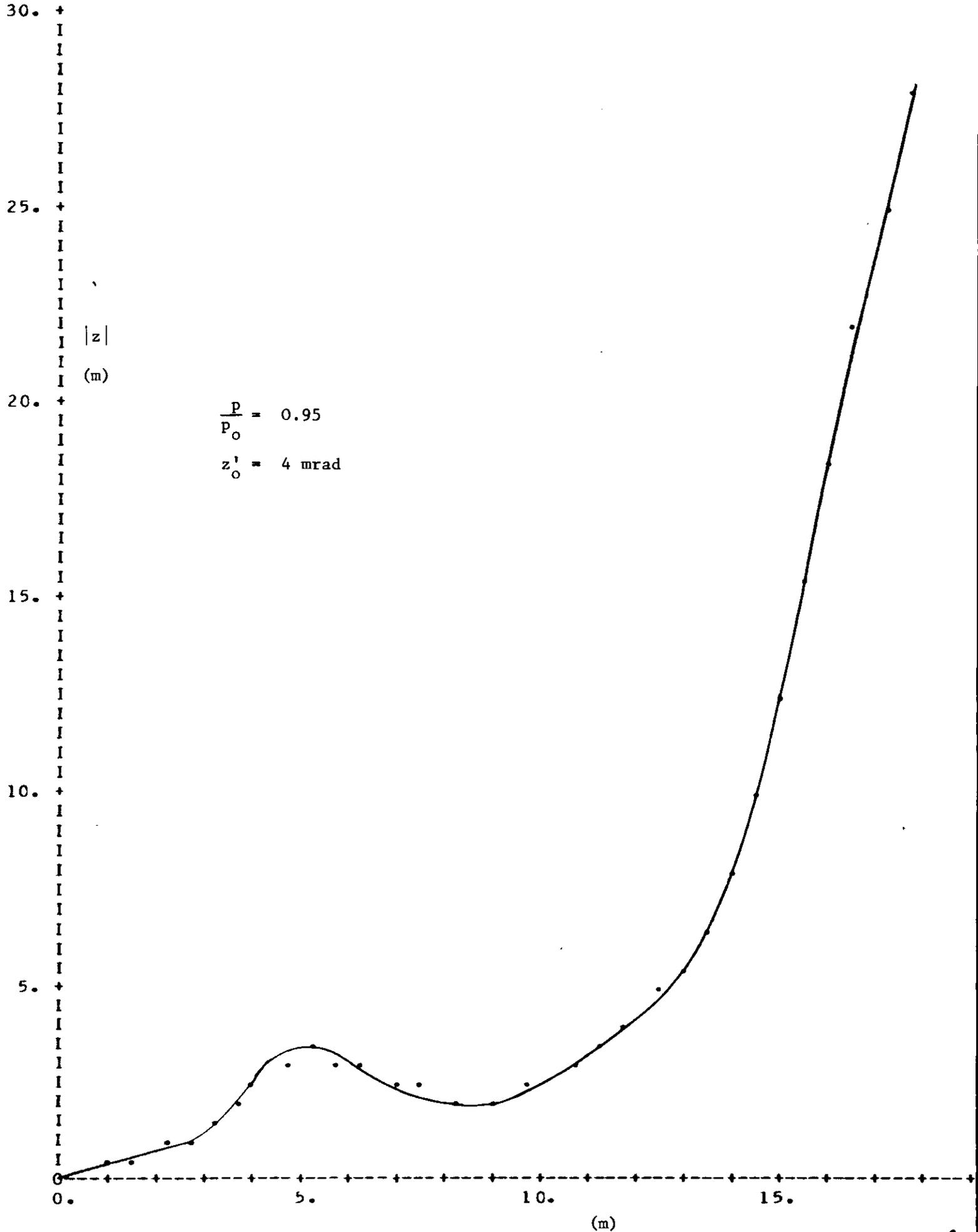
Impuls: $\frac{p}{p_0}$: 0,90; 0,80; 0,70; 0,50

Winkel: z' : ± 2 ; ± 4 mrad um die Sollbahn

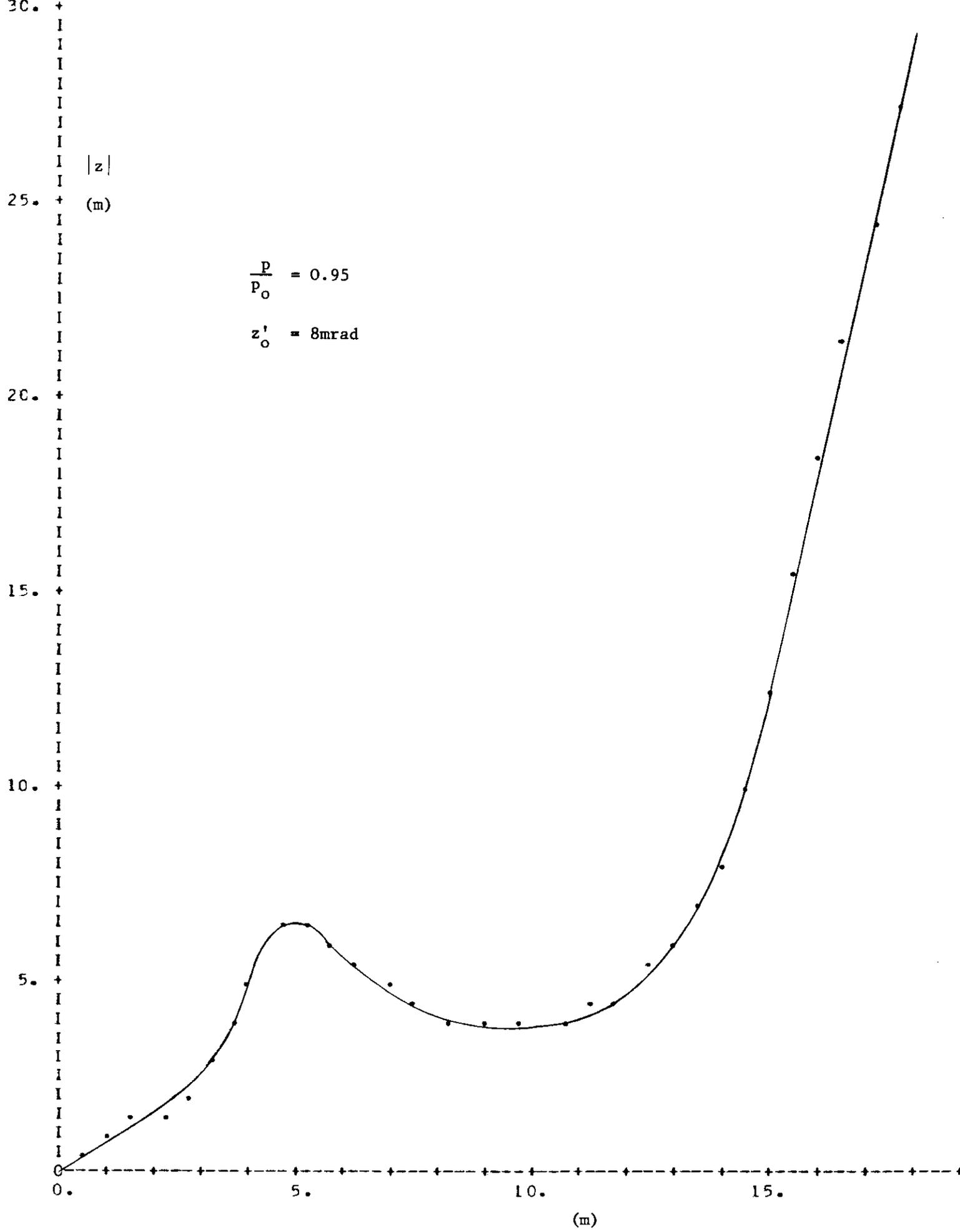
x' : 2, 4 mrad.

Für die Zeichnungen danken wir Frau Elsner.

X 1.0E-02



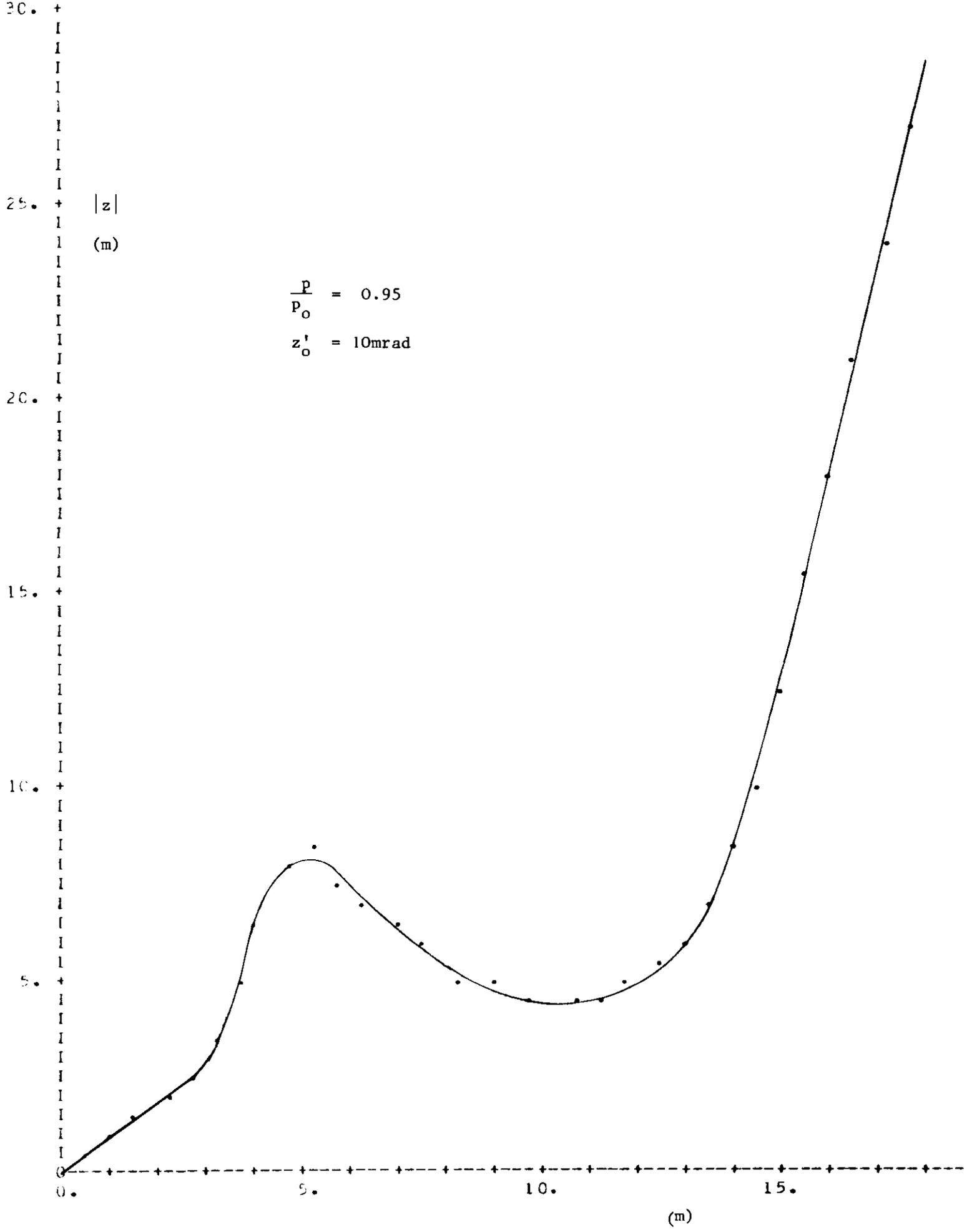
X 1.0E-02



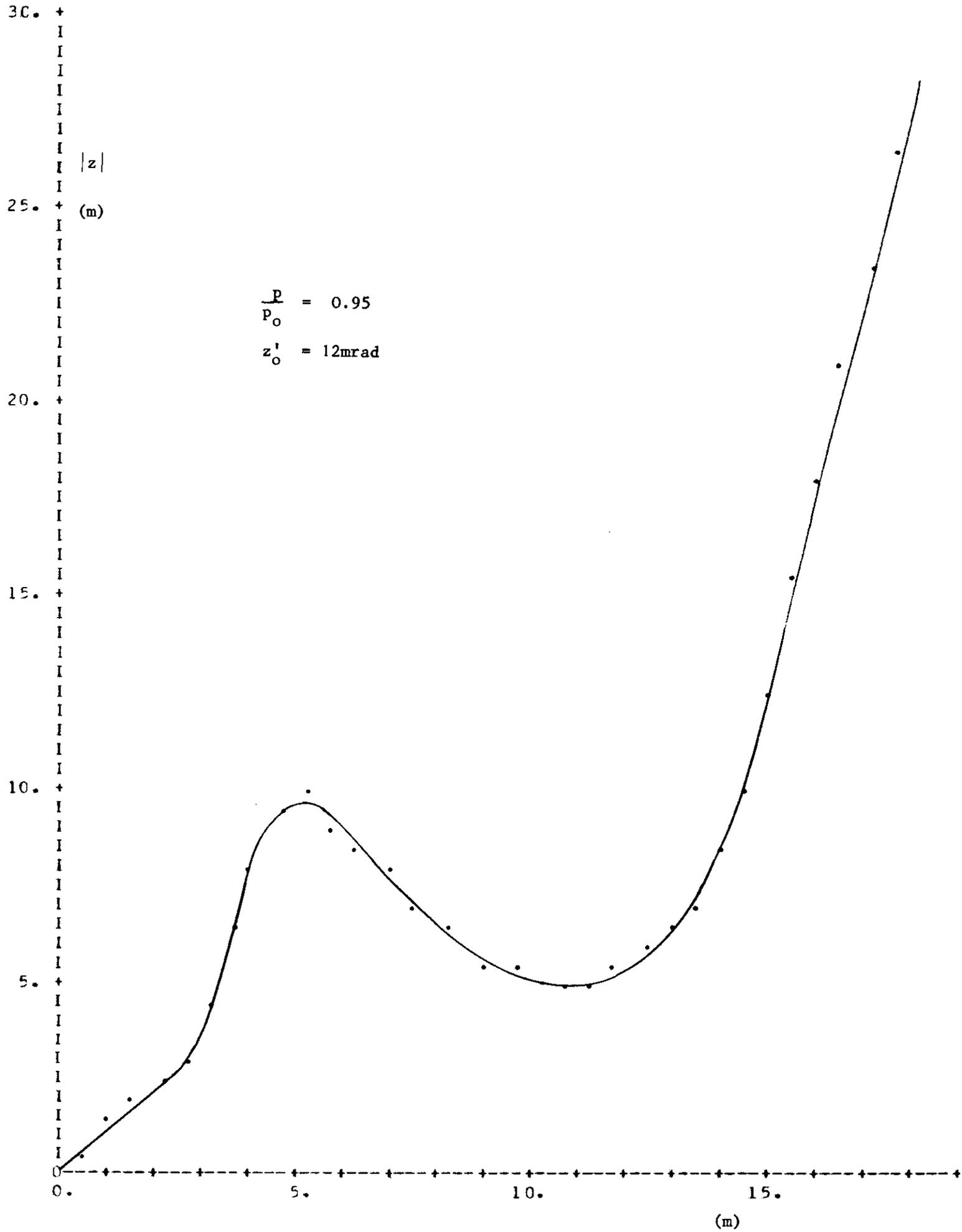
$$\frac{P}{P_0} = 0.95$$

$$z'_0 = 8\text{mrad}$$

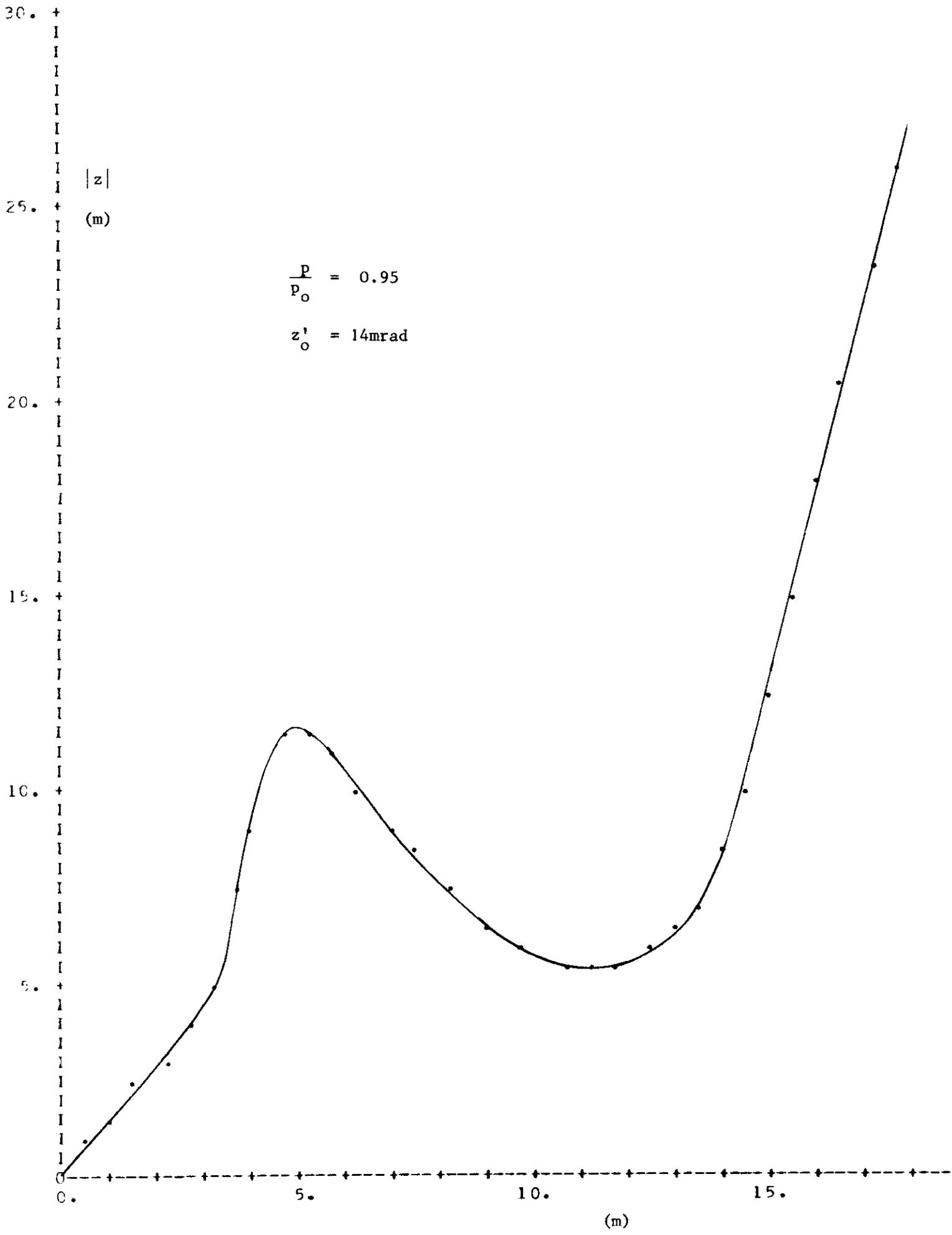
X 1.0E-02



X 1.0E-02



X 1.0E-02



X 1.0E-02

30.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
+
25.
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
+
20.
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
+
15.
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
+
10.
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
+
5.
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
+
0.

|z|
(m)

$\frac{p}{p_0} = 0.95$
 $z'_0 = 20 \text{ mrad}$

0. 5. 10. 15. (m)

="

$\times 10^{-3}$

12.
10.
8.
6.
4.
2.
0.

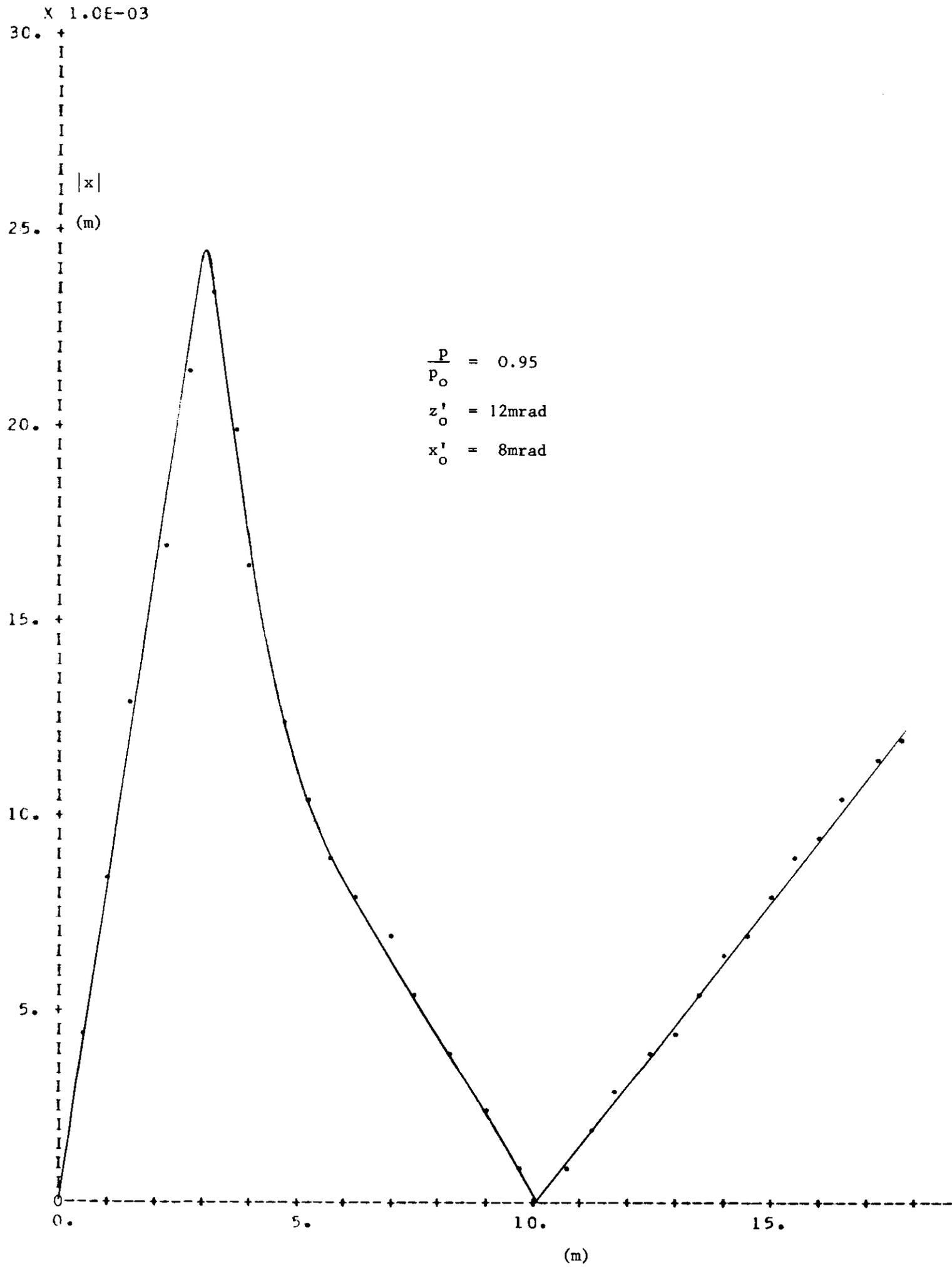
$|x|$
(m)

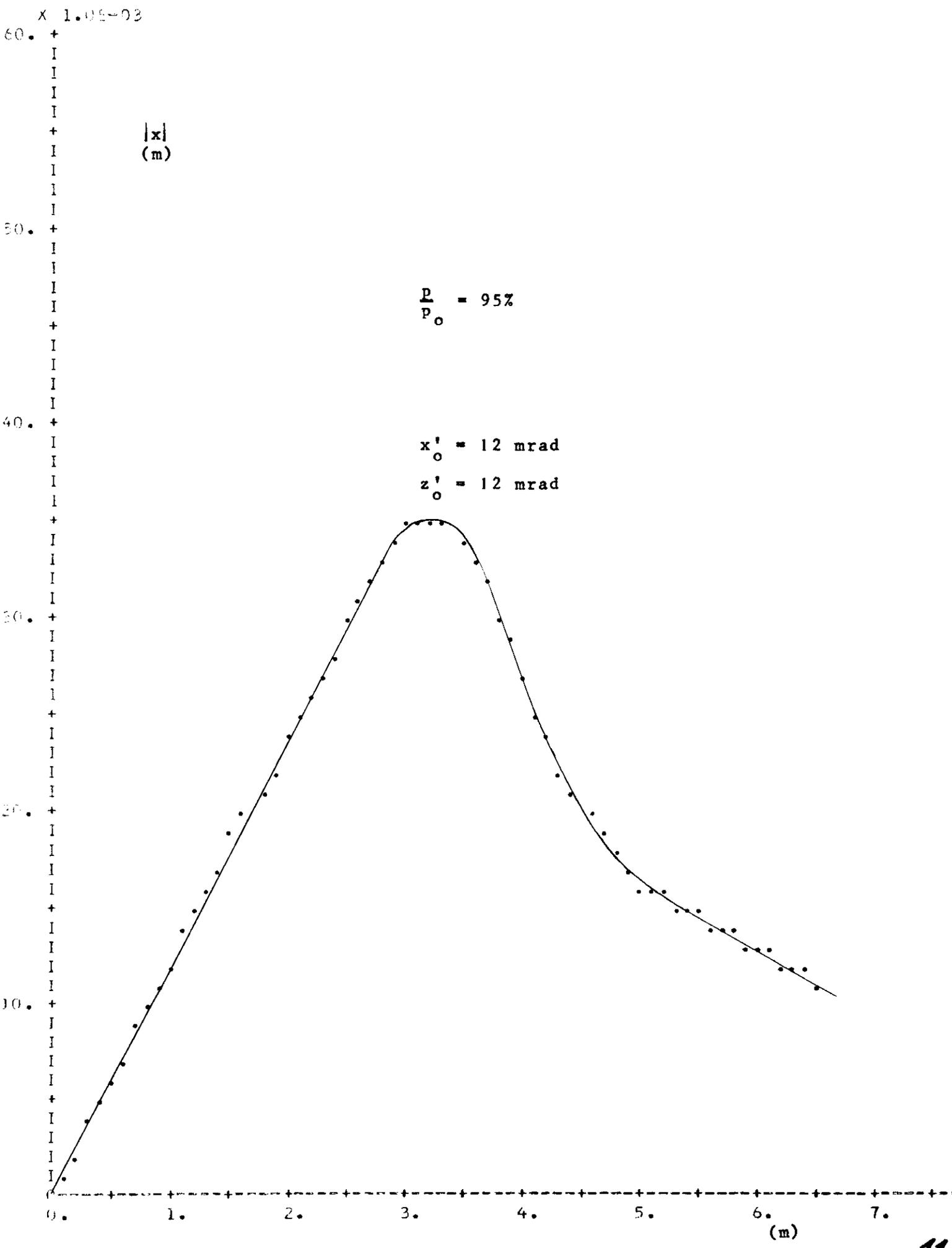
$\frac{P}{P_0} = 0.95$
 $z'_0 = 12\text{mrad}$
 $x'_0 = 4\text{mrad}$

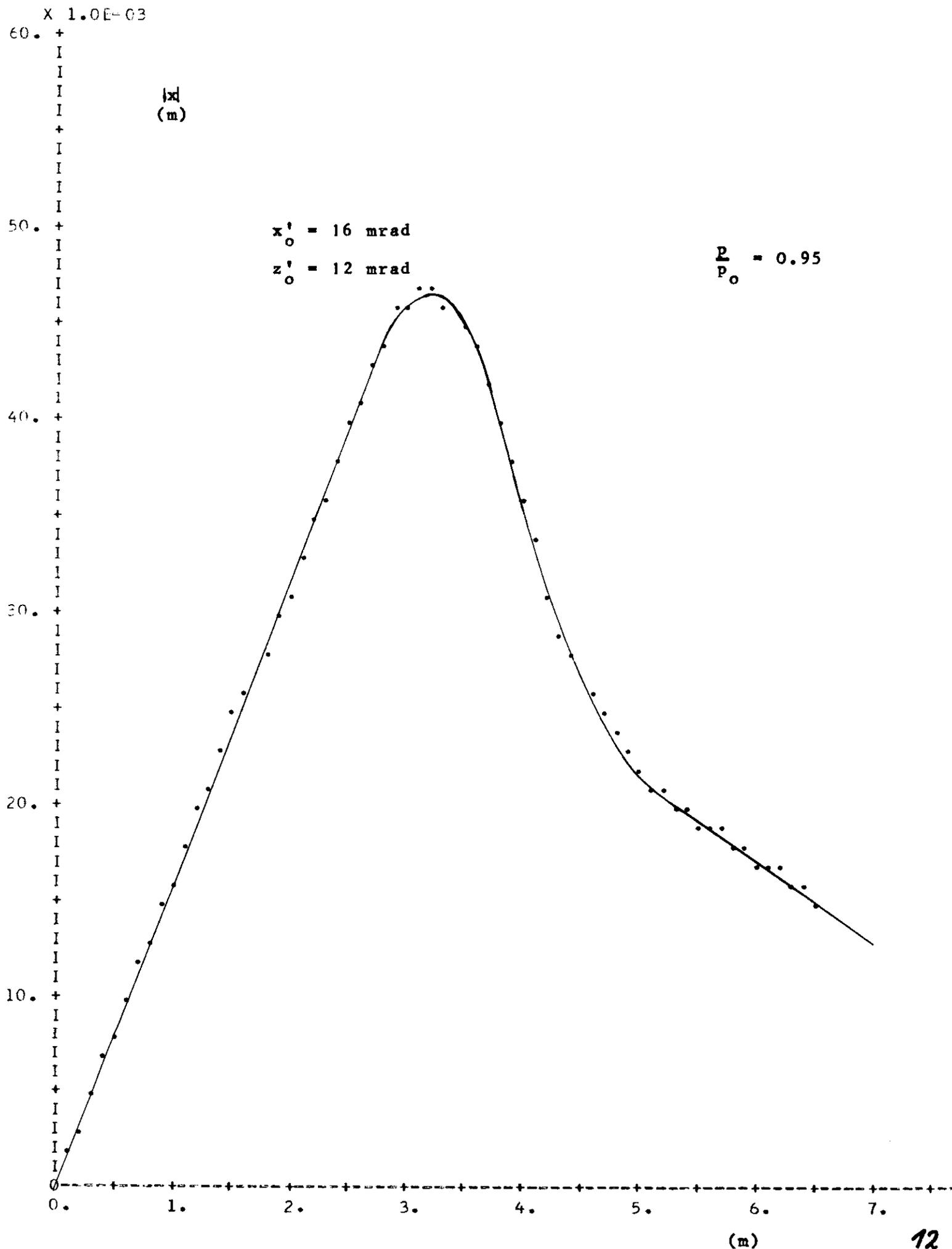
0. 5. 10. 15.

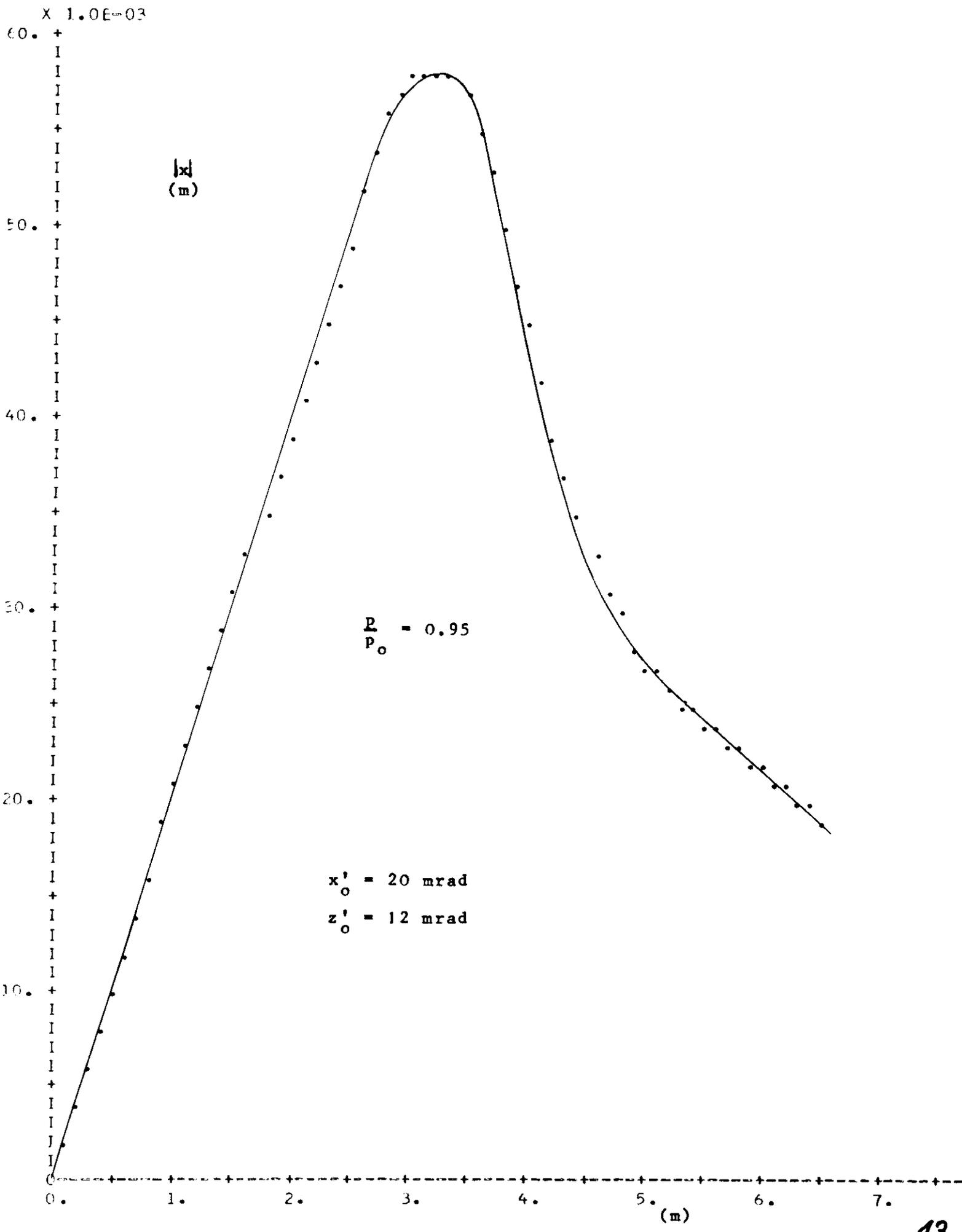
(m)

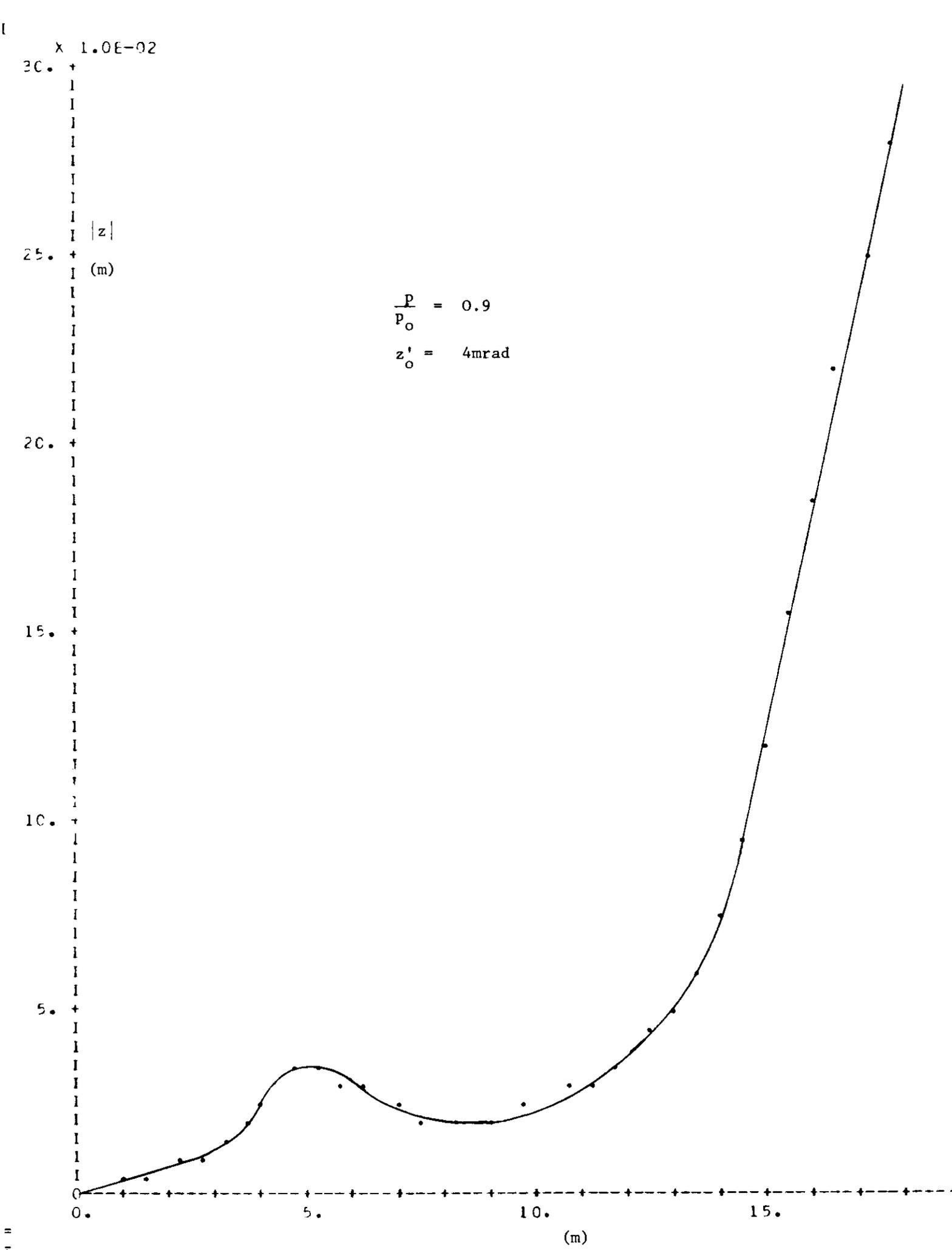
==

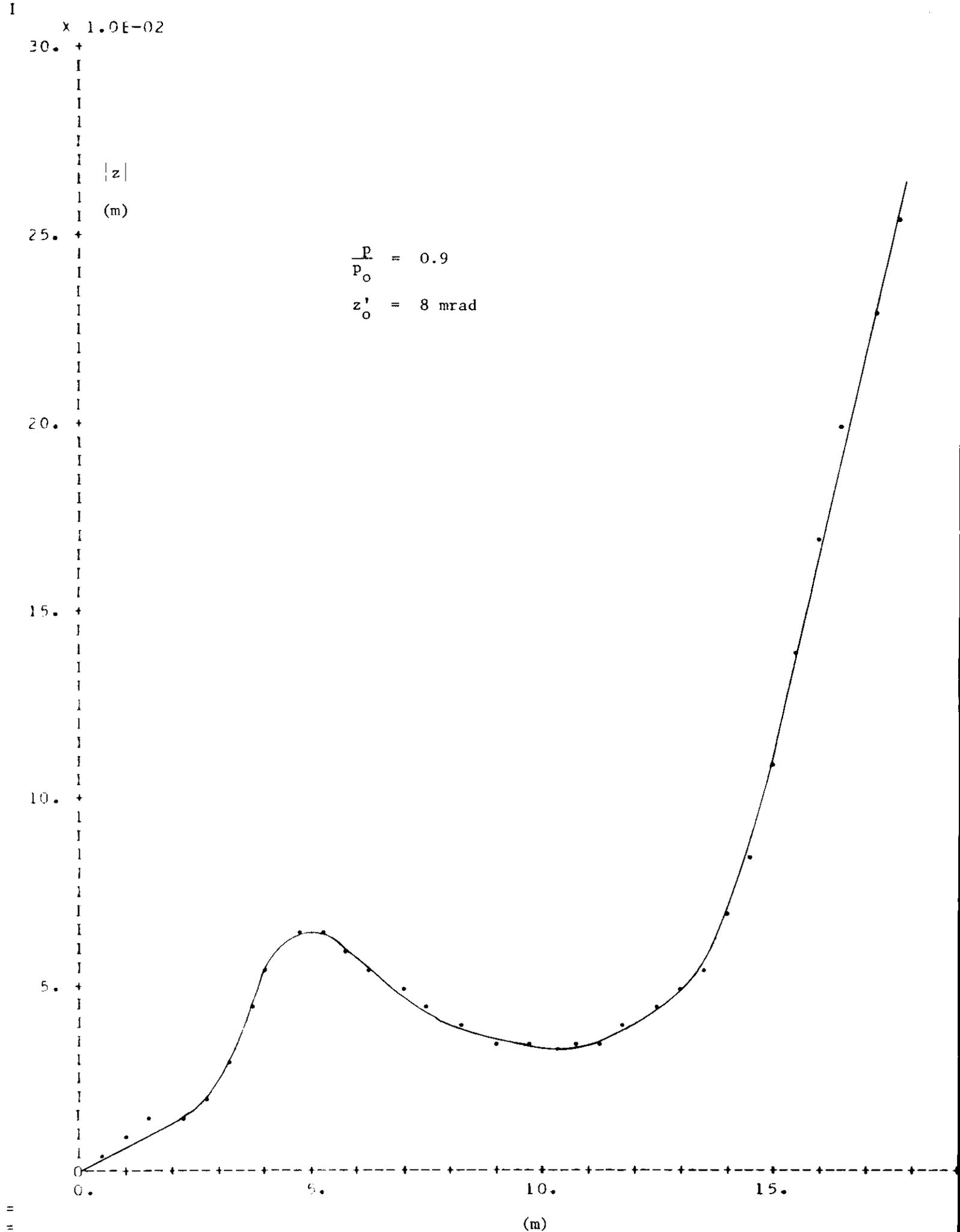












I

x 1.0E-02

30. +
|z|
(m)

25. +

20. +

15. +

10. +

5. +
0. +

$\frac{P}{P_0} = 0.9$
 $z'_0 = 10\text{mrad}$

0. +

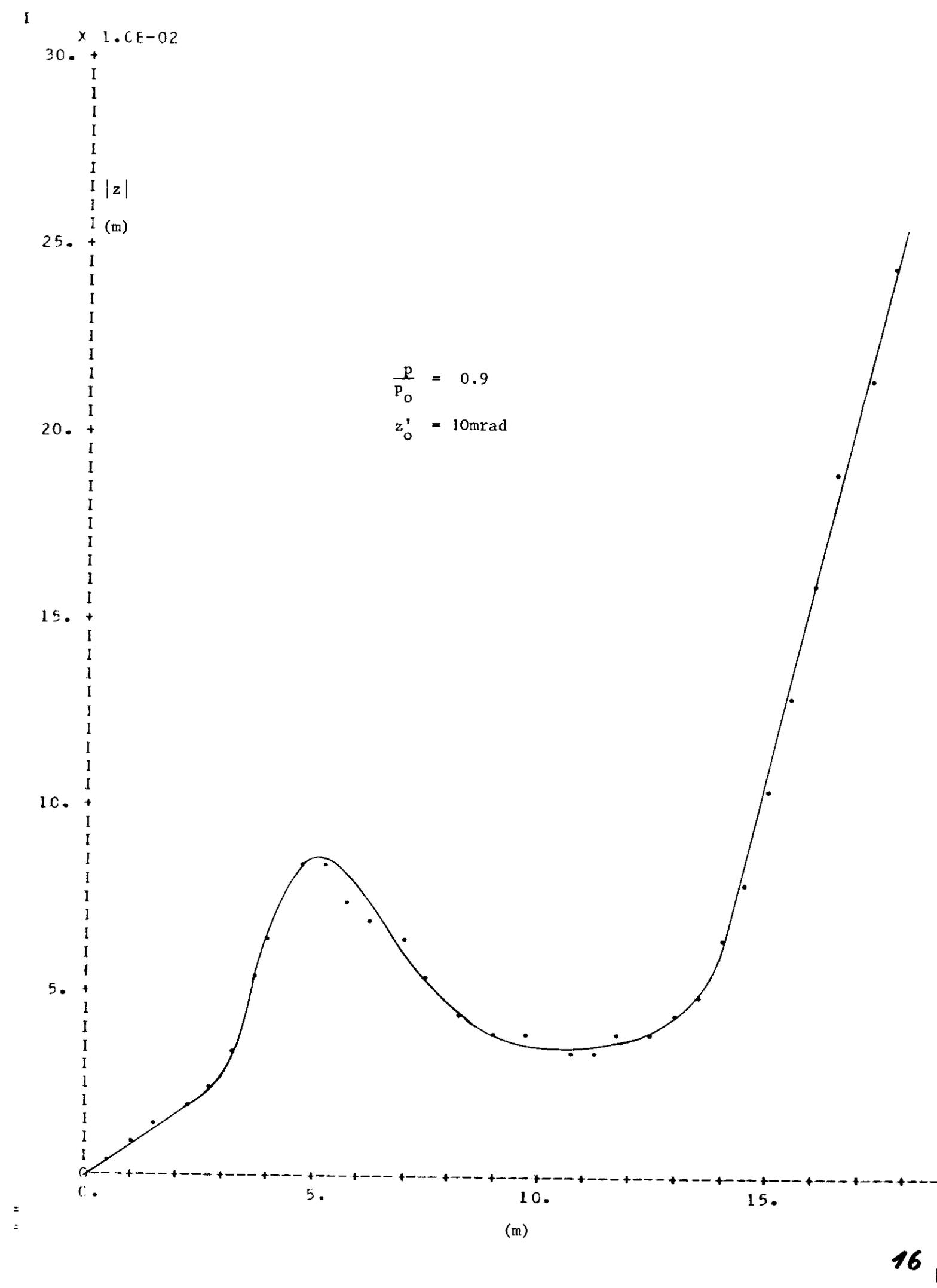
5.

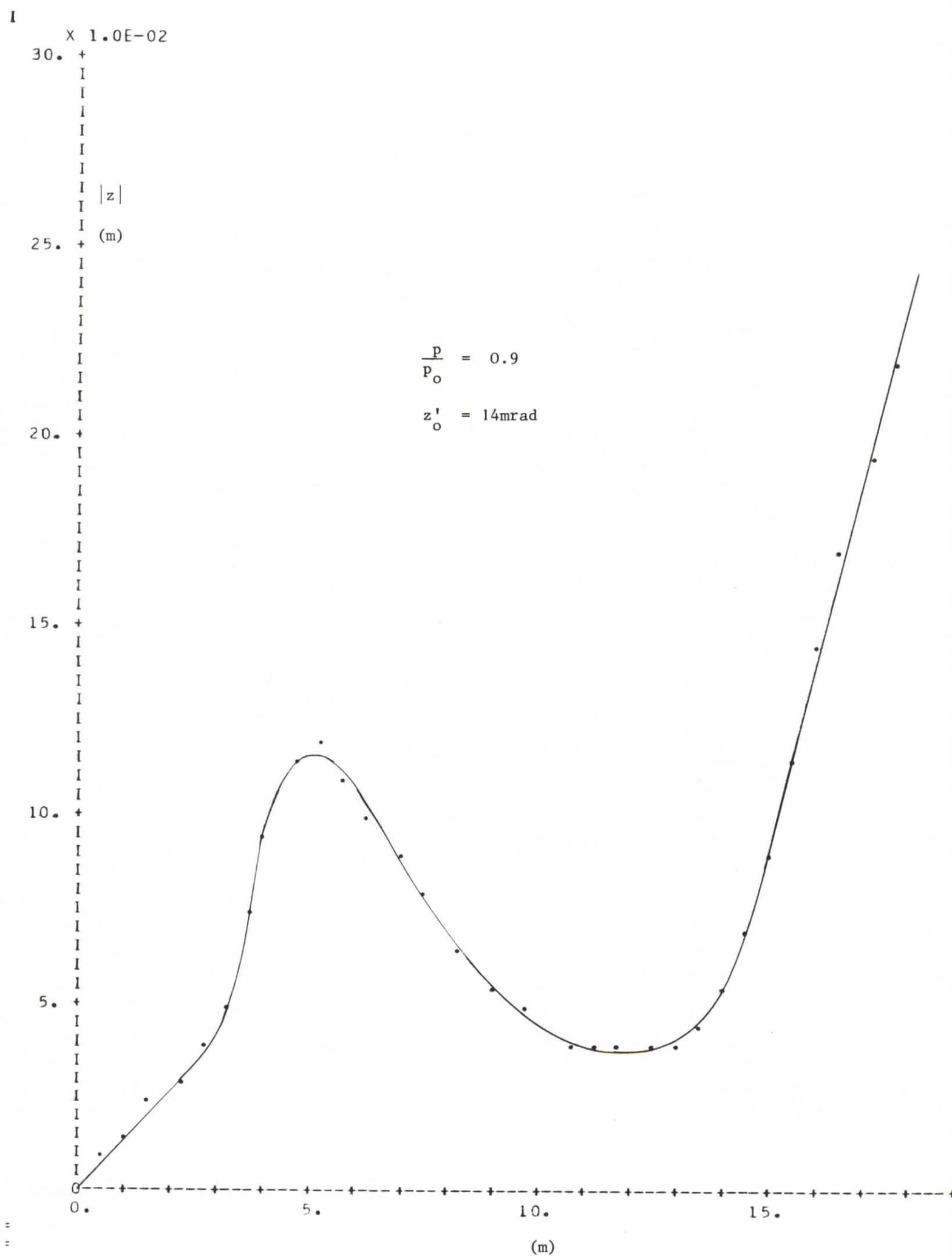
10.

15.

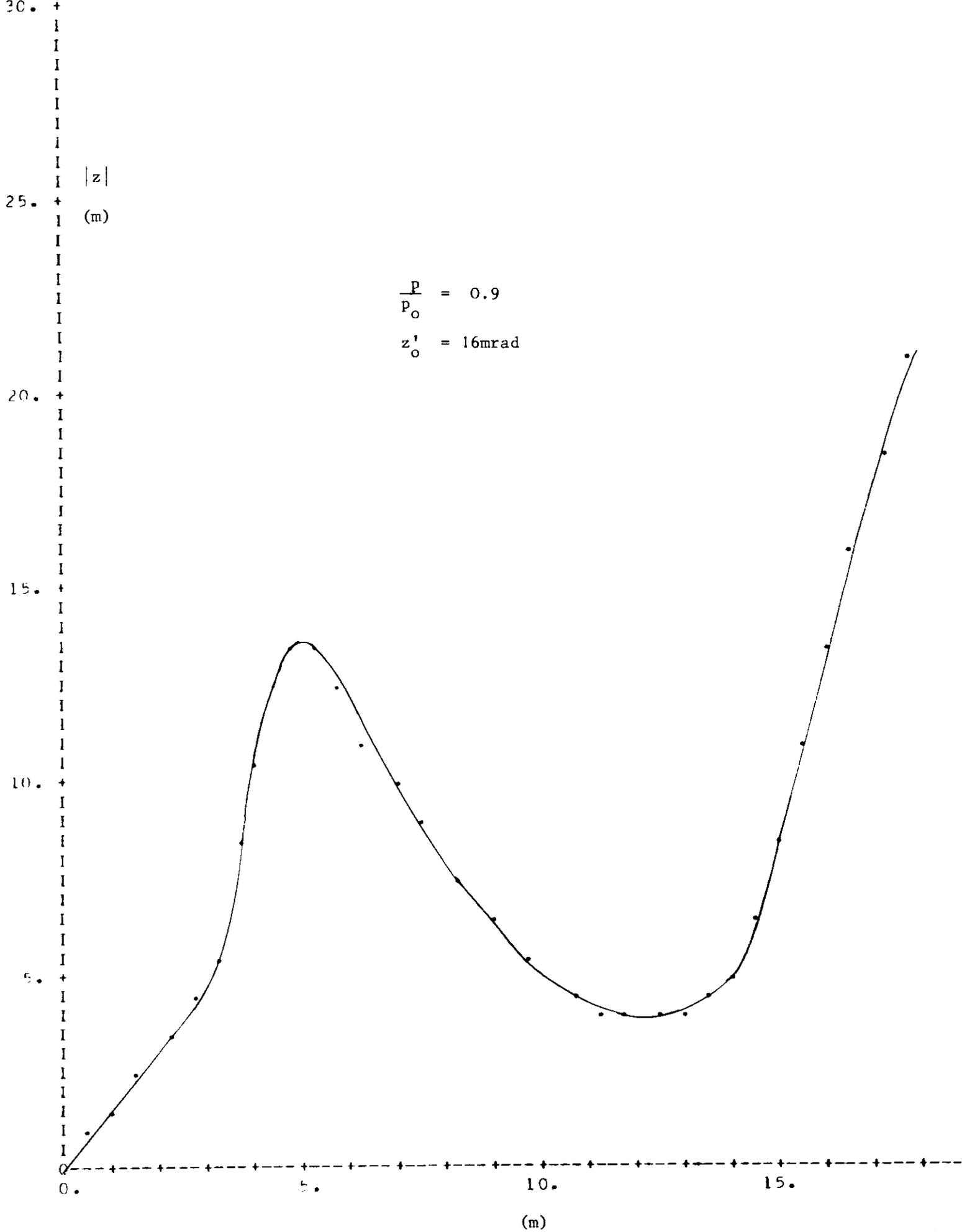
(m)

=
=





x 1.0E-02



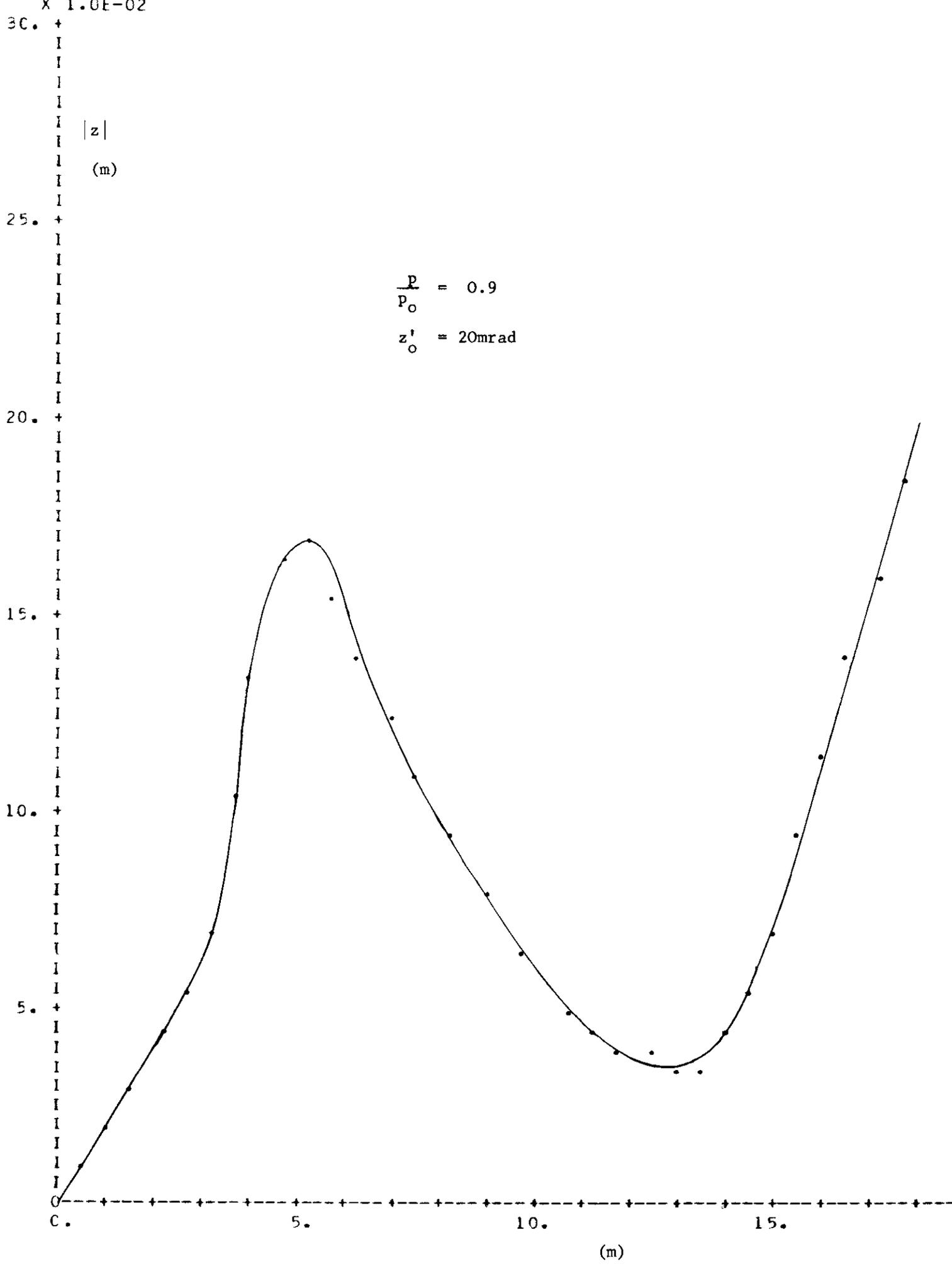
I

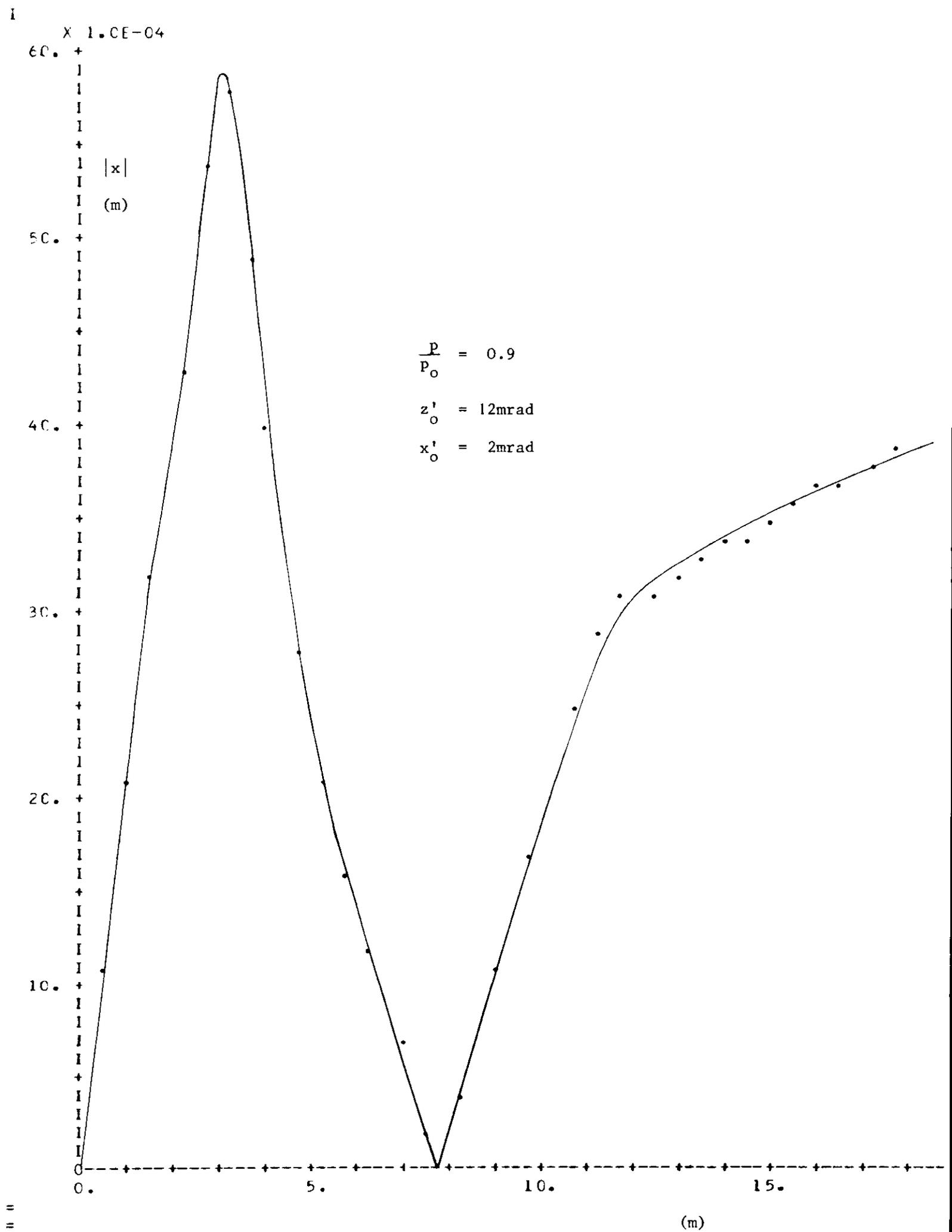
$\times 1.0E-02$

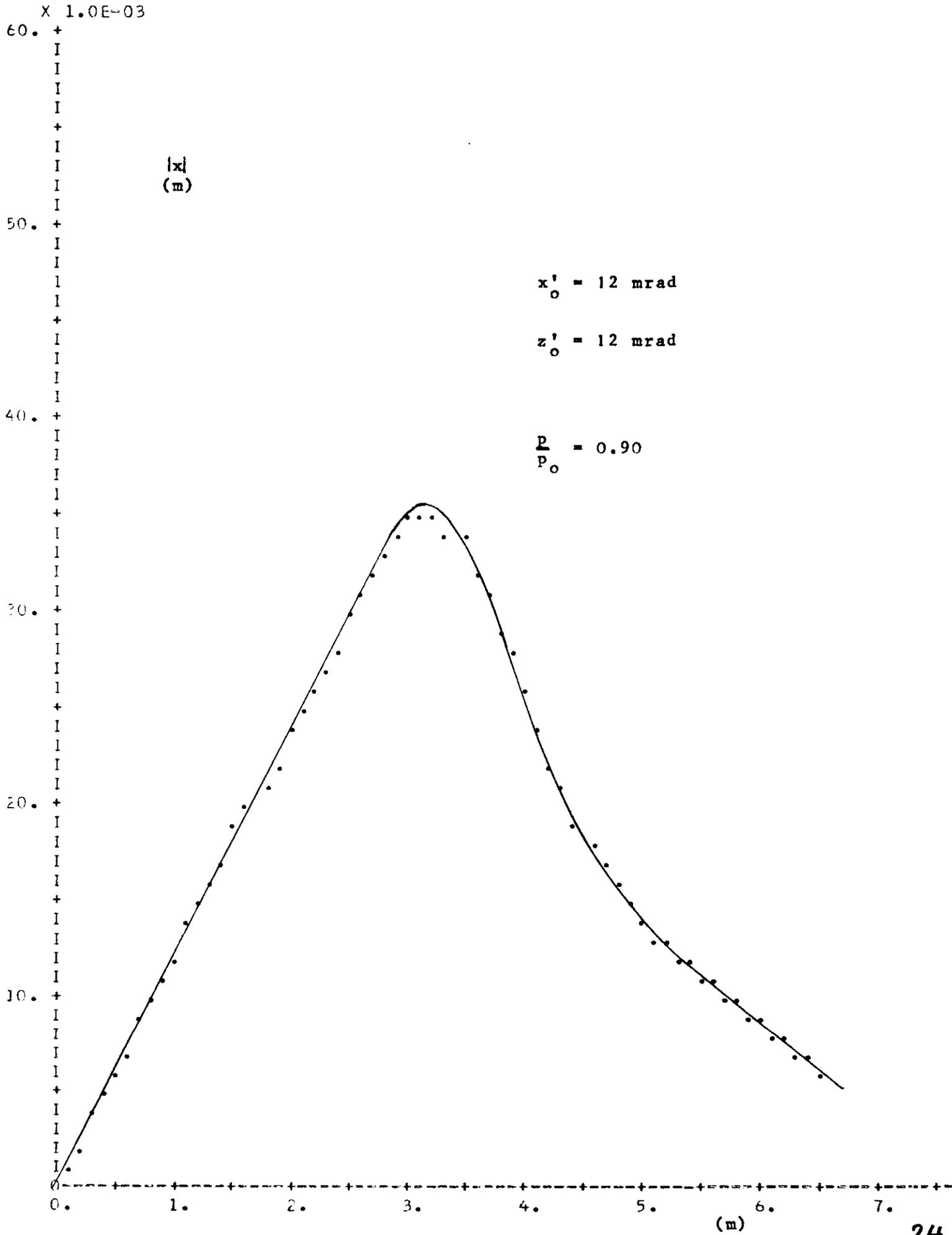
$|z|$
(m)

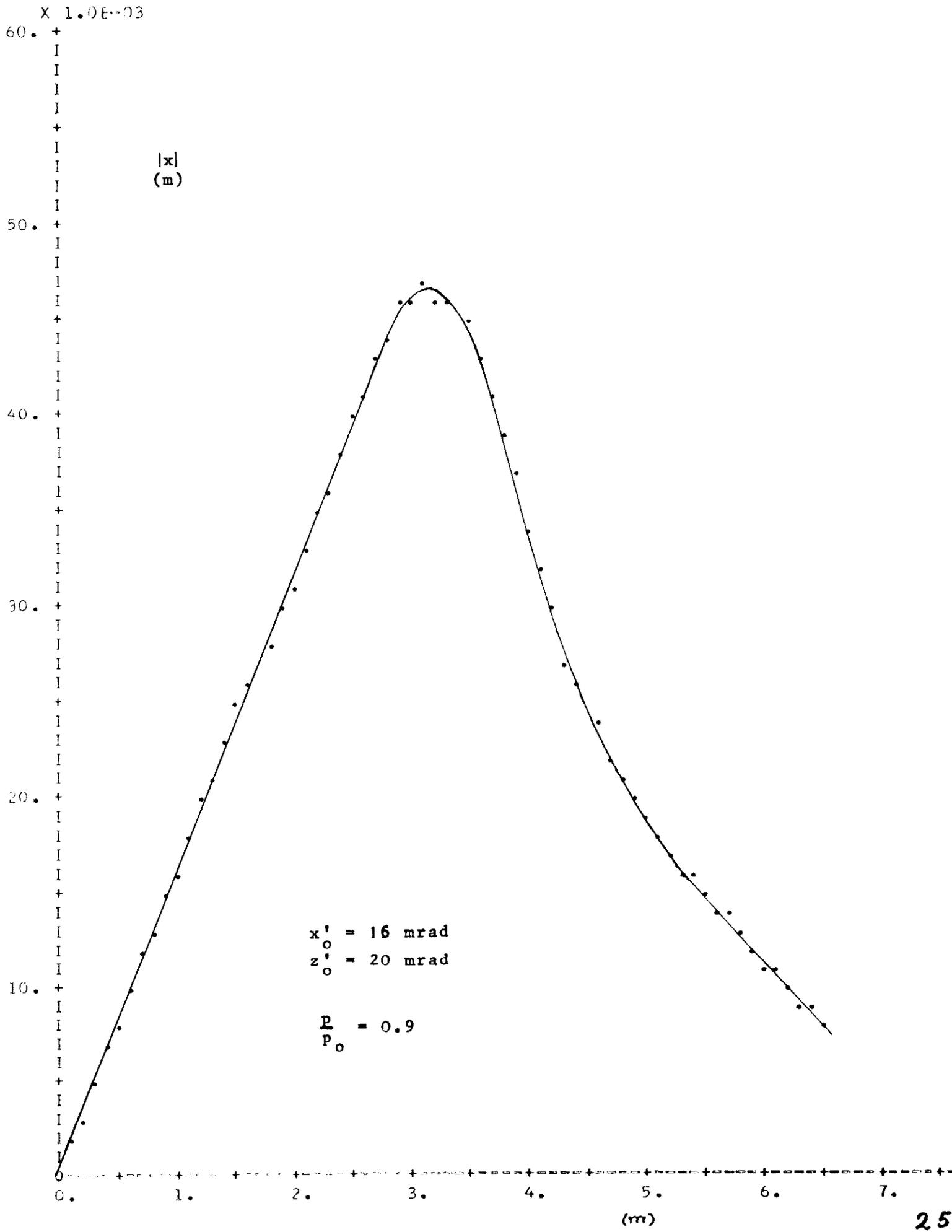
$$\frac{P}{P_0} = 0.9$$

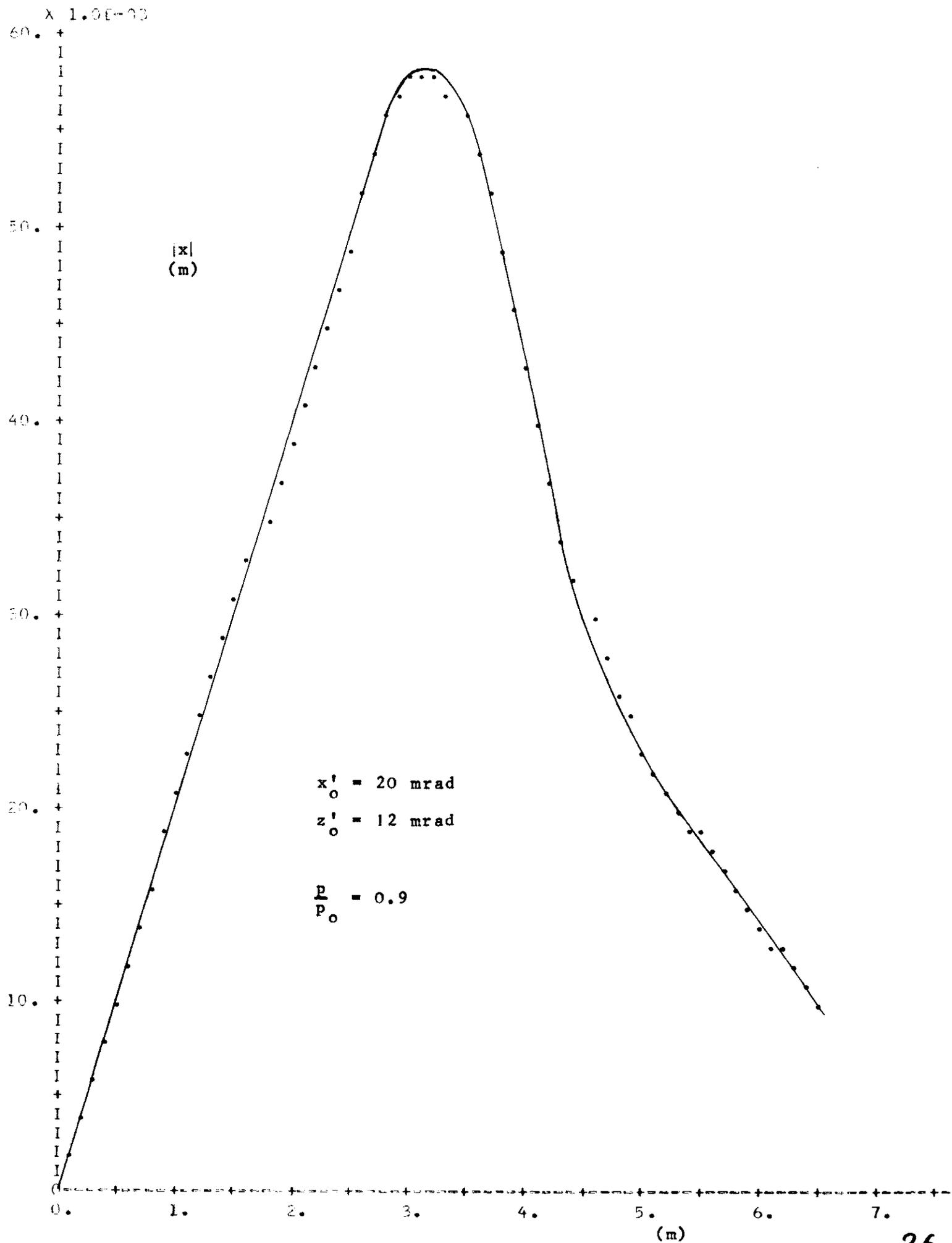
$$z'_0 = 20\text{mrad}$$

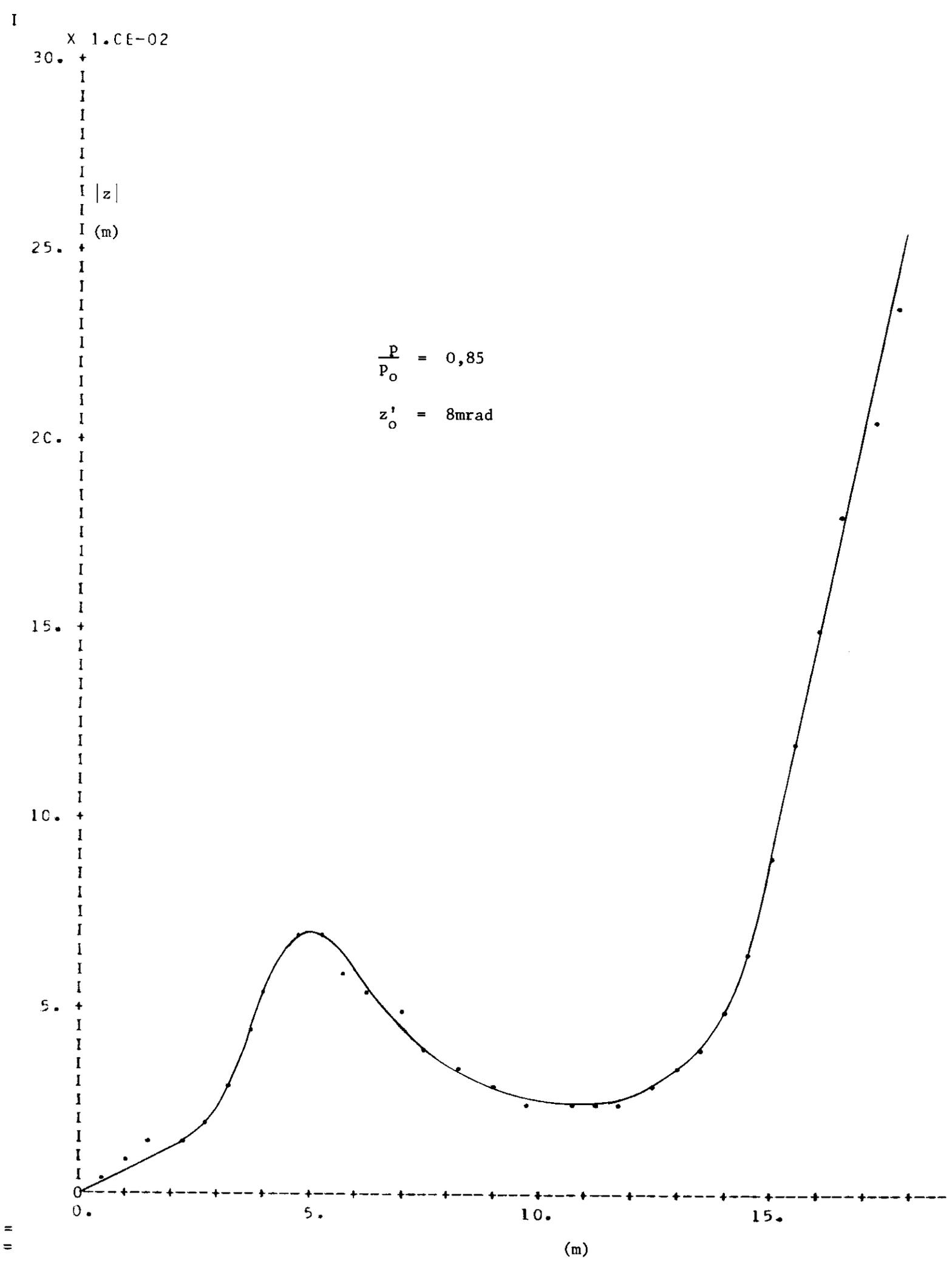


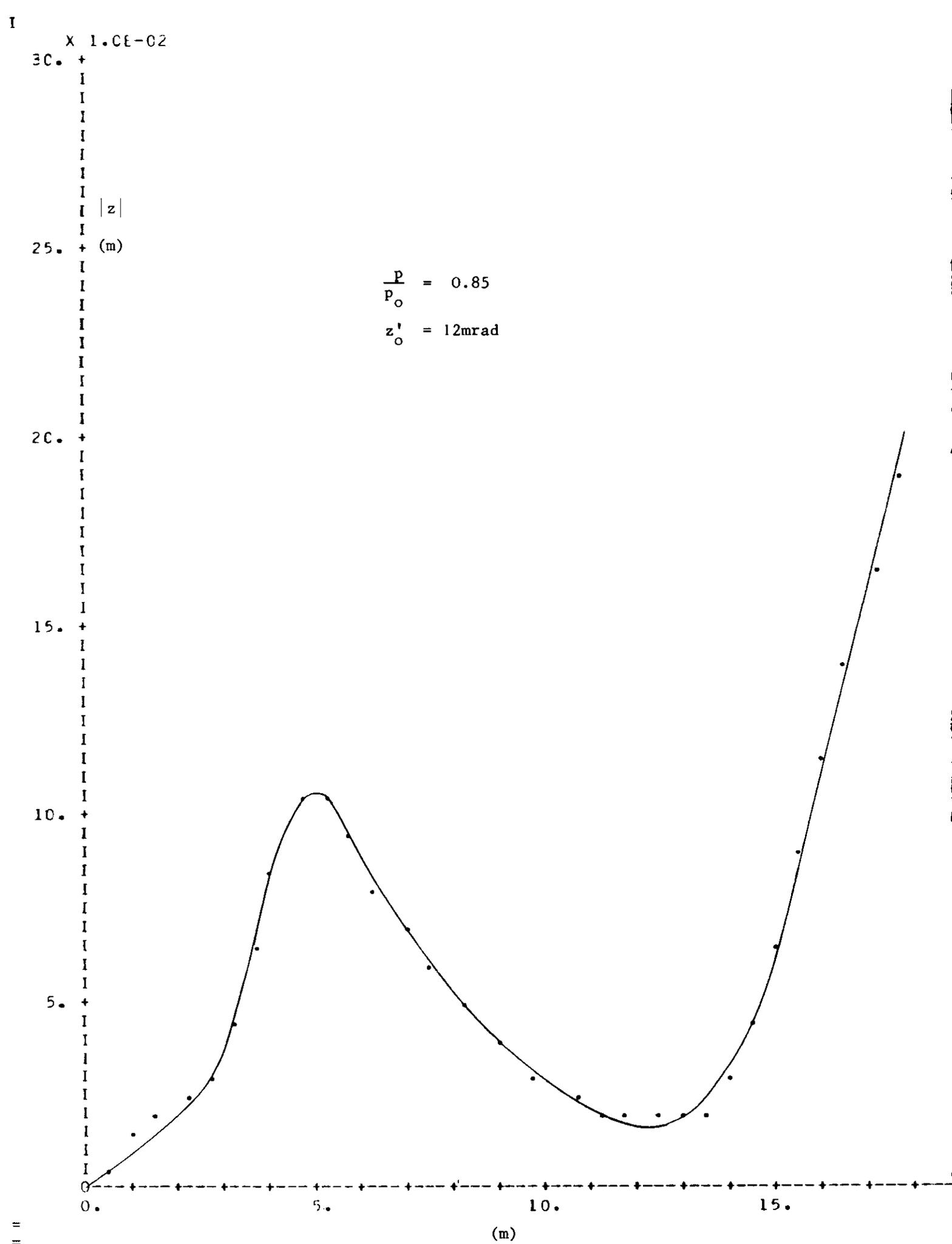










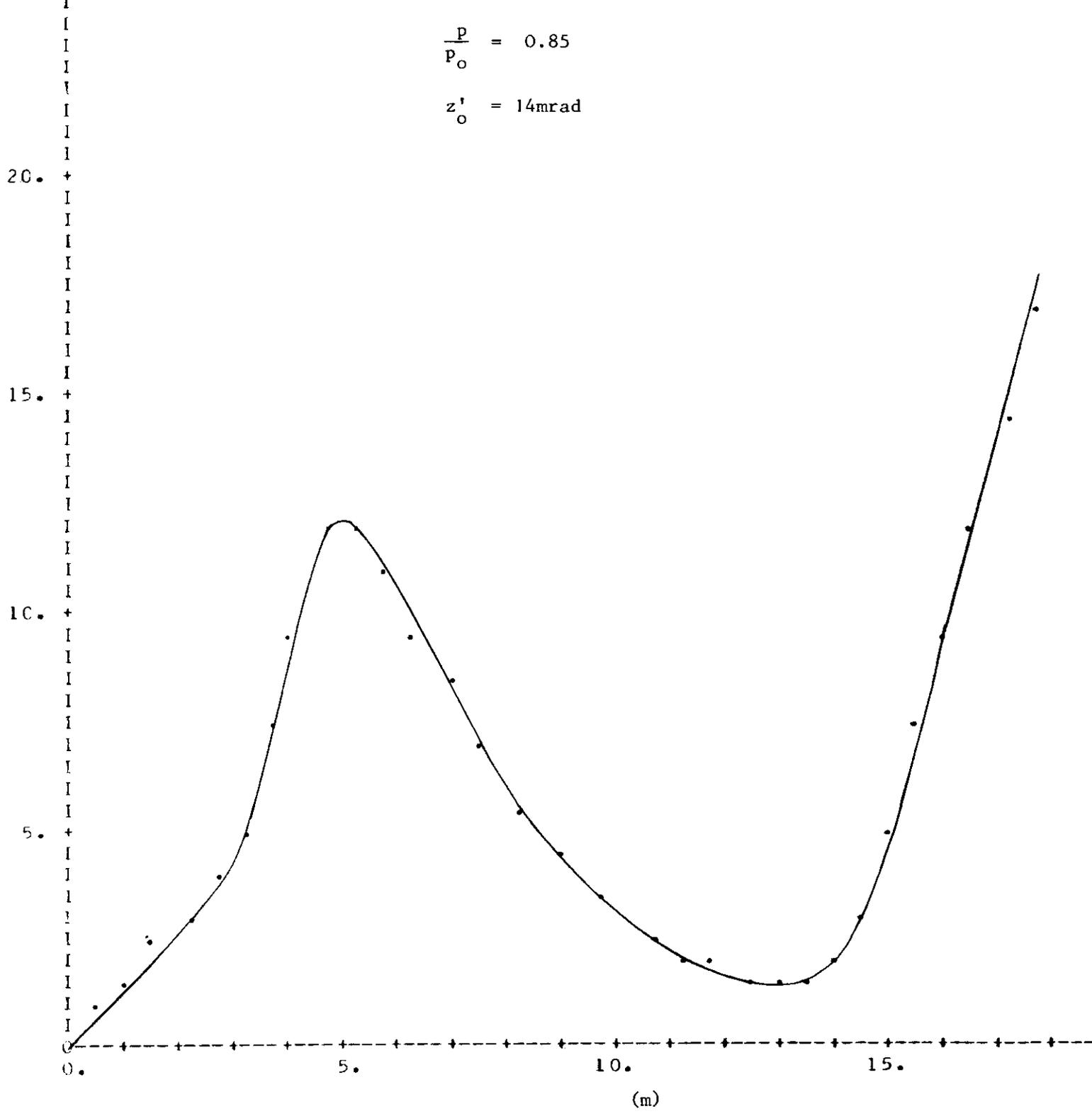


X 1.0E-02

30.
+
|z|
(m)

$$\frac{p}{p_0} = 0.85$$

$$z'_0 = 14\text{mrad}$$

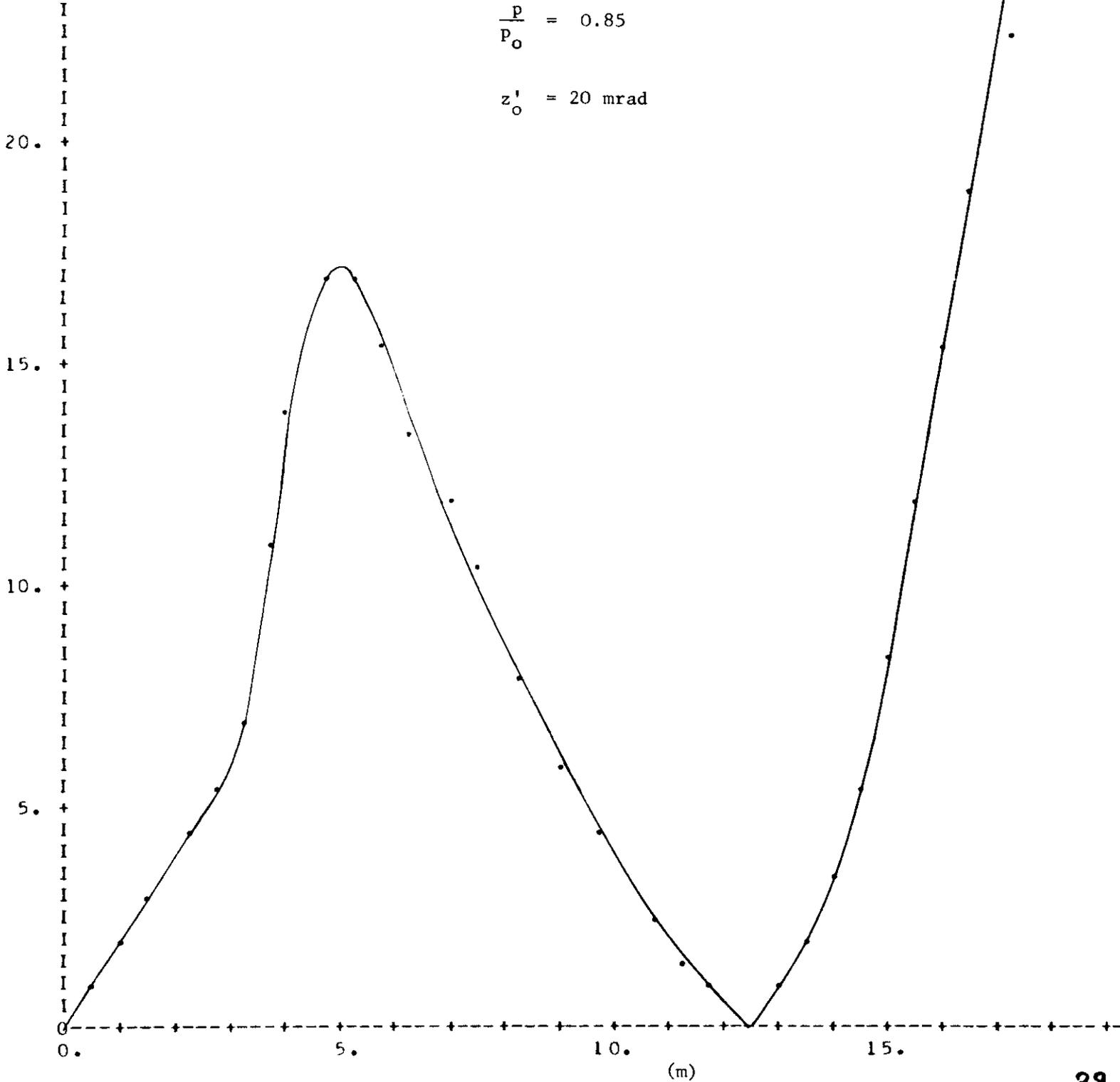


X 1.0E-02

30.
+
|z|
(m)

$$\frac{p}{p_0} = 0.85$$

$$z'_0 = 20 \text{ mrad}$$



I

$\times 1.0E-03$

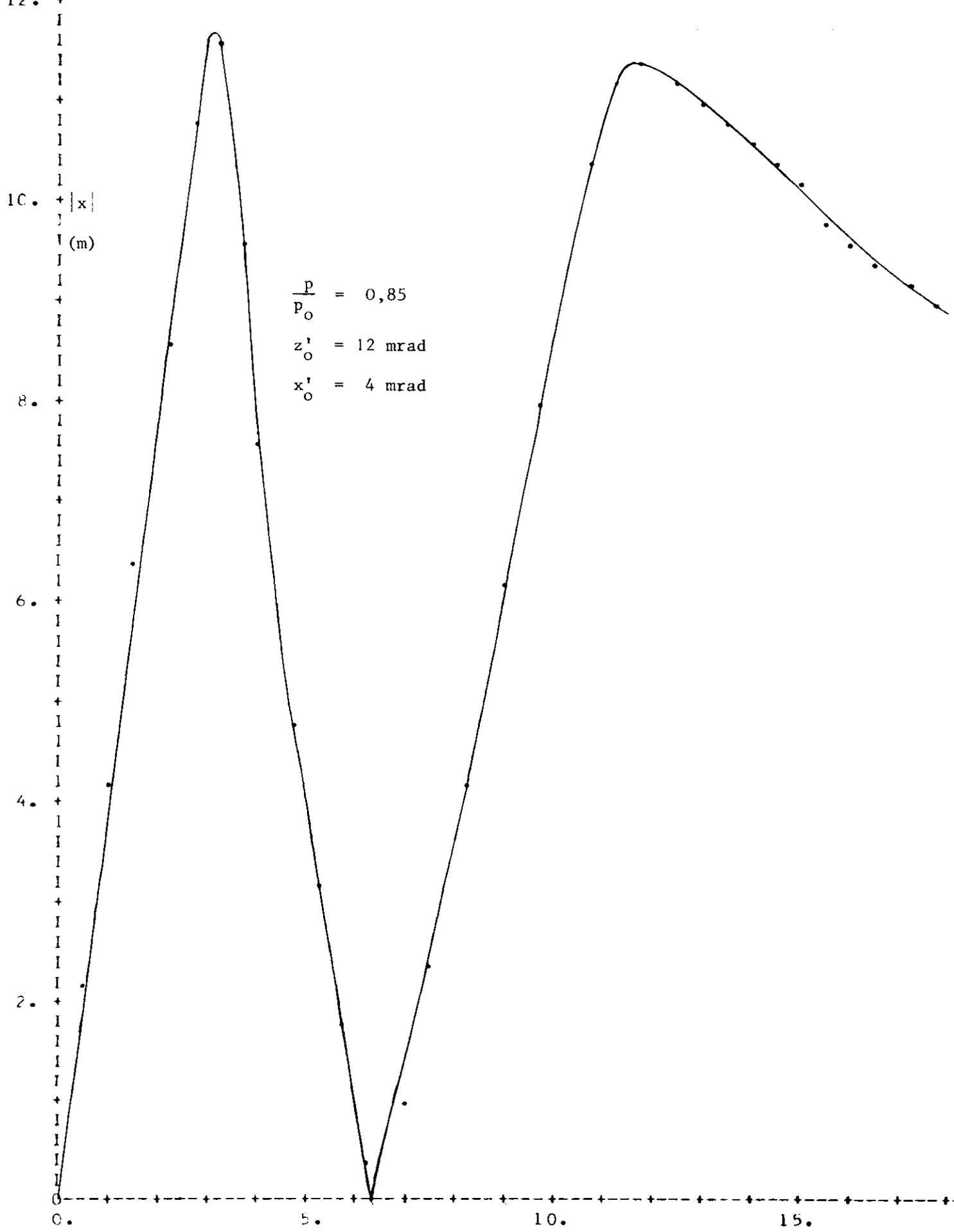
12.
10.
8.
6.
4.
2.
0.

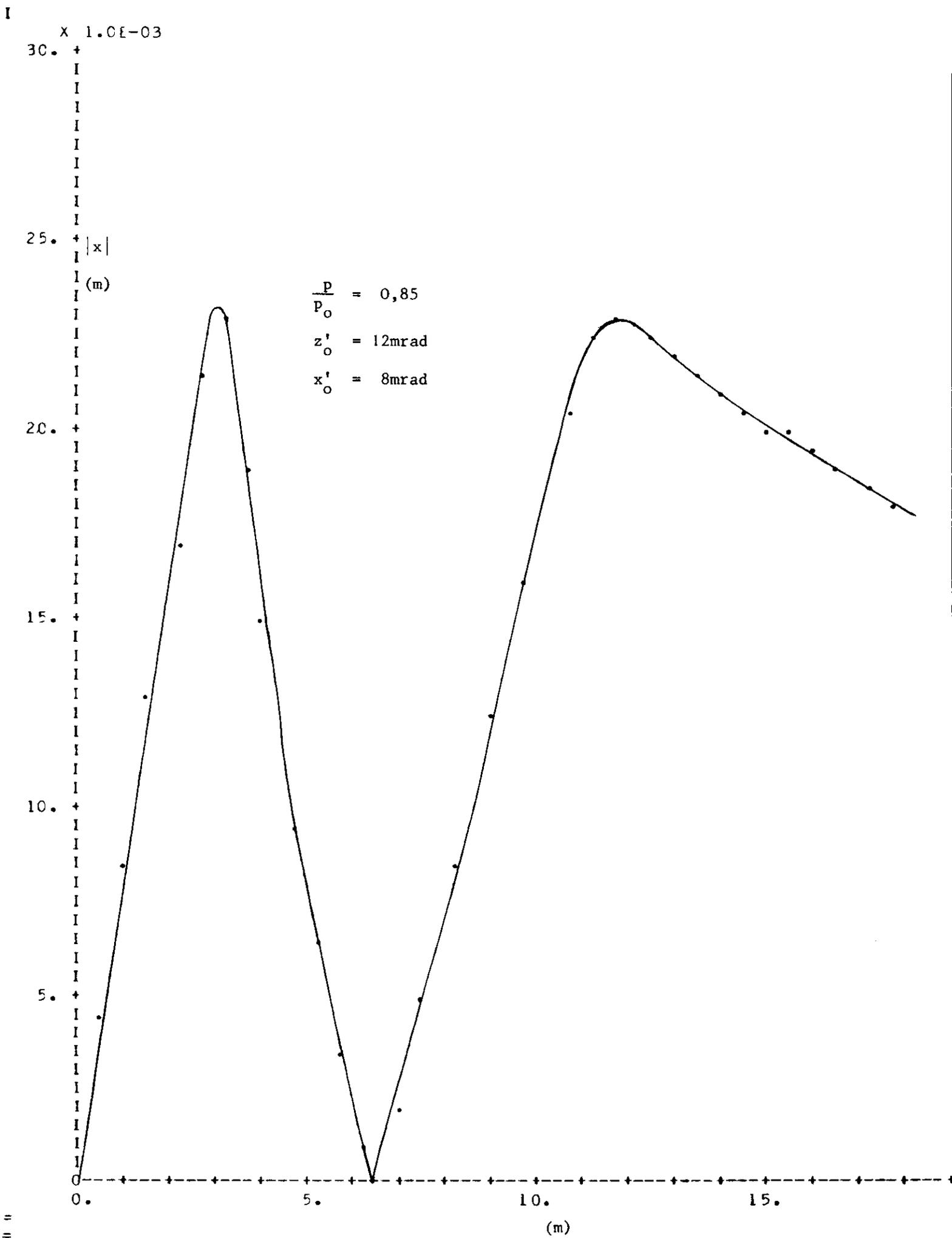
$|x|$
(m)

$\frac{P}{P_0} = 0,85$
 $z'_0 = 12 \text{ mrad}$
 $x'_0 = 4 \text{ mrad}$

(m)

==





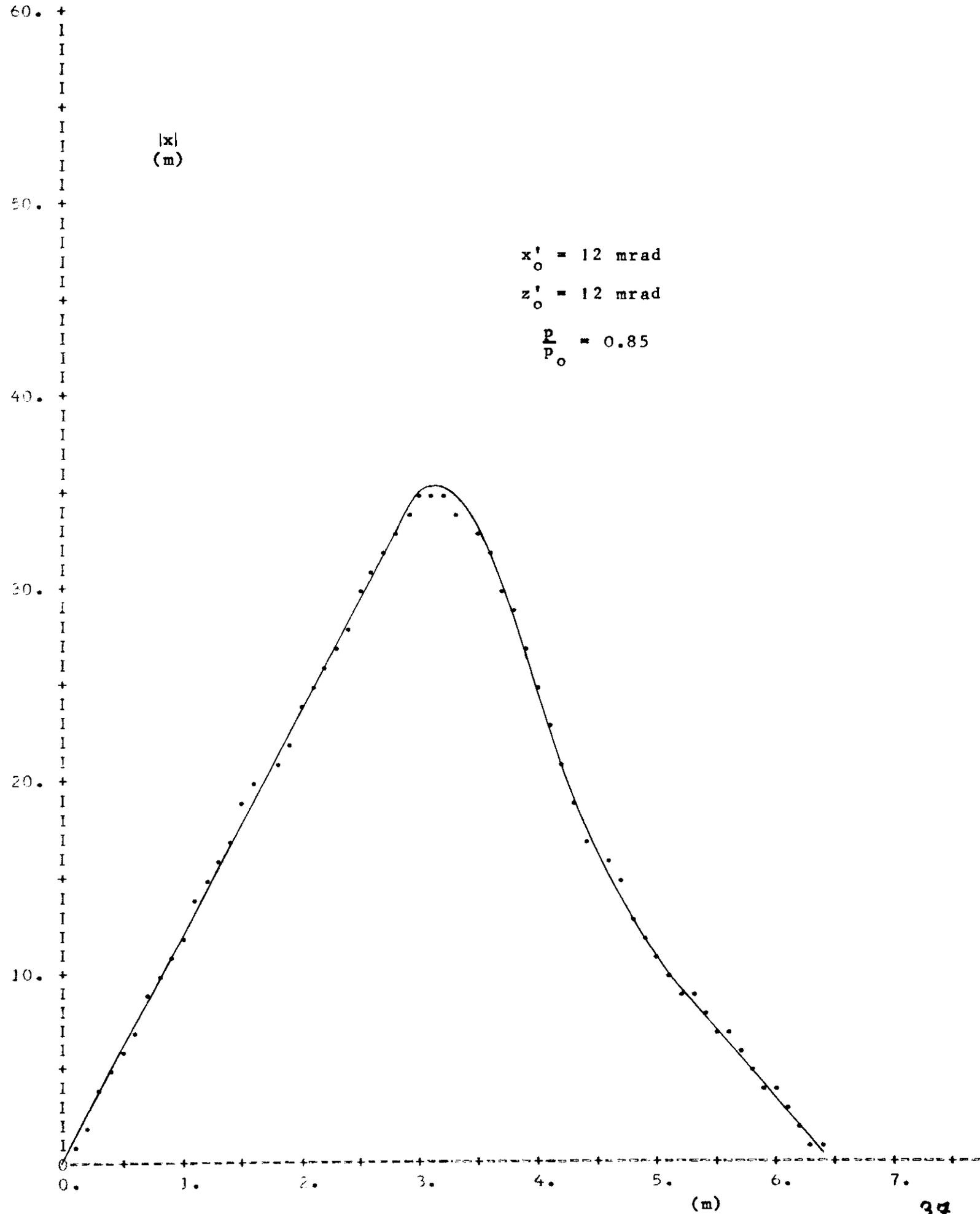
X 1.0E-03

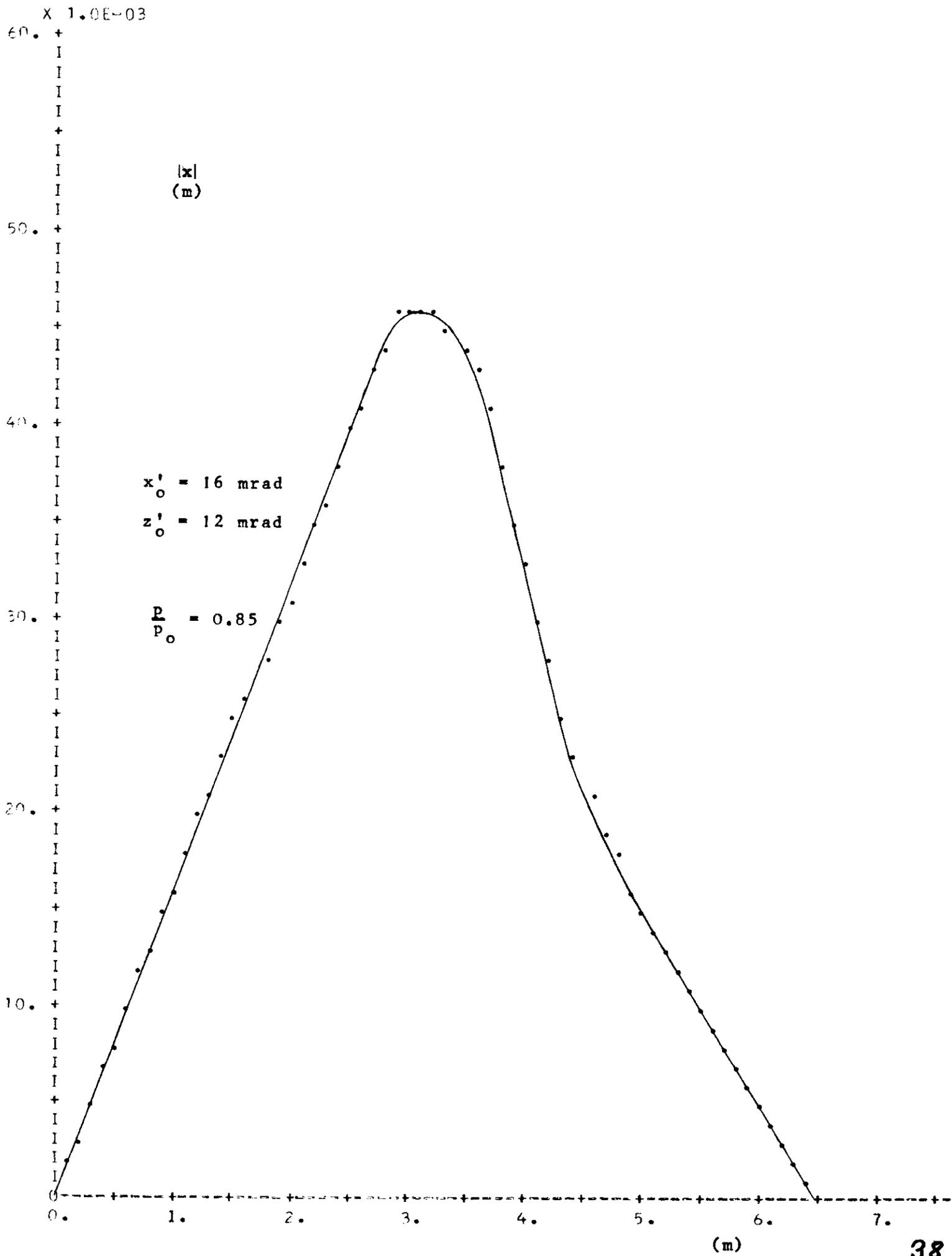
$|x|$
(m)

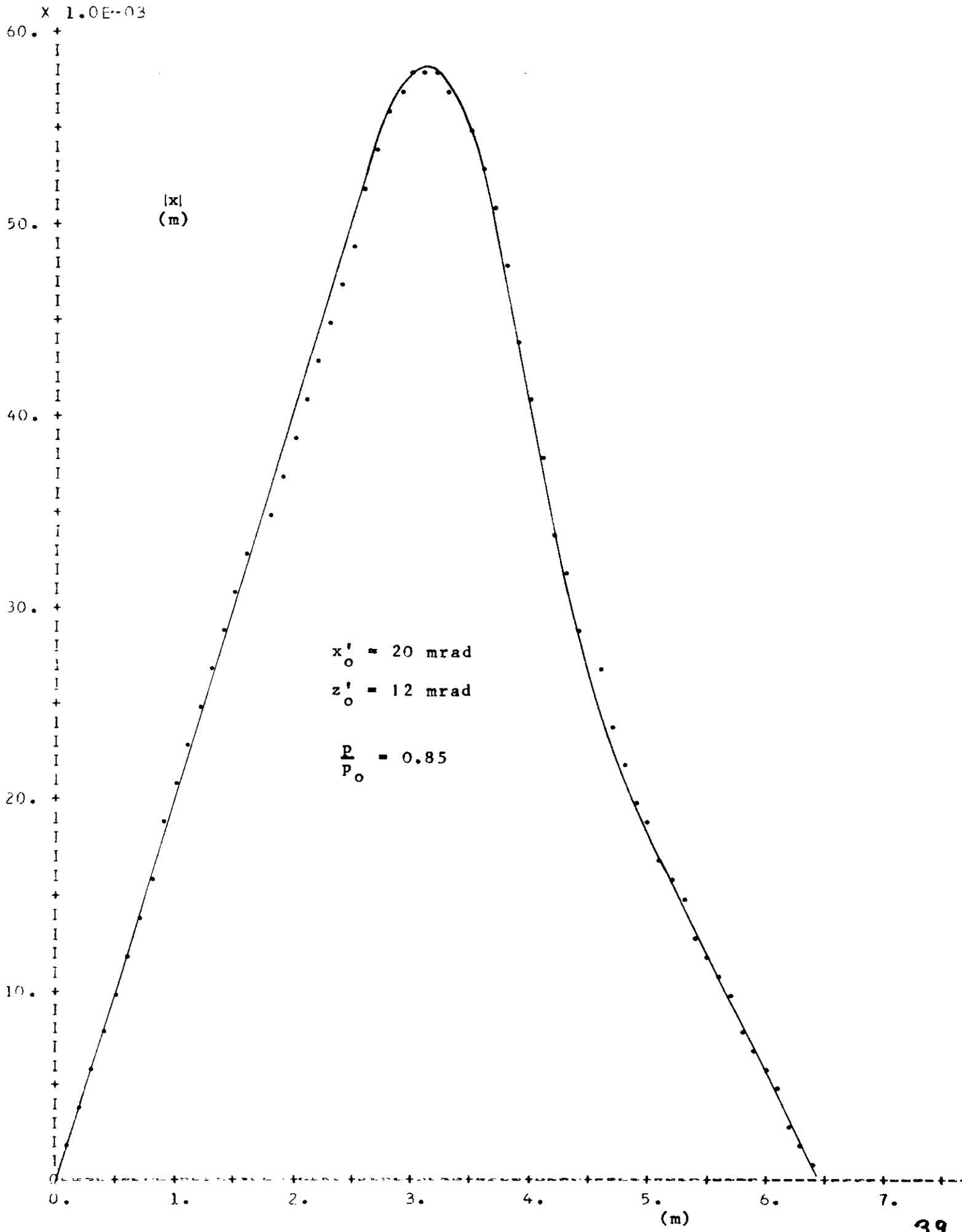
$x'_0 = 12 \text{ mrad}$

$z'_0 = 12 \text{ mrad}$

$\frac{p}{p_0} = 0.85$







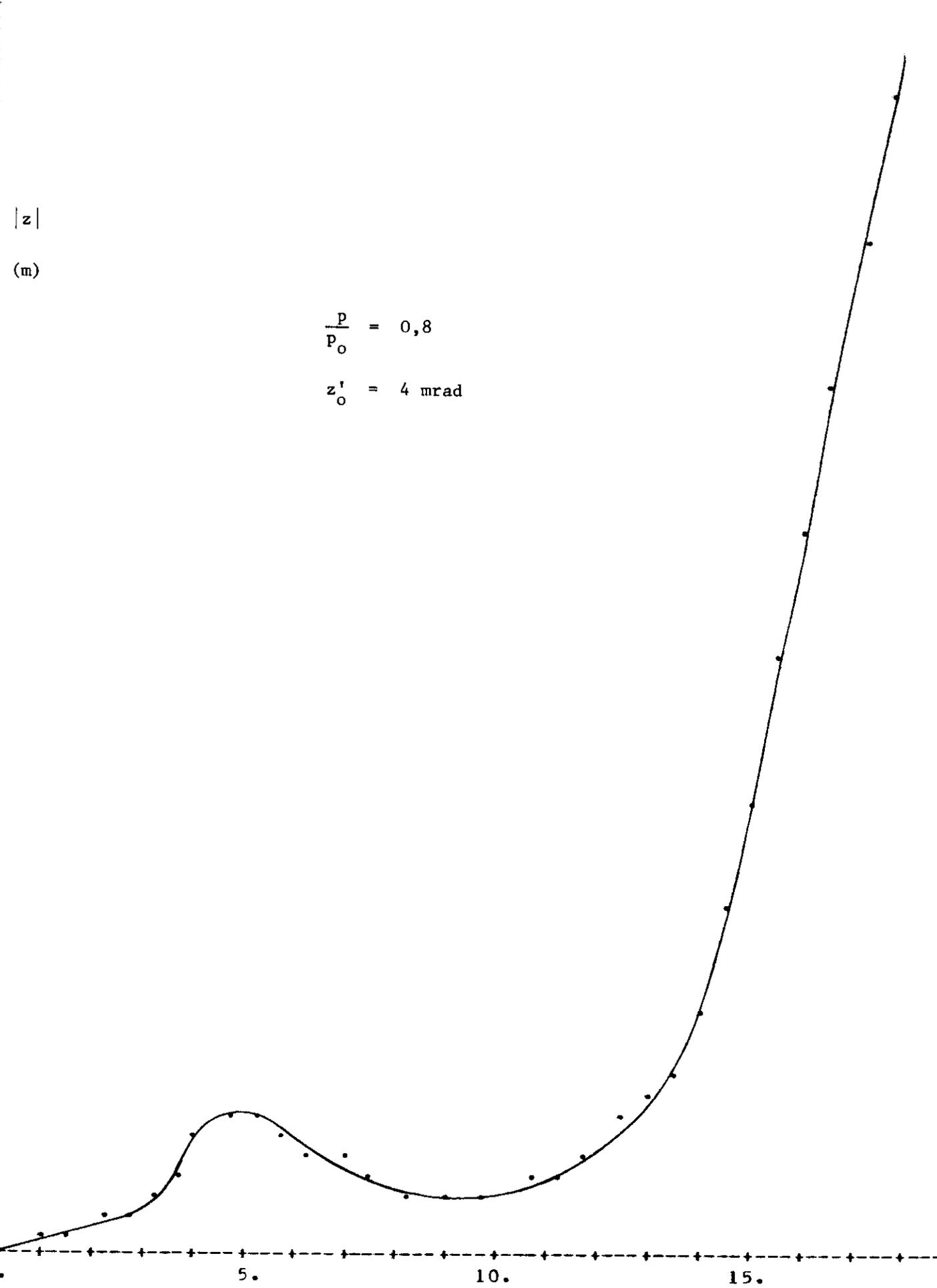
I

X 1.0E-02

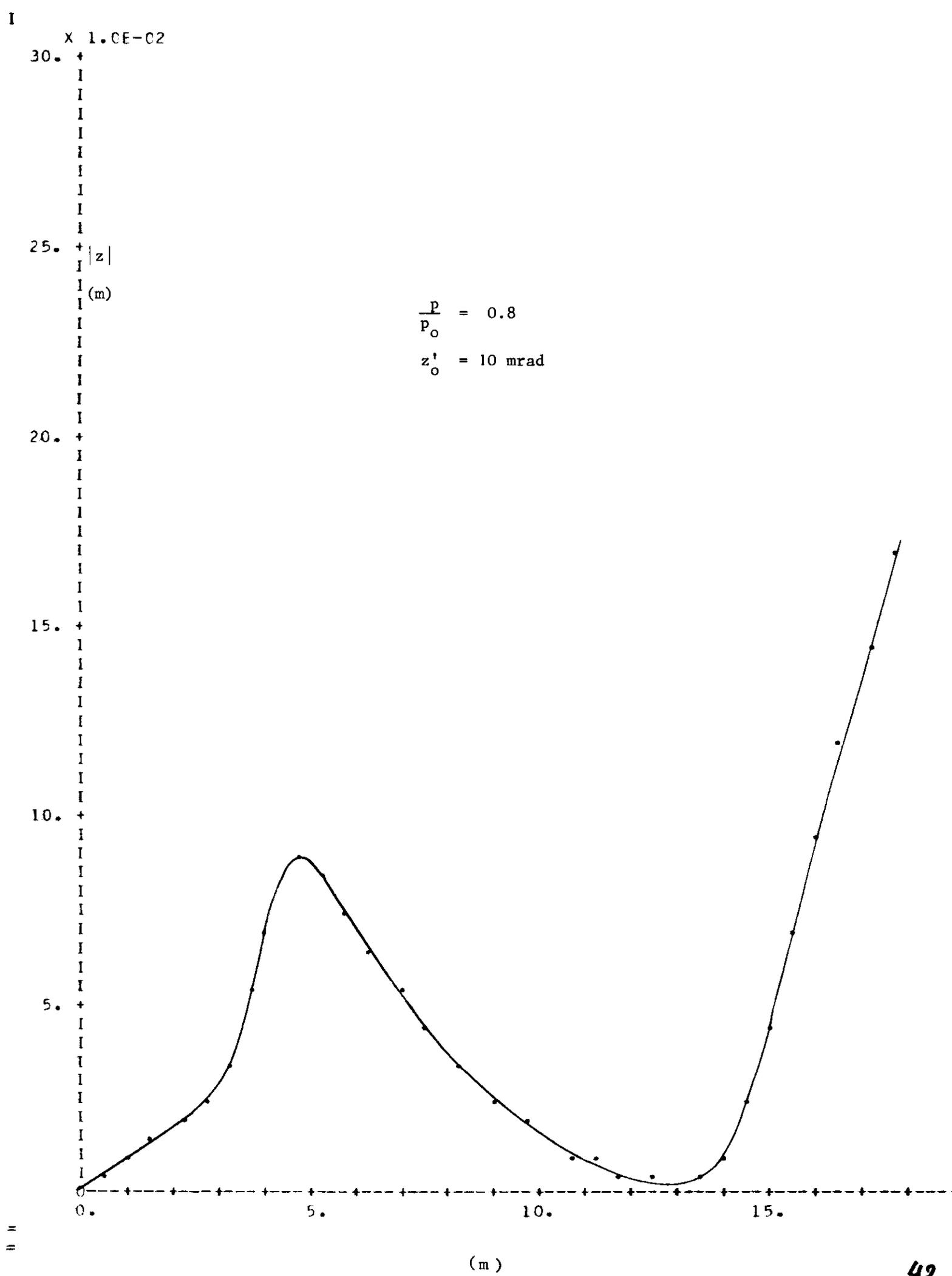
30.
25.
20.
15.
10.
5.
0.

|z|
(m)

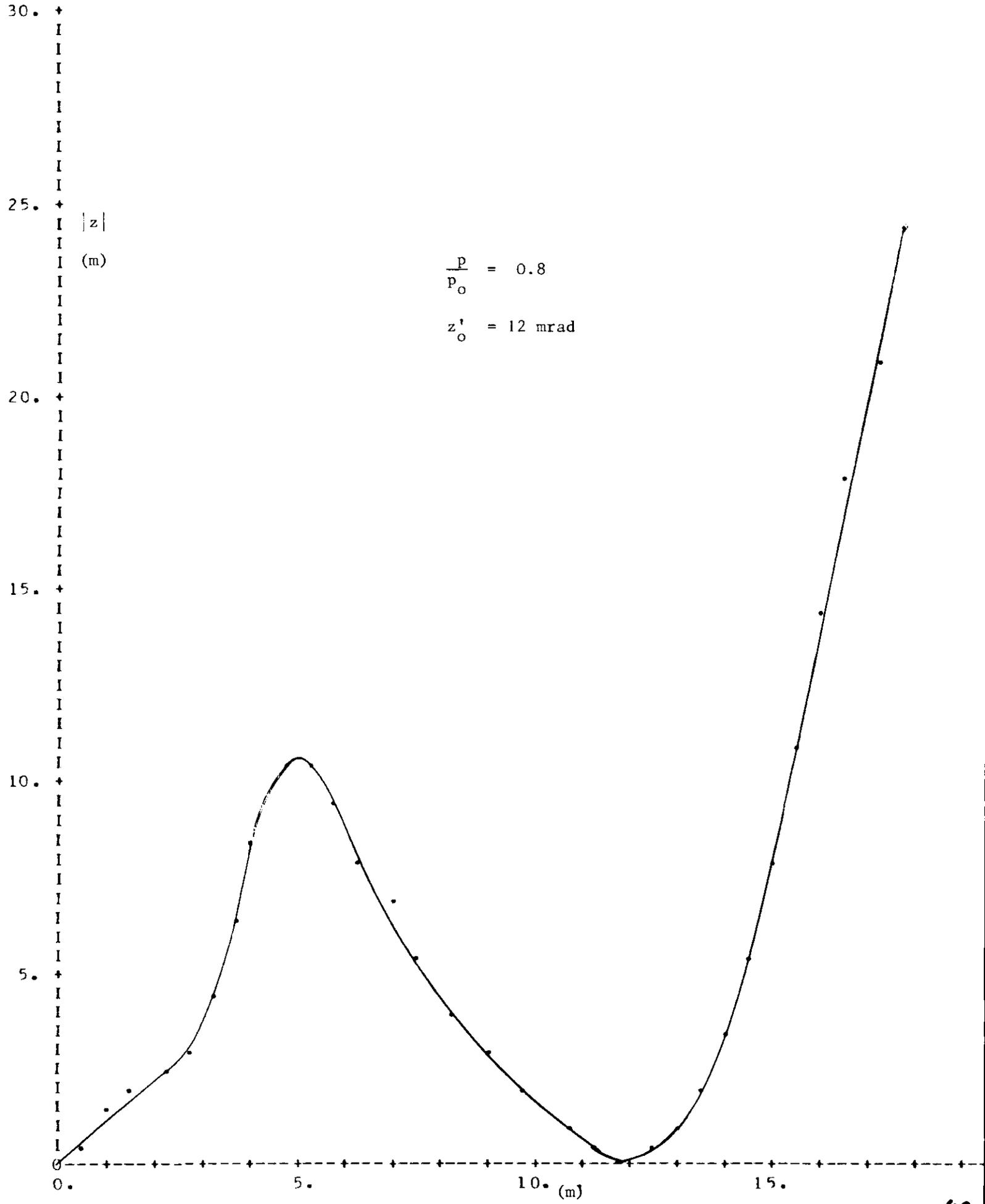
$\frac{p}{p_0} = 0,8$
 $z'_0 = 4 \text{ mrad}$



(m)

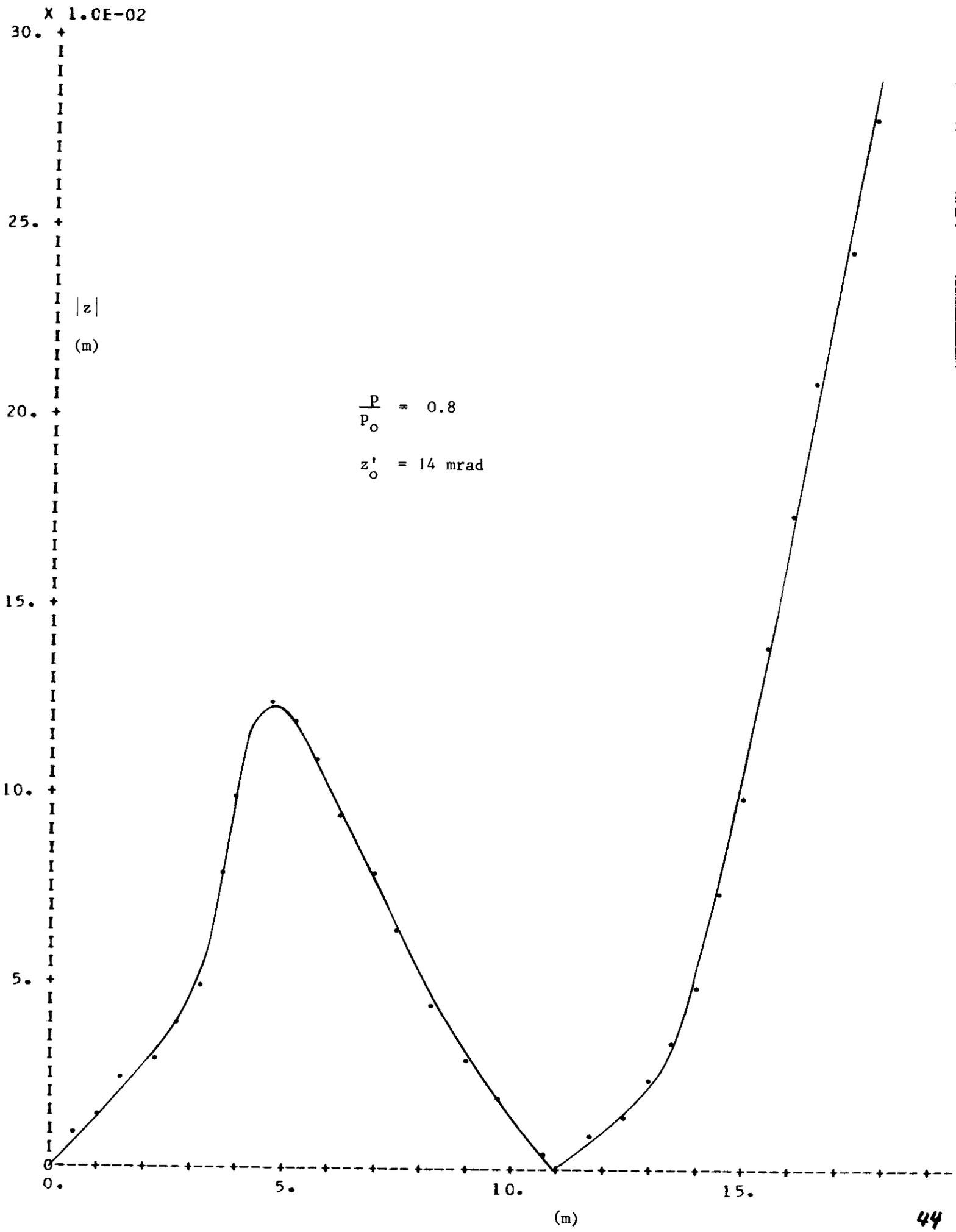


X 1.0E-02



$$\frac{p}{p_0} = 0.8$$

$$z'_0 = 12 \text{ mrad}$$

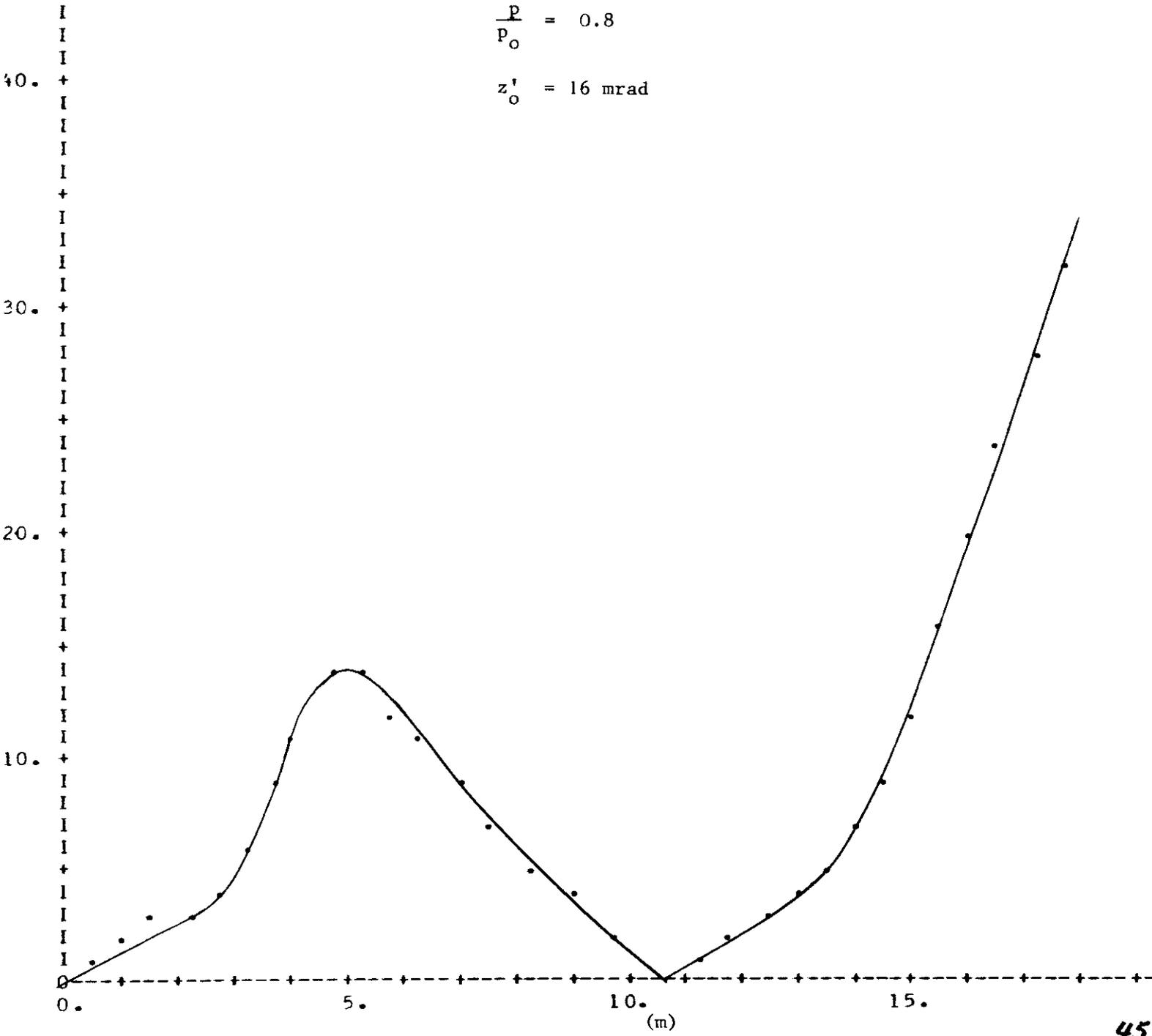


X 1.0E-02

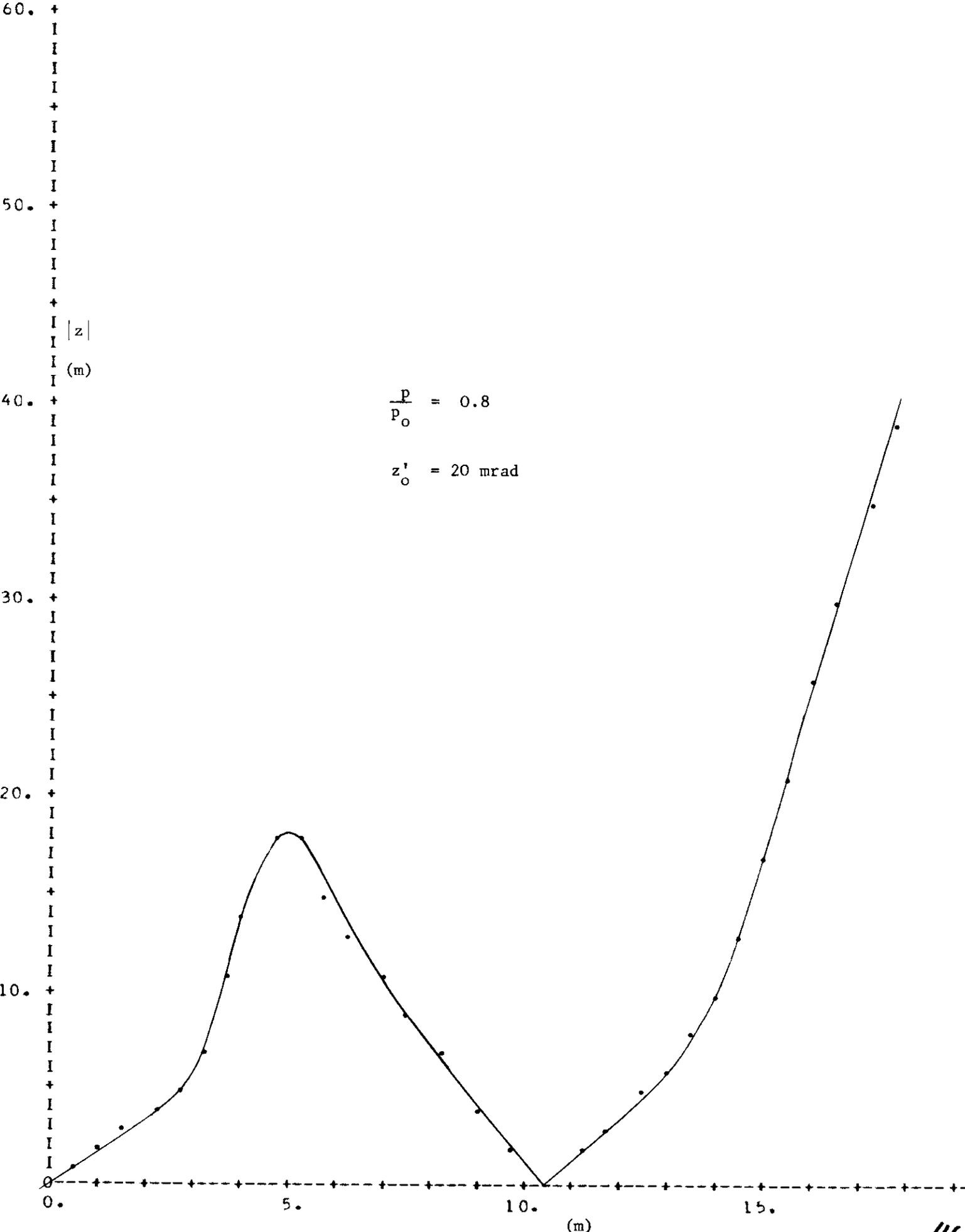
50.
+
I
I
I
I
+
I
I
I
I
I
+
50.
+
I
I
I
I
I
+
|z|
I
I
+
(m)

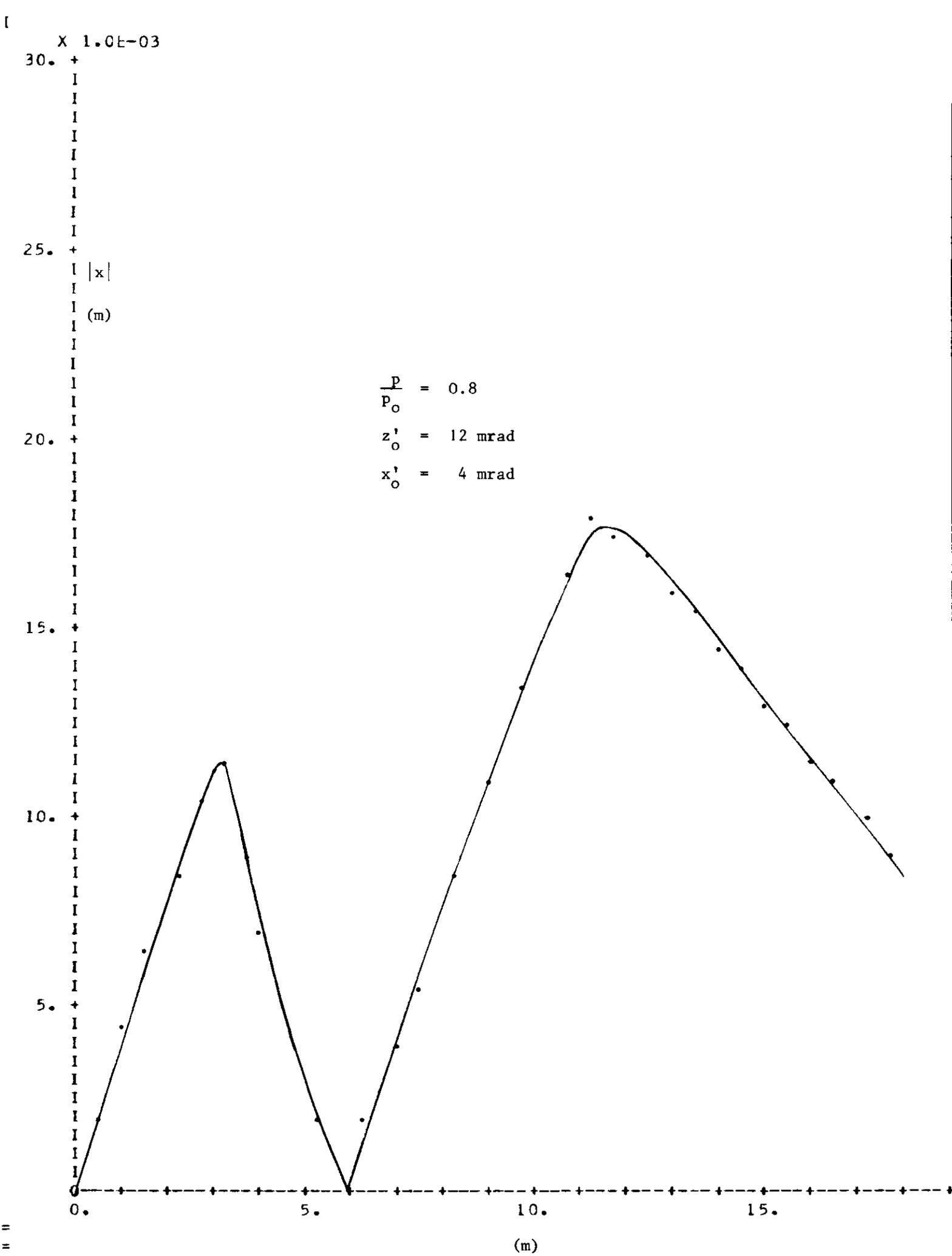
$$\frac{P}{P_0} = 0.8$$

$$z'_0 = 16 \text{ mrad}$$



X 1.0E-02





X 1.0E-03

60.

50.

40.

30.

20.

10.

0.

5.

10.

15.

(m)

|x|

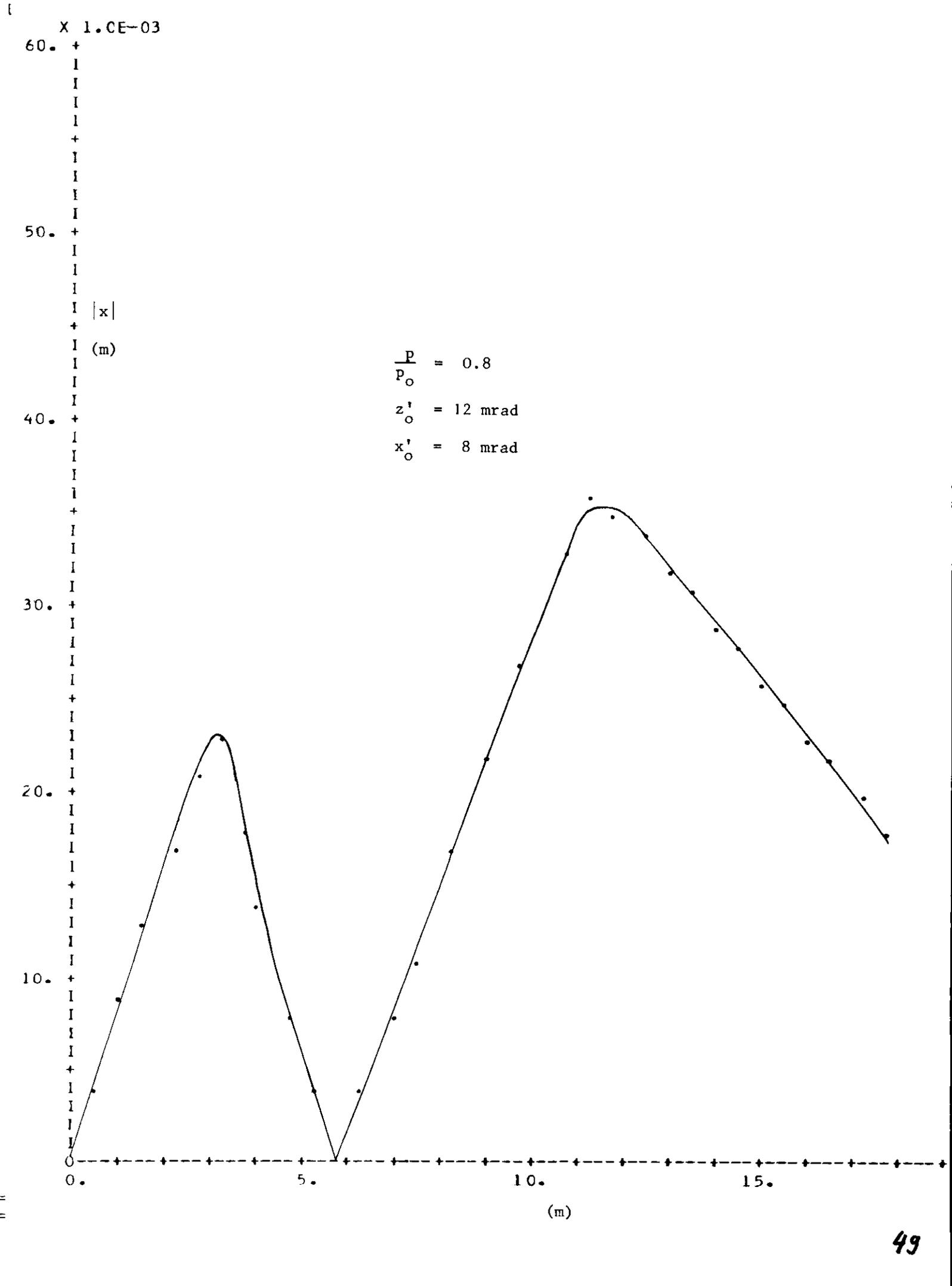
(m)

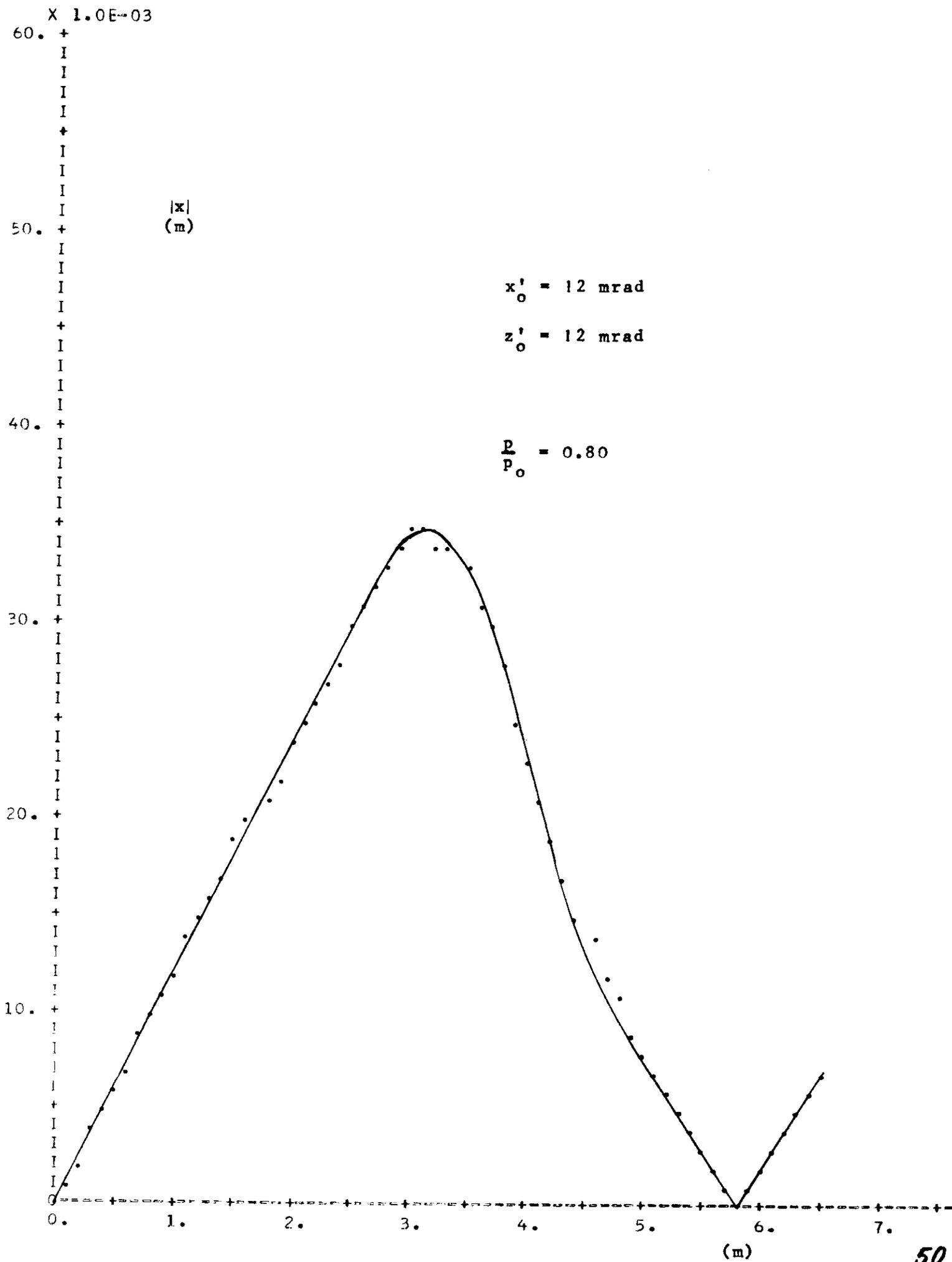
$$\frac{P}{P_0} = 0.8$$

$$z'_0 = 12 \text{ mrad}$$

$$x'_0 = 8 \text{ mrad}$$

11





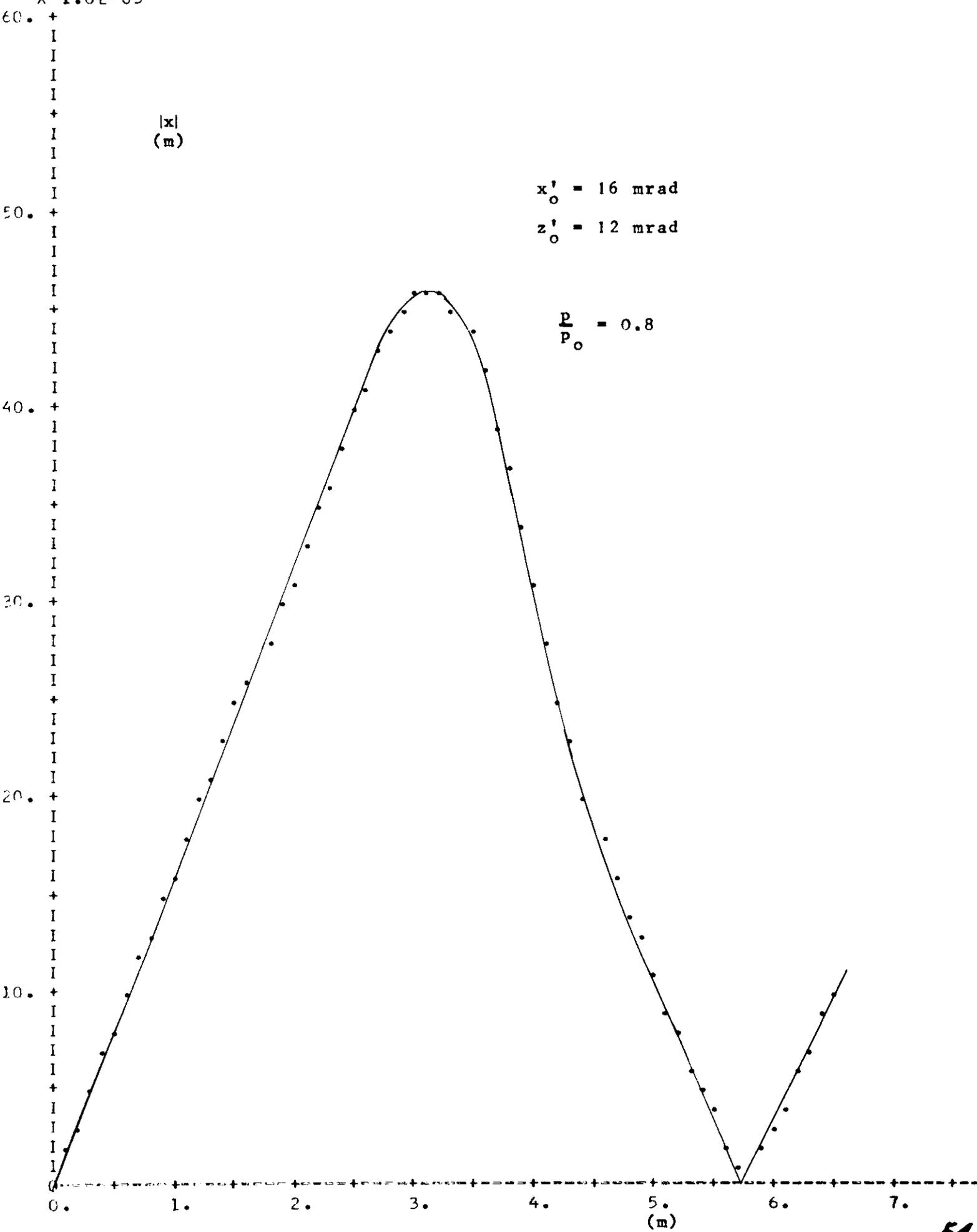
X 1.0E-03

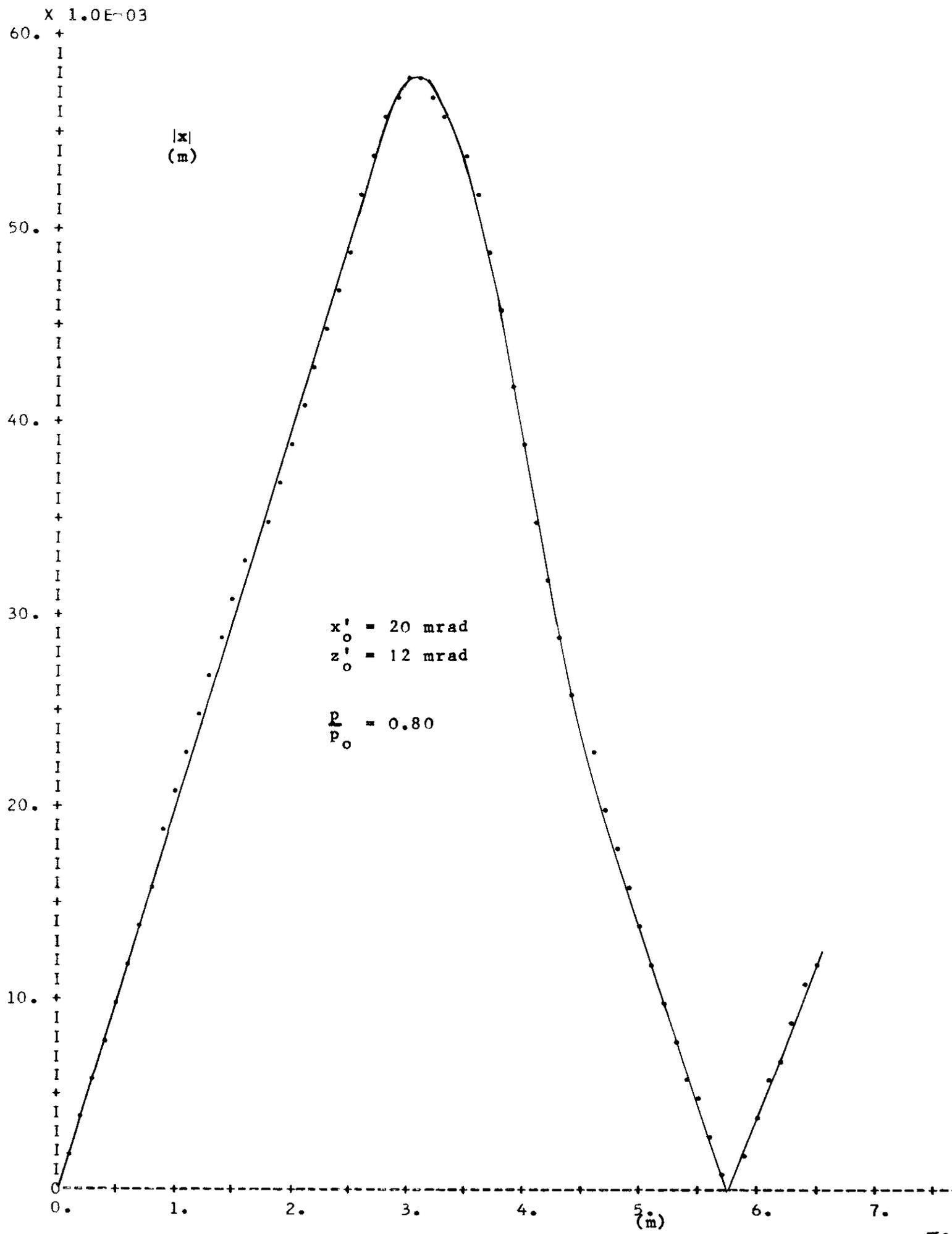
$|x|$
(m)

$x'_0 = 16 \text{ mrad}$

$z'_0 = 12 \text{ mrad}$

$\frac{P}{P_0} = 0.8$





X 1.0E-02

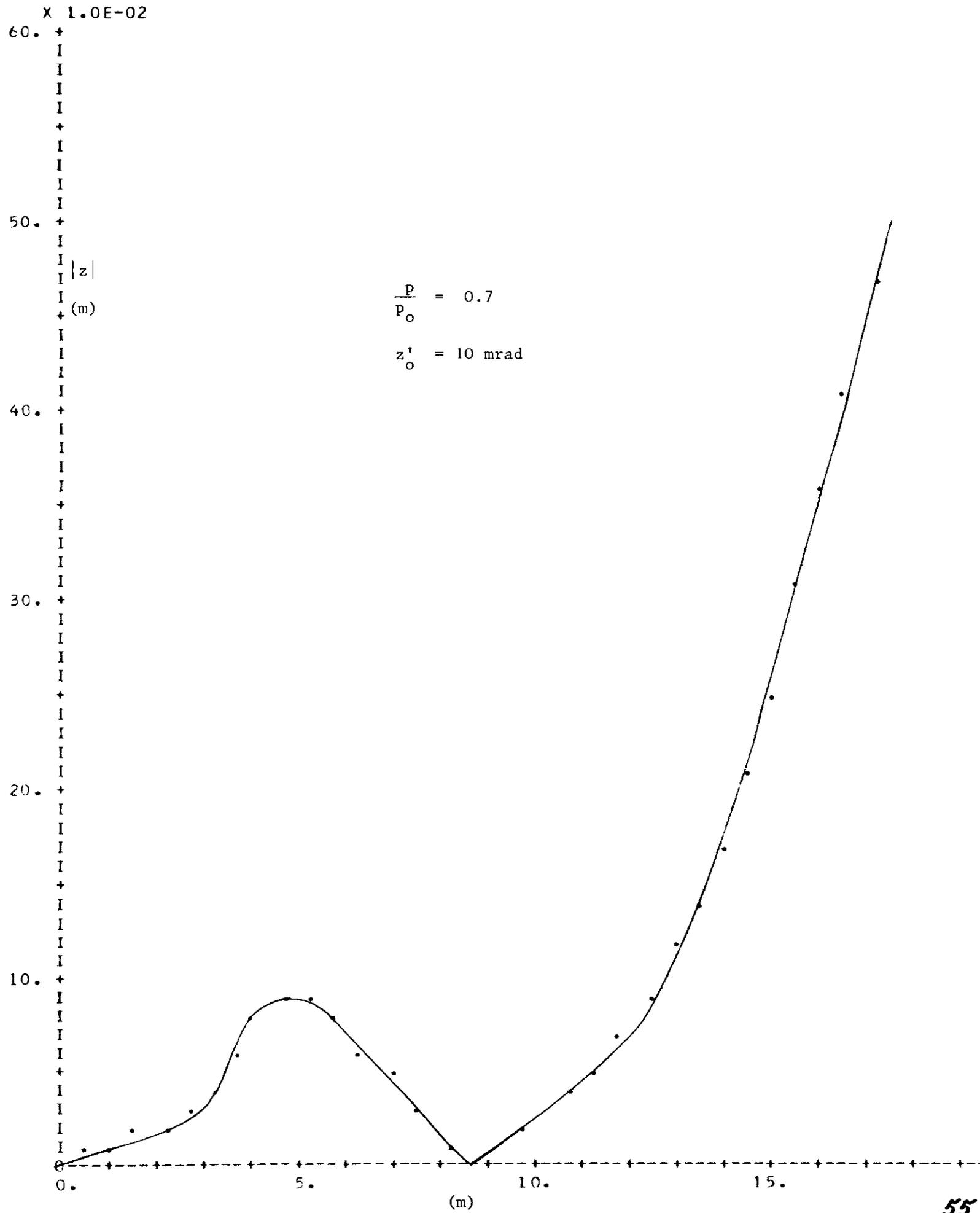
30.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
25.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
20.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
15.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
10.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
5.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
0.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
0.

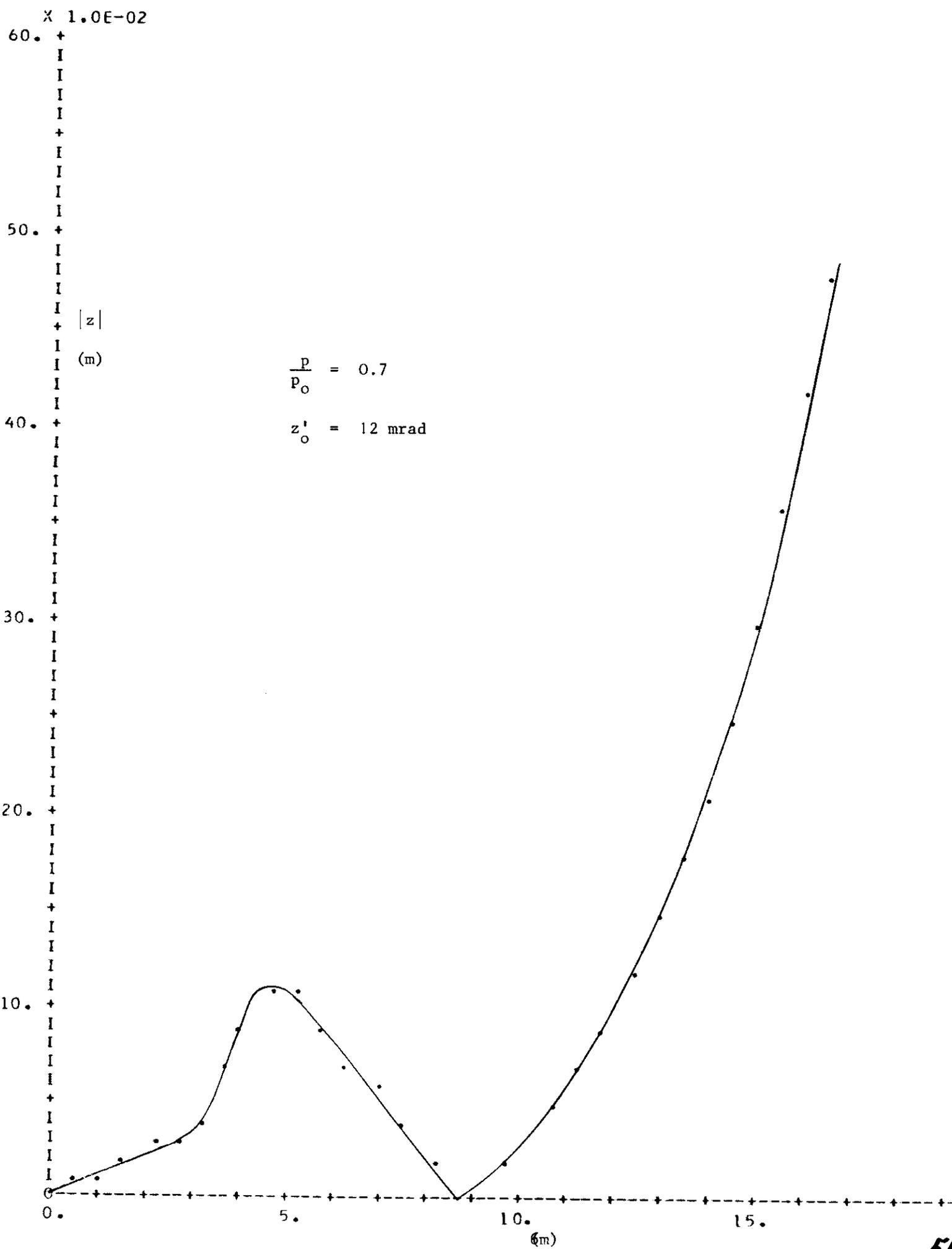
|z|
(m)

$$\frac{p}{p_0} = 0.7$$

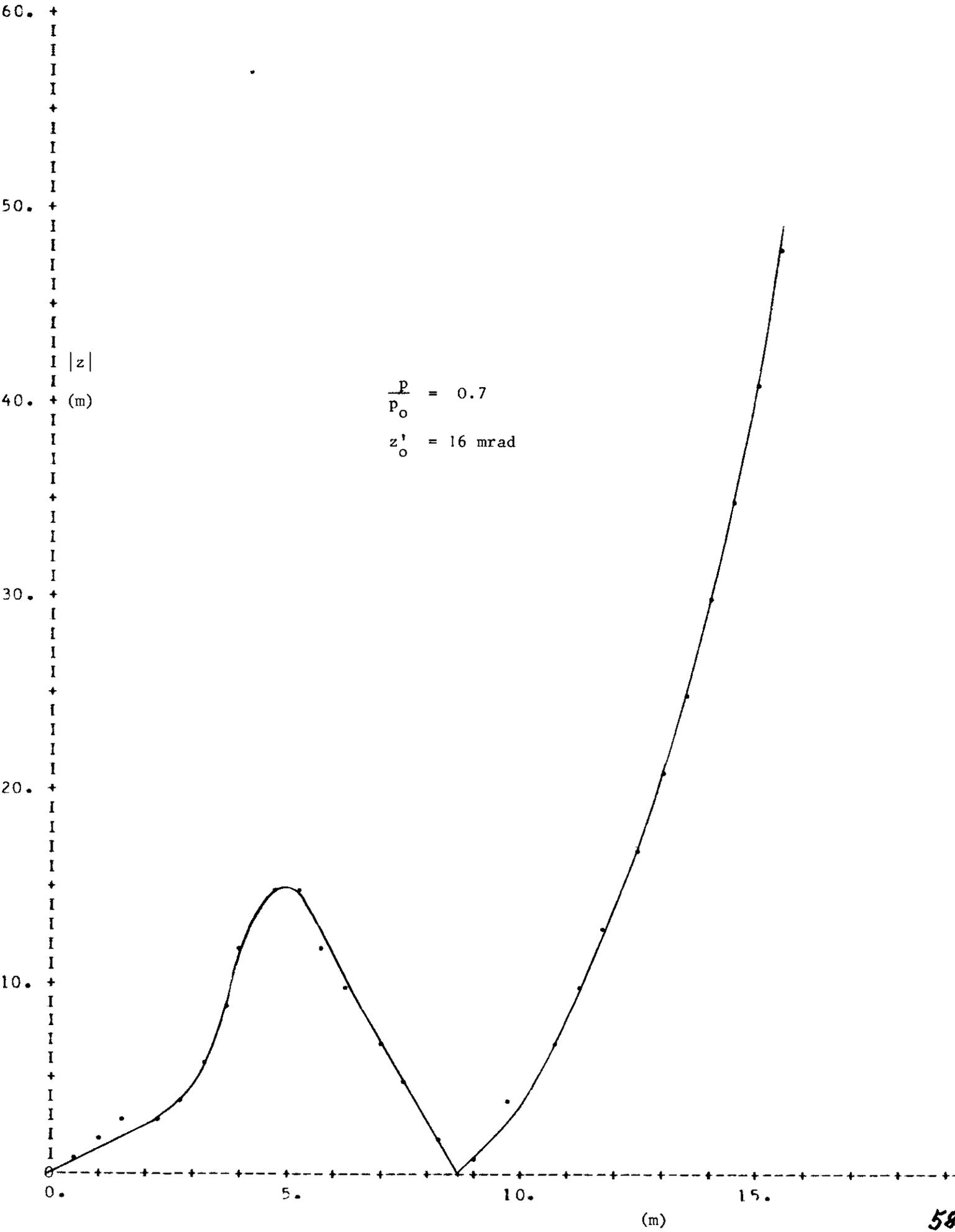
$$z'_0 = 4 \text{ mrad}$$

(m)





X 1.0E-02



I

X 1.0E-03

30.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
25.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
20.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
15.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
10.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
5.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
0.
+
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
|
0.

|x|
(m)

$\frac{P}{P_0} = 0.7$
 $z'_0 = 12 \text{ mrad}$
 $x'_0 = 2 \text{ mrad}$

0. 5. 10. 15. (m)

X 1.0E-03

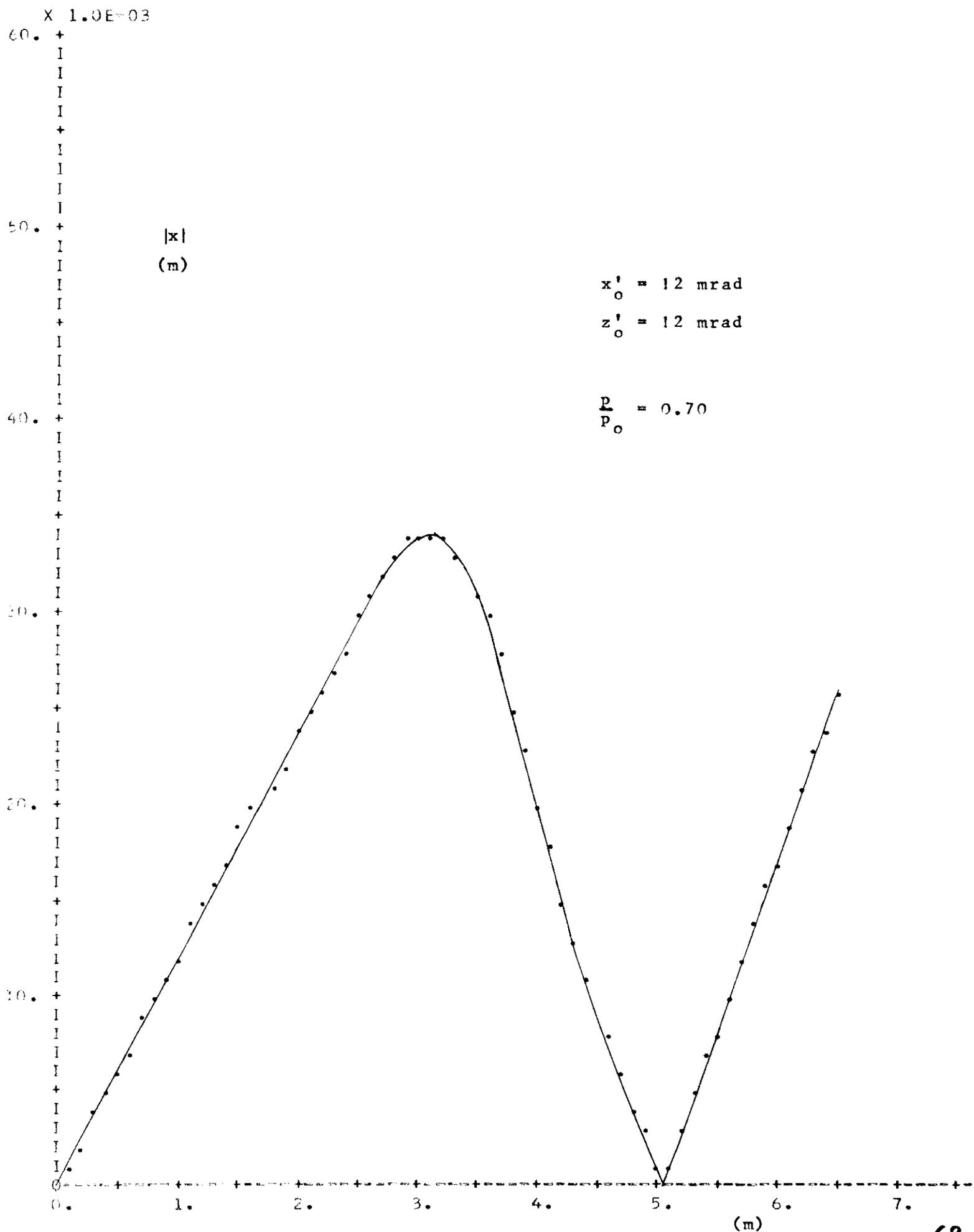
60.
+
|
|
|
|
+
|
|
|
|
50.
+
|
|
|
|
+
|
|
|
|
|
40.
+
|
|
|
|
+
|
|
|
|
|
30.
+
|
|
|
|
+
|
|
|
|
|
20.
+
|
|
|
|
+
|
|
|
|
|
10.
+
|
|
|
|
+
|
|
|
|
|
0.
+
|
|
|
|
+
|
|
|
|
|
0.

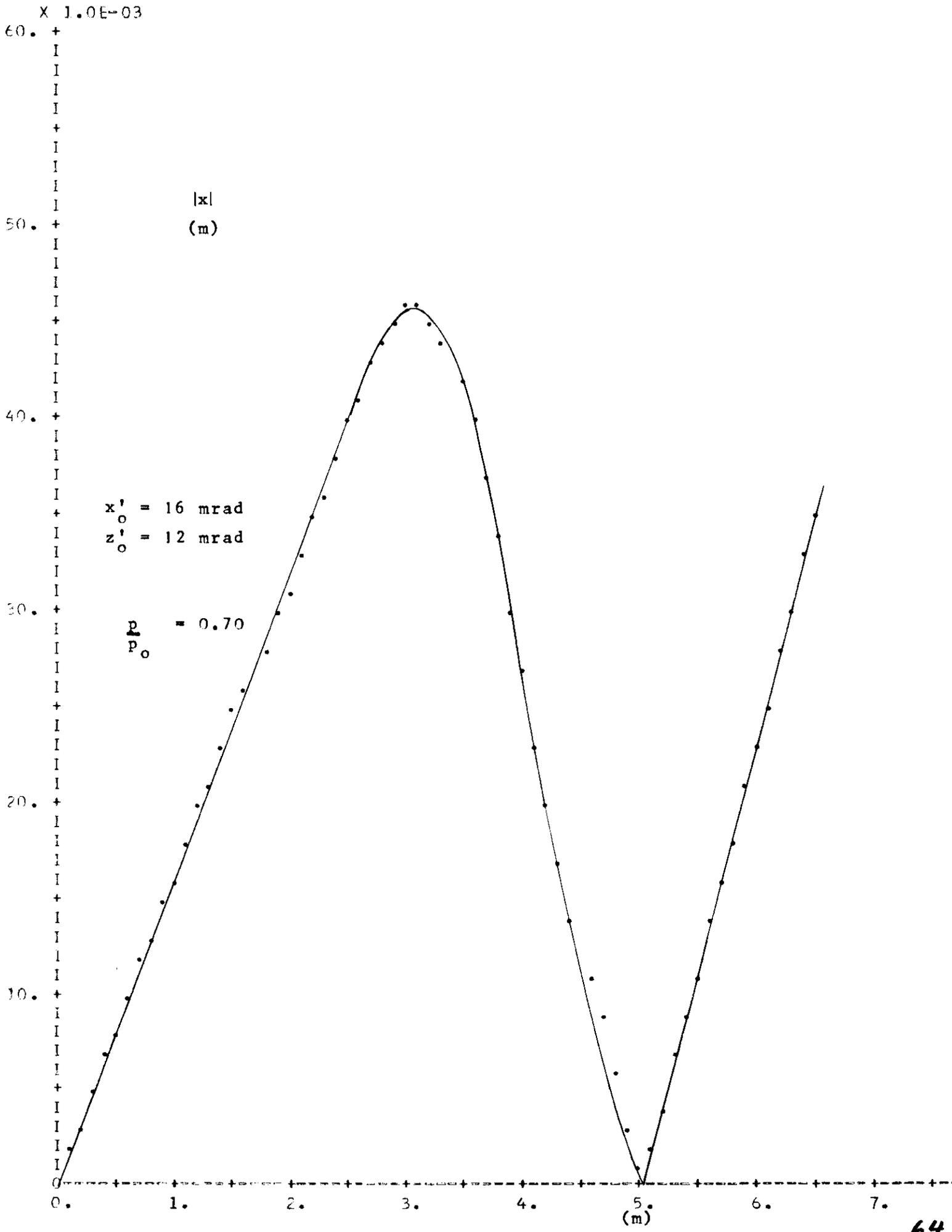
|x|
(m)

$\frac{p}{p_0} = 0.7$
 $z'_0 = 12 \text{ mrad}$
 $x'_0 = 4 \text{ mrad}$

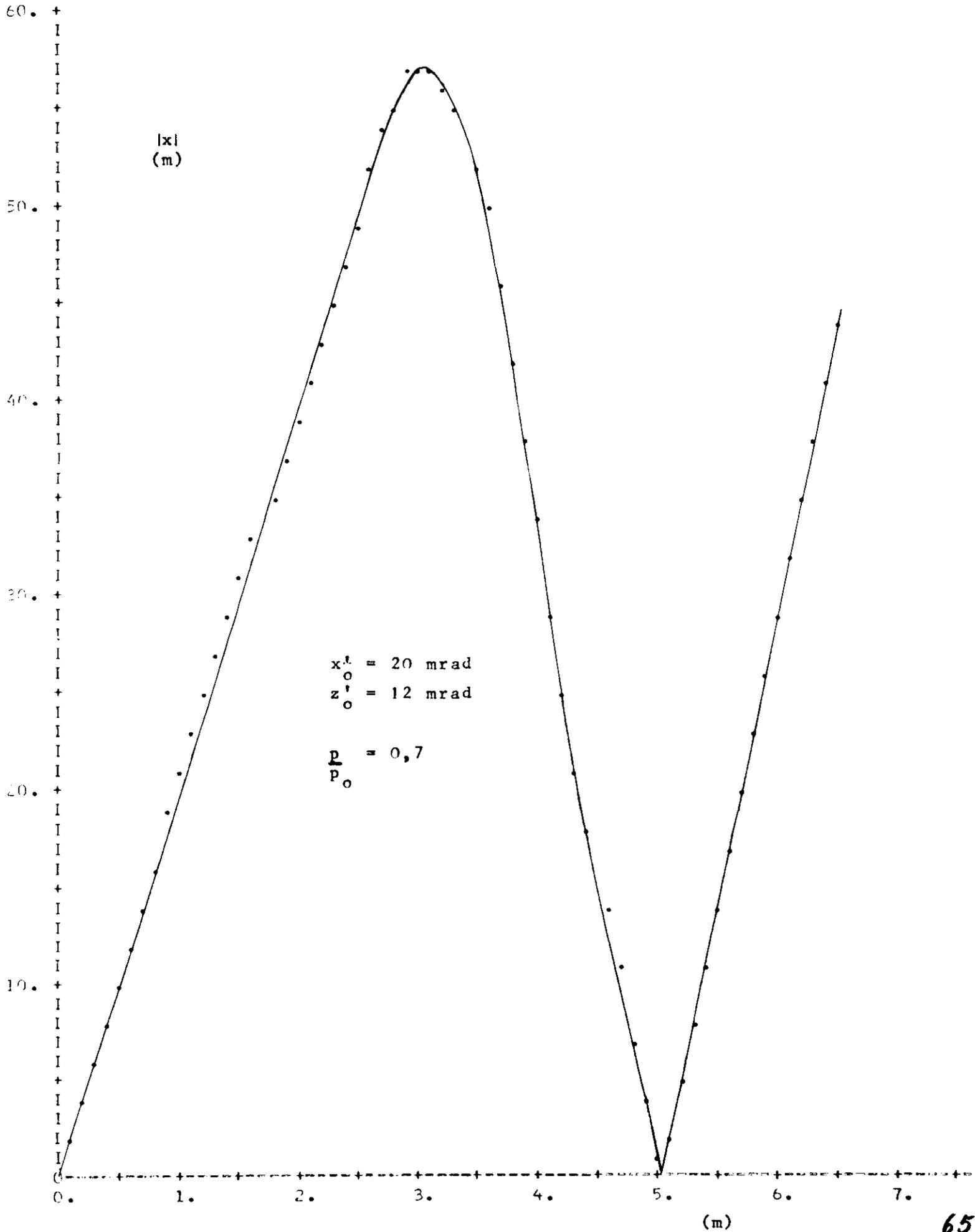
0.
5.
10.
15.

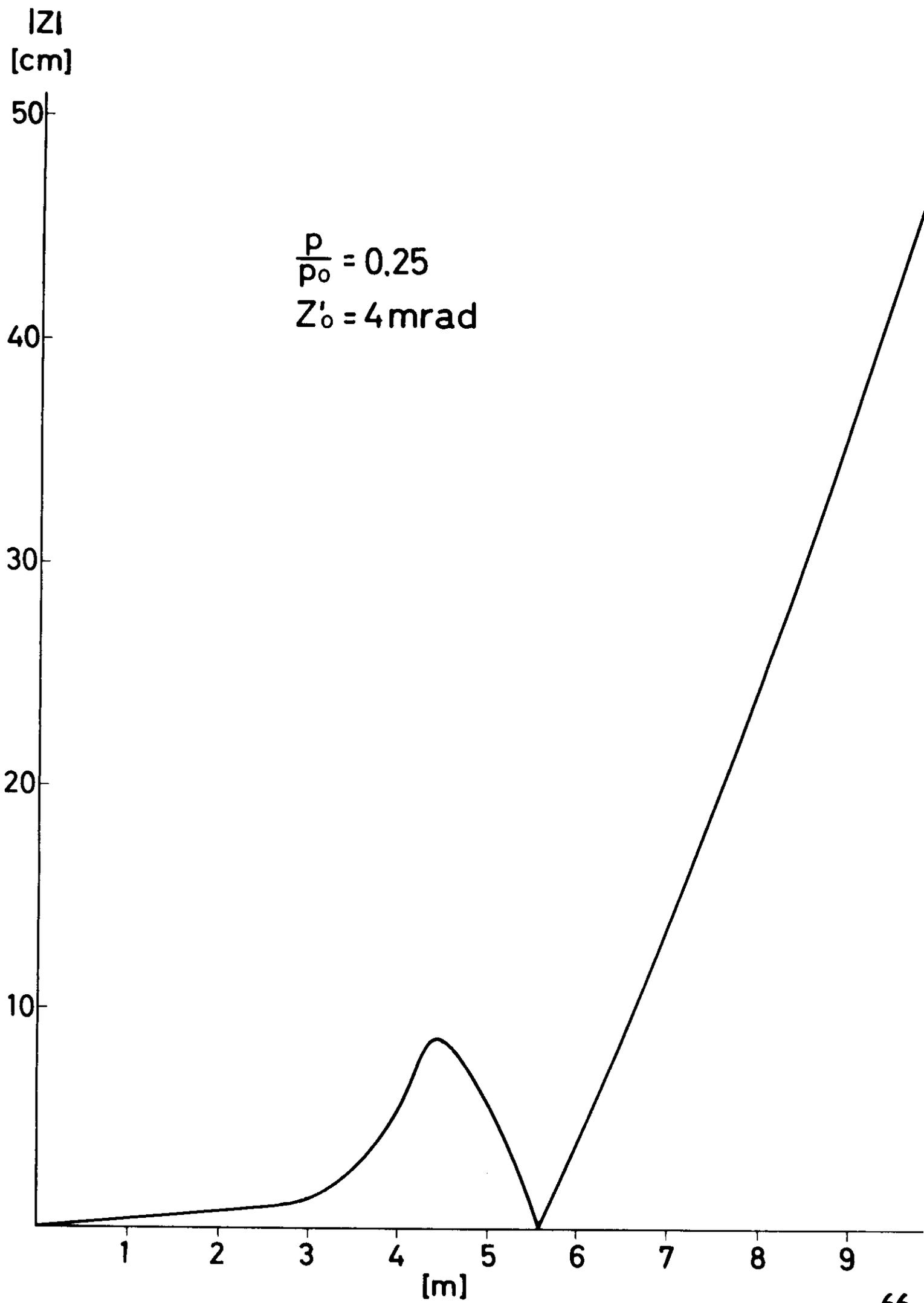
(m)

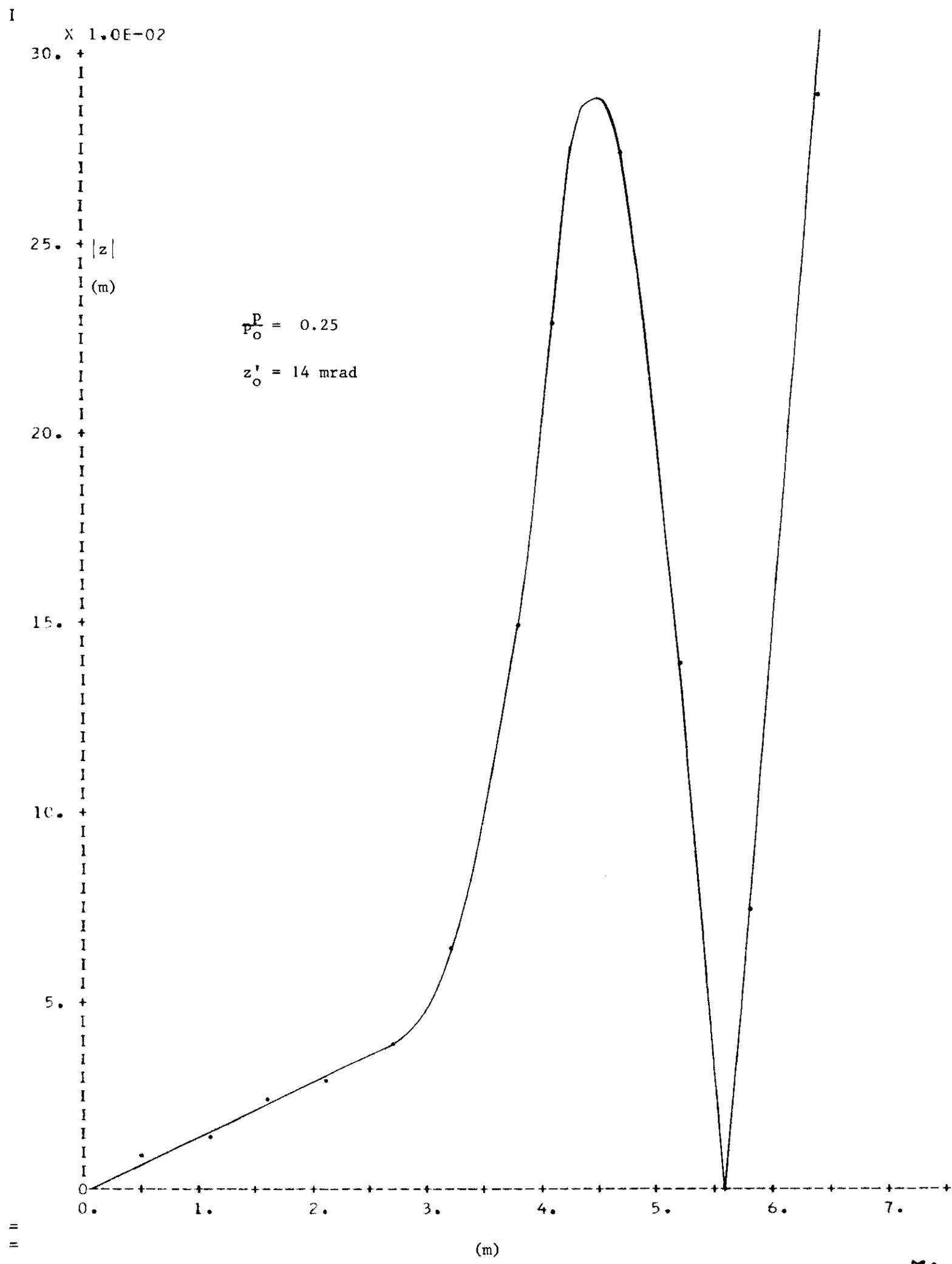


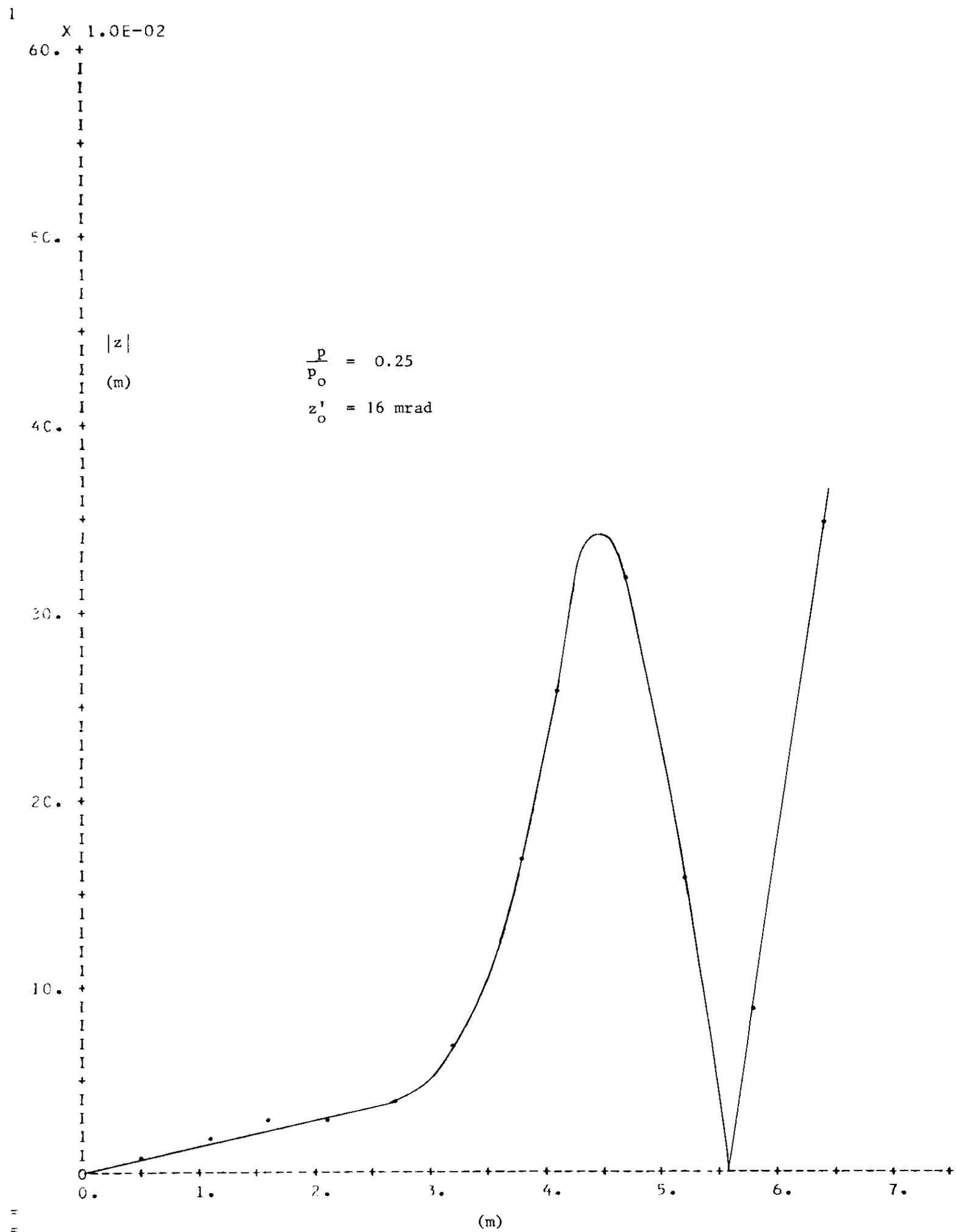


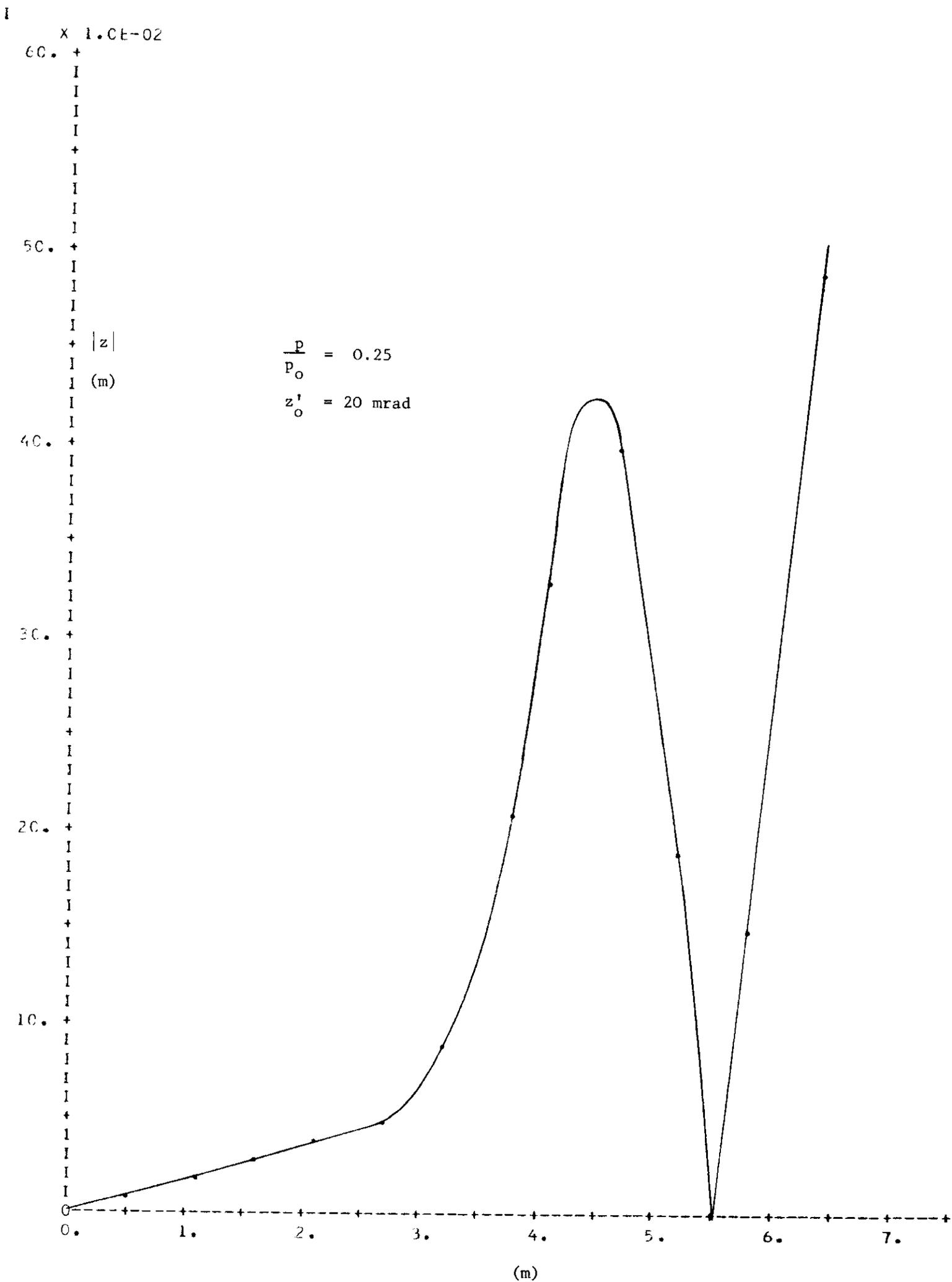
X 1.0E-03











$|X|$
[cm]

20

15

10

5

1

2

3

4

5

6

7

8

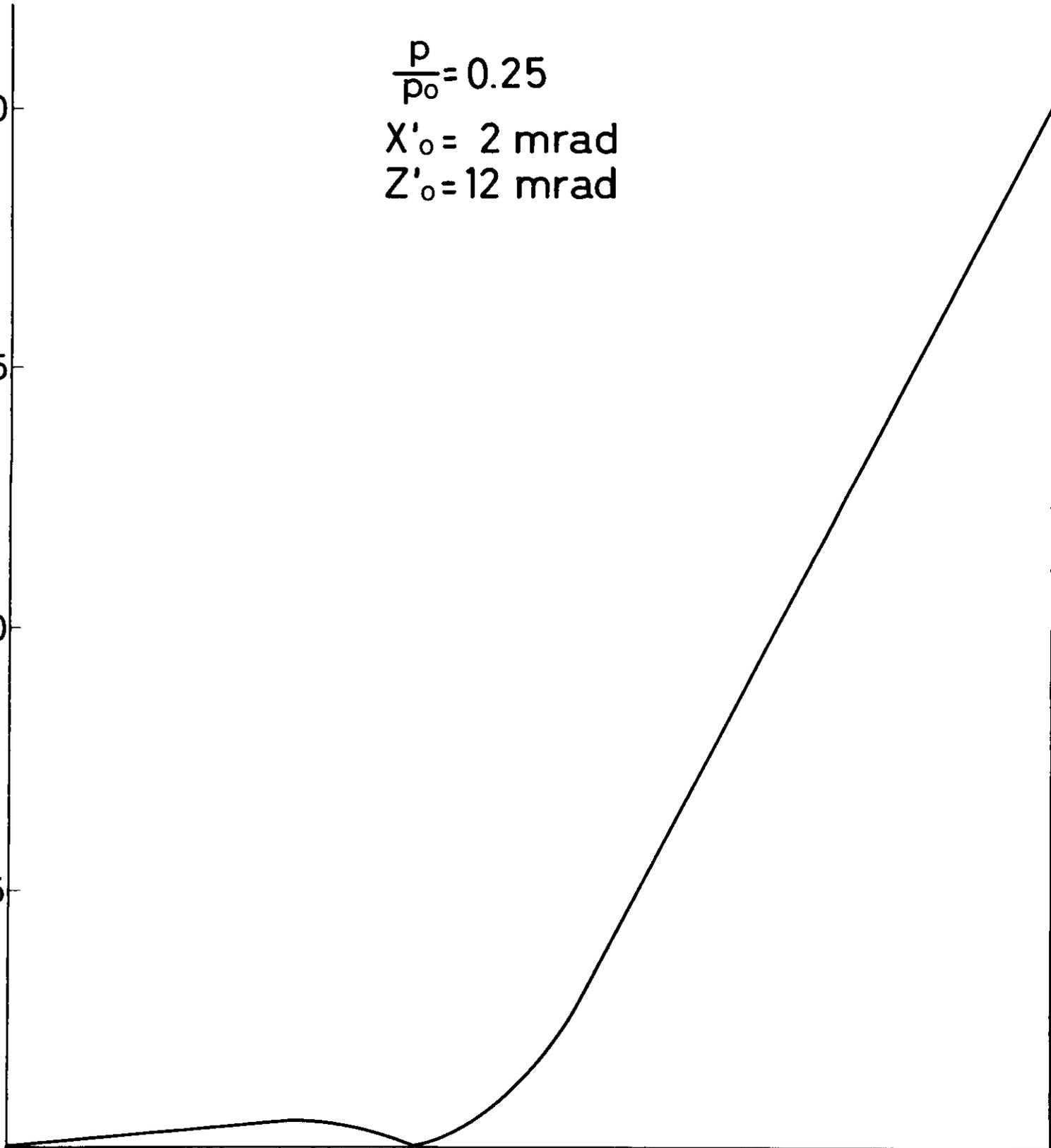
9

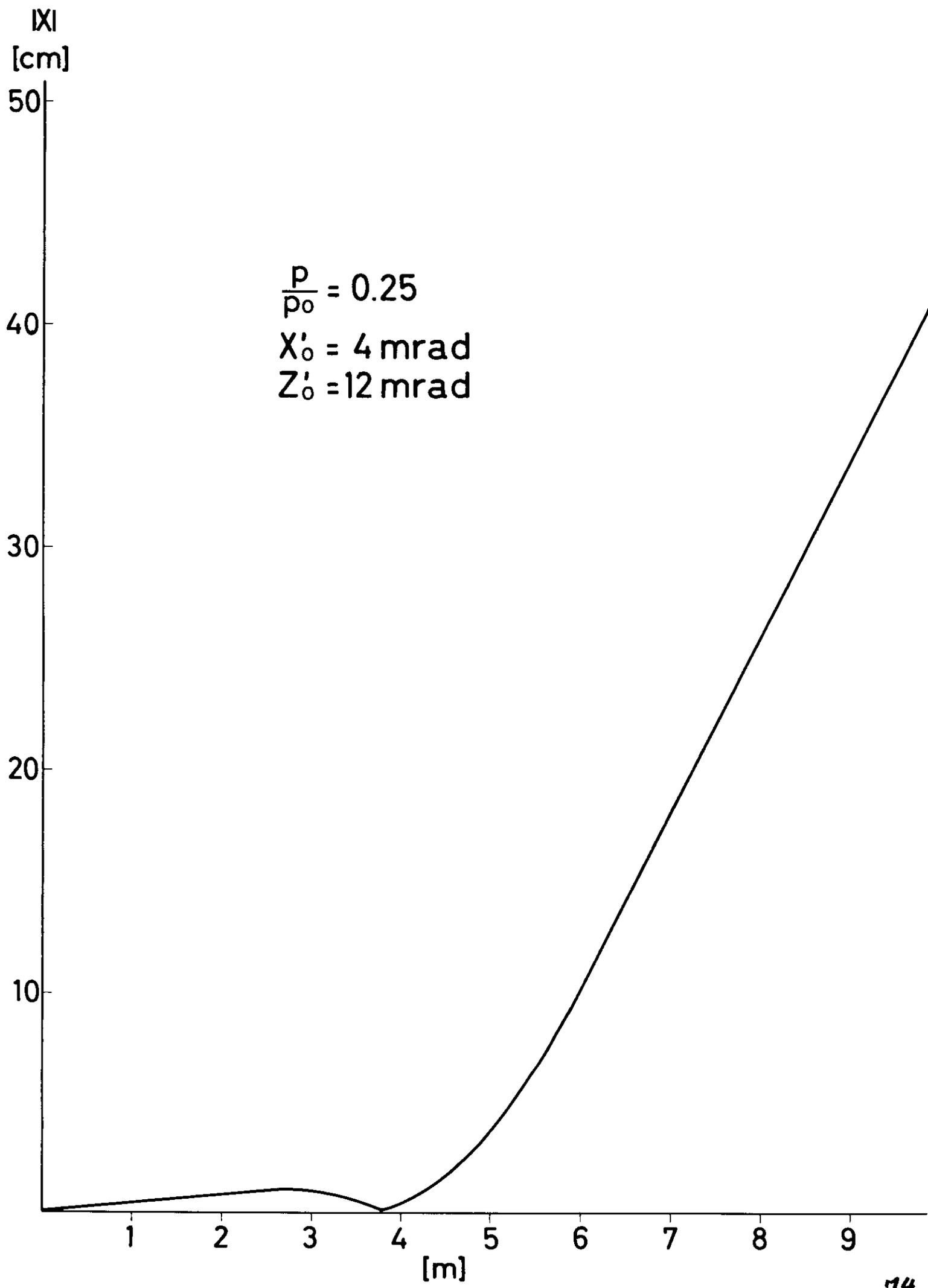
[m]

$$\frac{p}{p_0} = 0.25$$

$$X'_0 = 2 \text{ mrad}$$

$$Z'_0 = 12 \text{ mrad}$$





I
X 1.0E-02

60.
+
I
I
I
I
+
I
I
I
I
50.
+
I
I
I
I
+ |z|
I
I
I
I
40.
+
I
I
I
I
+
I
I
I
I
30.
+
I
I
I
I
+
I
I
I
I
20.
+
I
I
I
I
+
I
I
I
I
10.
+
I
I
I
I
+
I
I
I
I
0

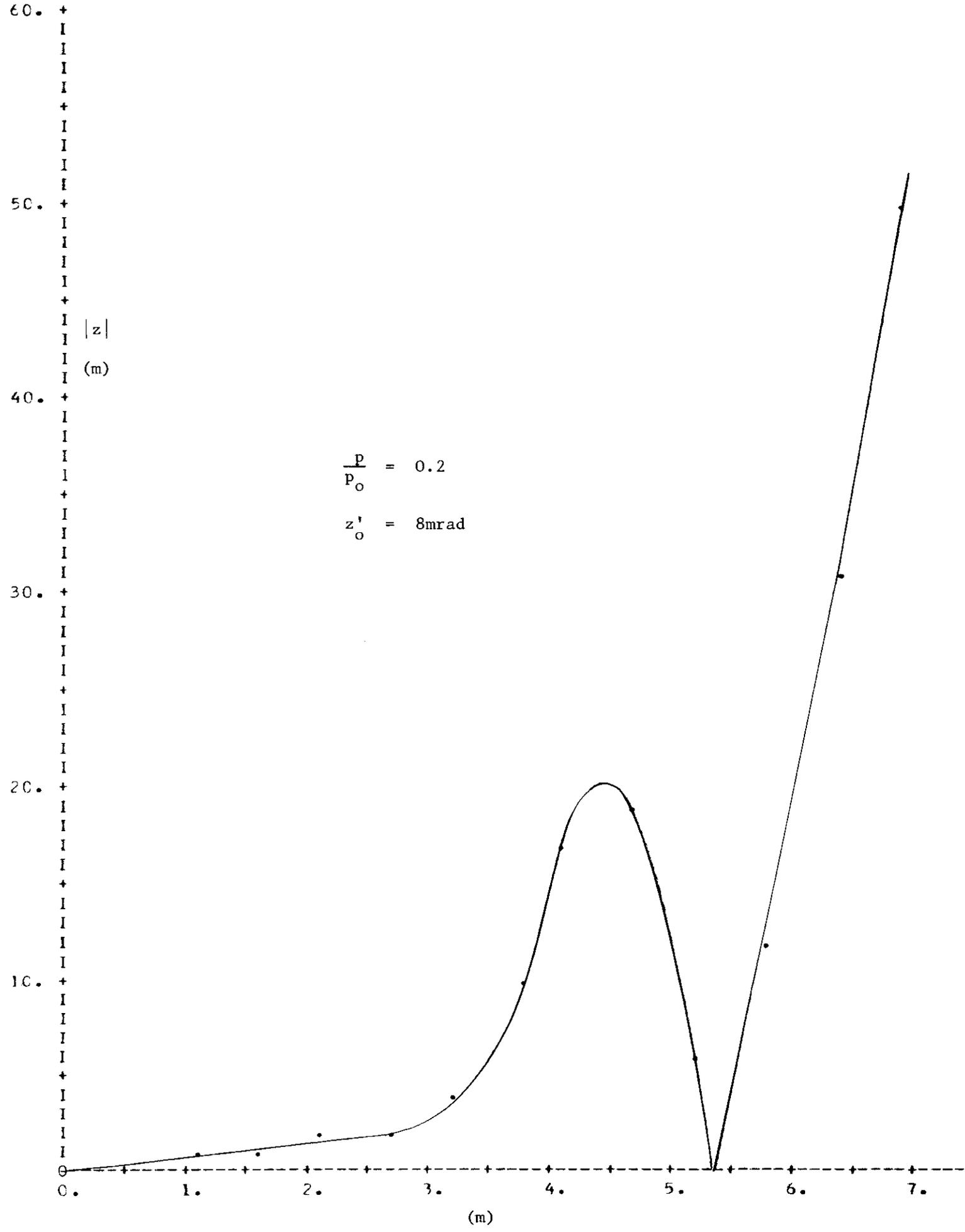
|z|
(m)

$\frac{p}{P_0} = 0.2$
 $z'_0 = 4 \text{ mrad}$

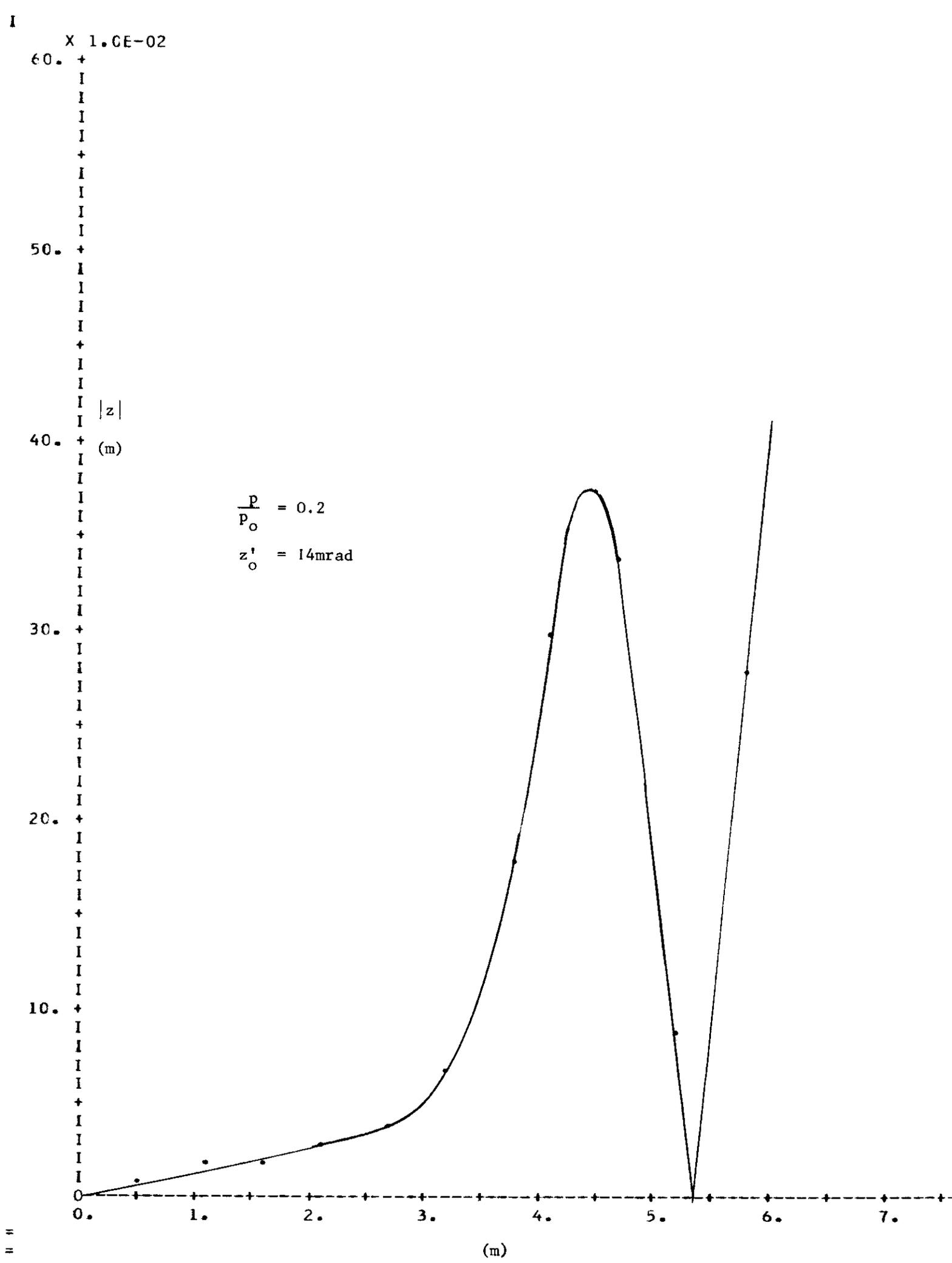
0. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
(m)

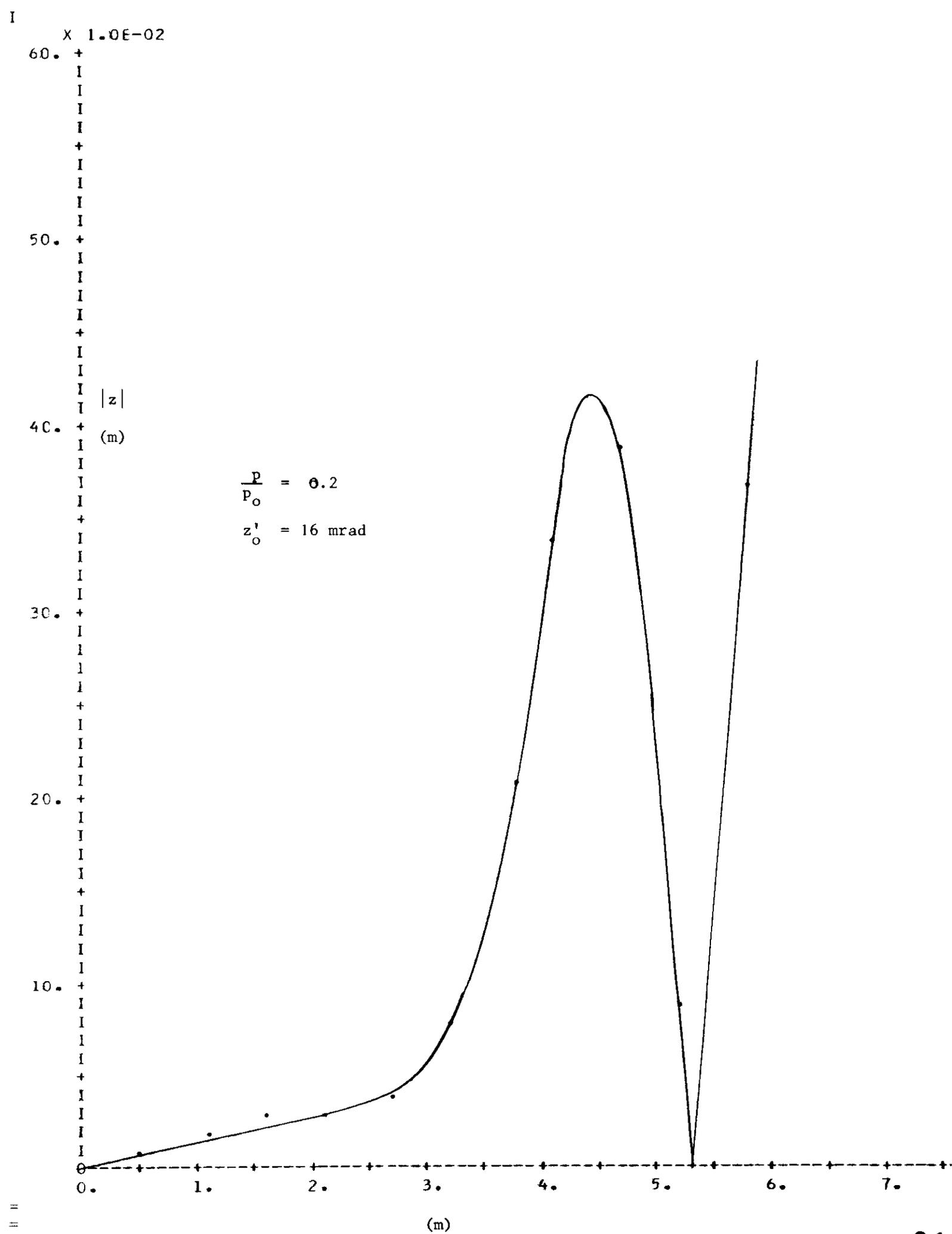
I

X 1.0E-02

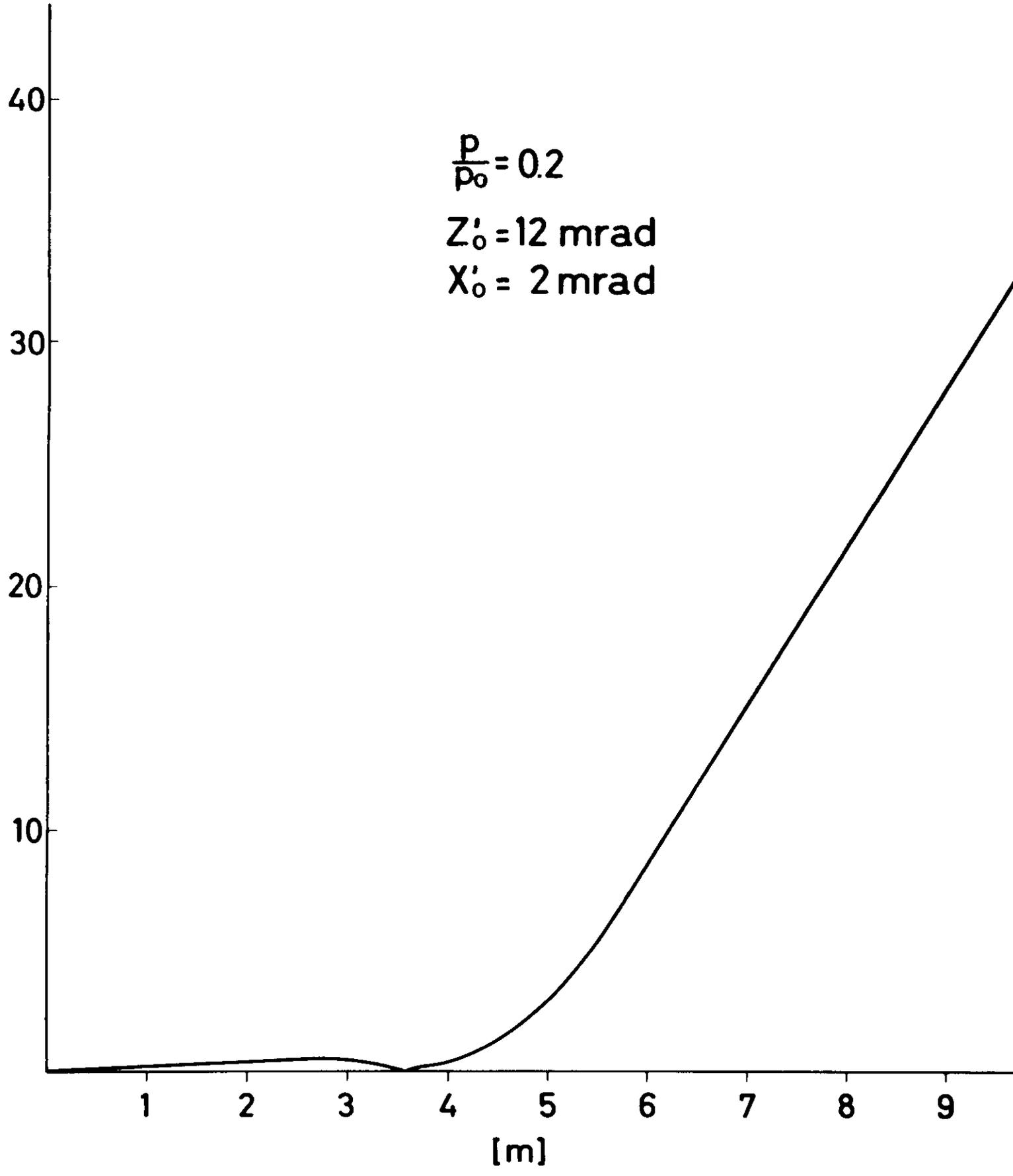


=





|X|
[cm]



$|X|$
[cm]

50

40

30

20

10

1

2

3

4

5

6

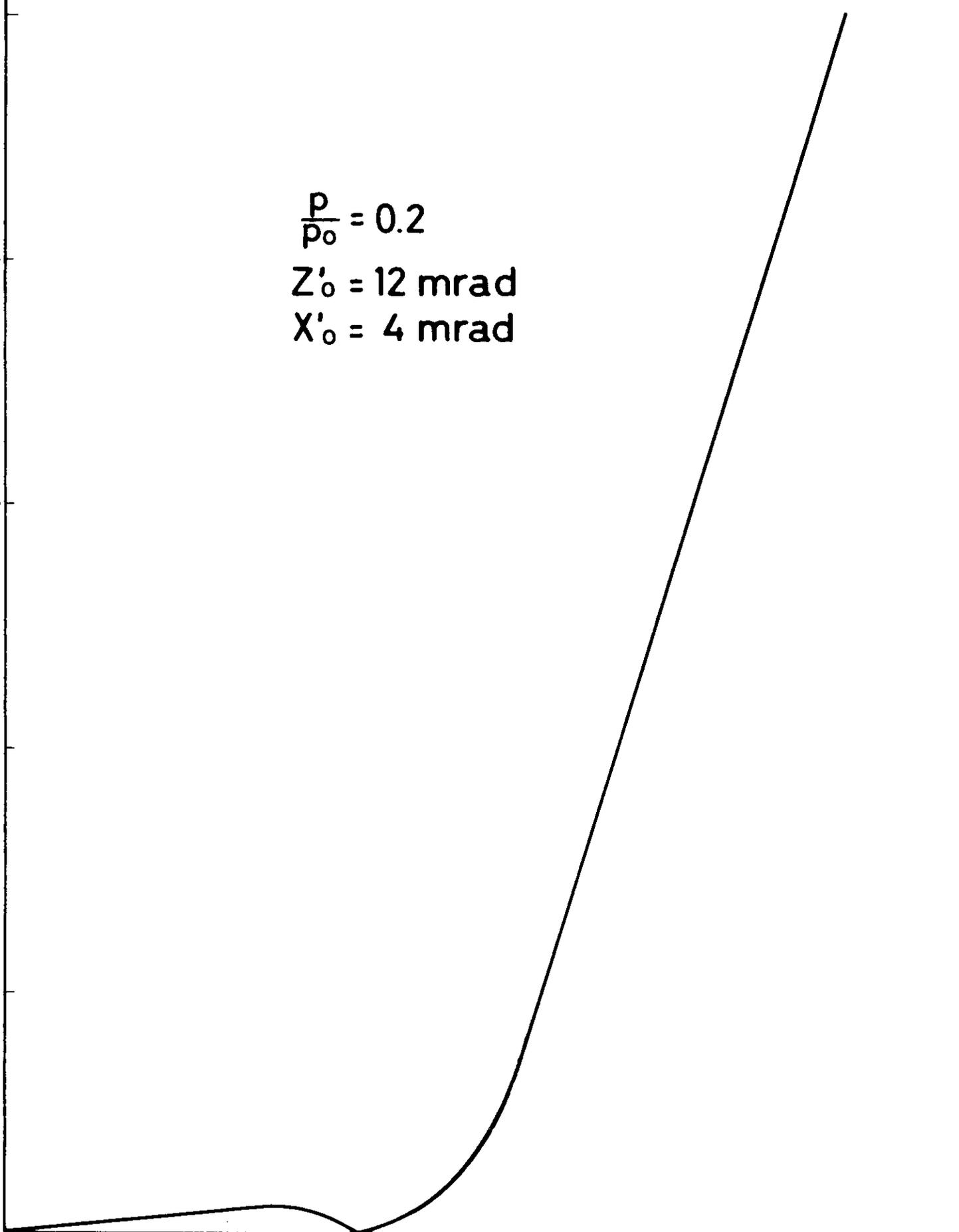
7

8

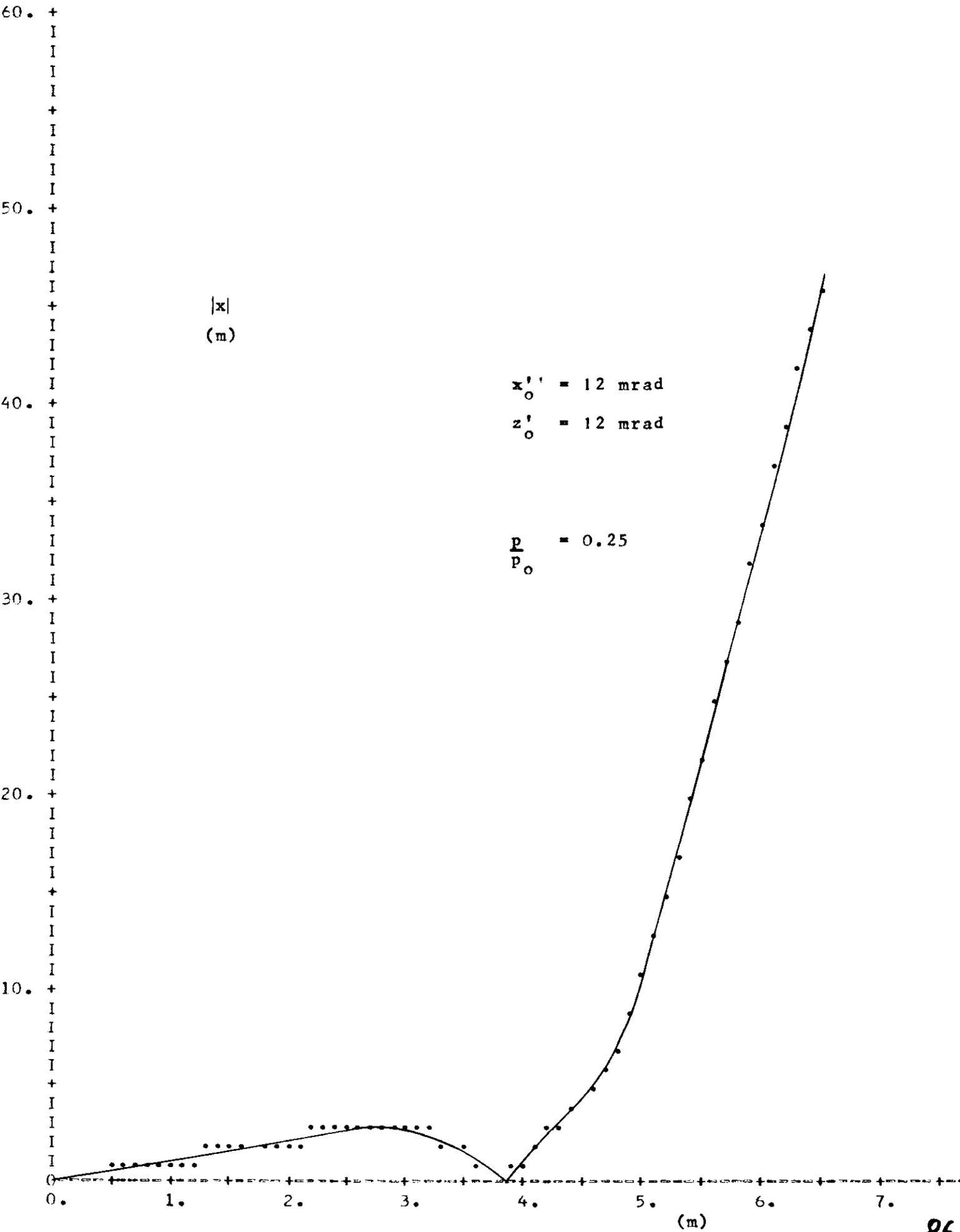
9

[m]

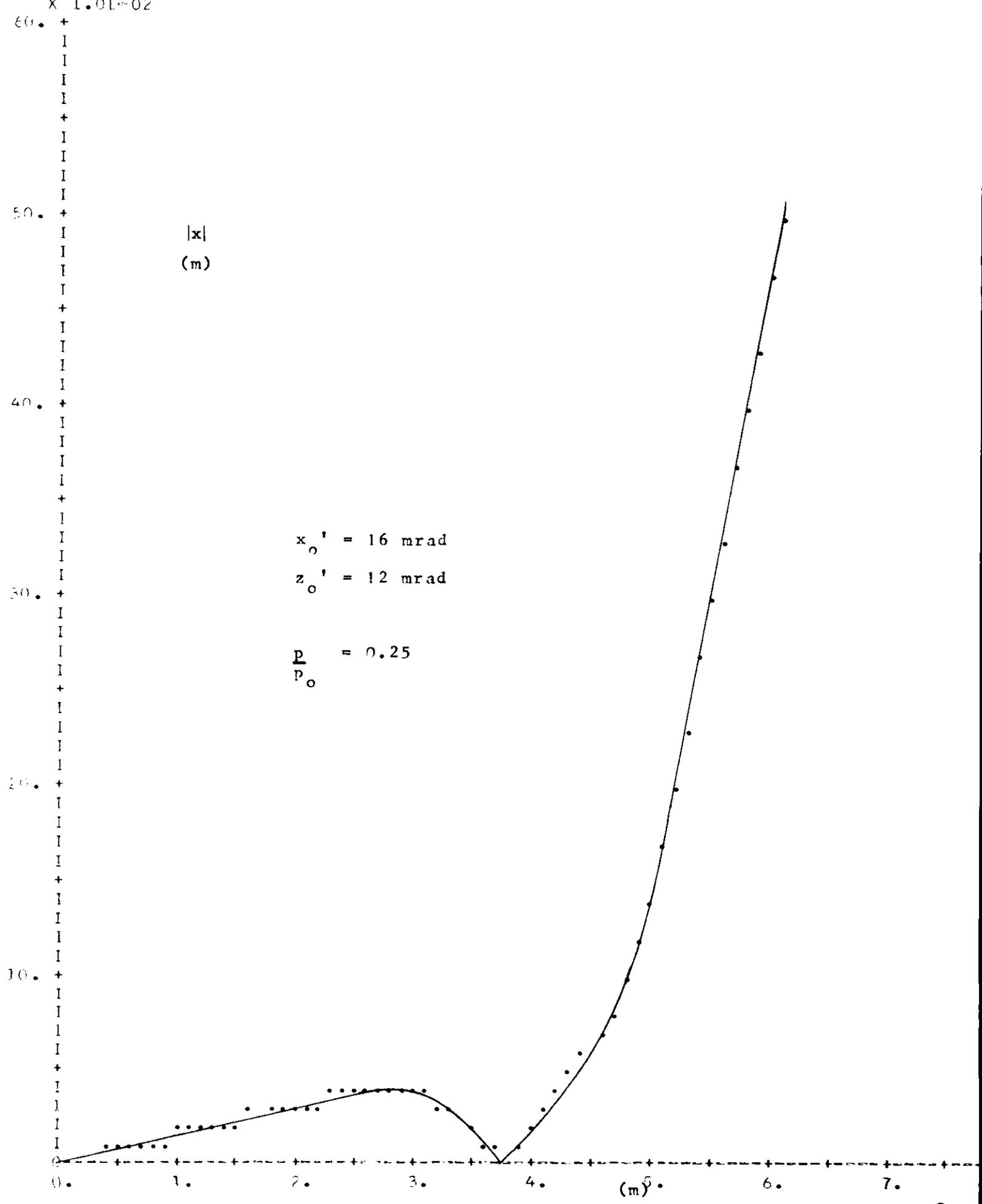
$\frac{P}{P_0} = 0.2$
 $Z'_0 = 12 \text{ mrad}$
 $X'_0 = 4 \text{ mrad}$



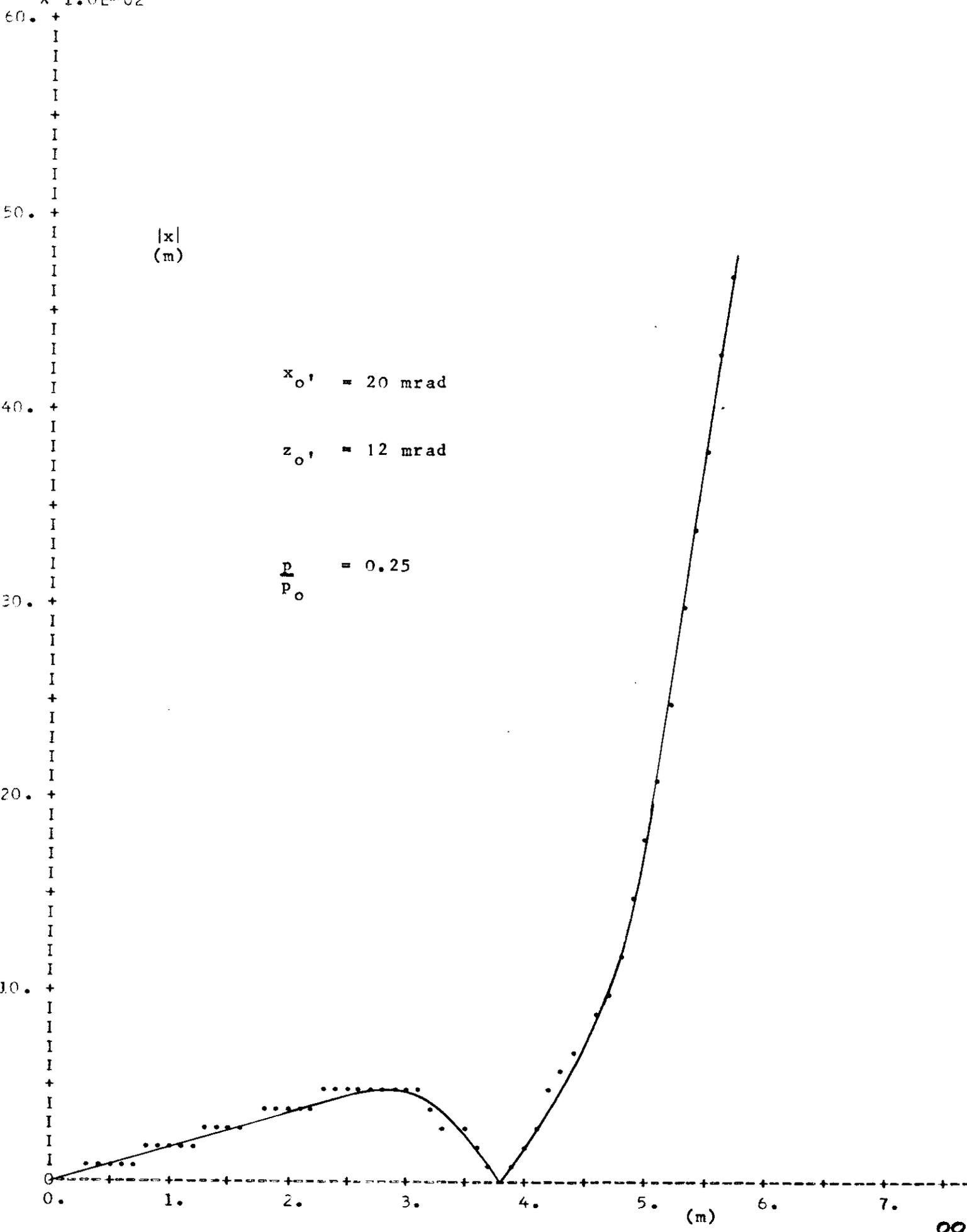
X 1.0E-02



$\times 1.01 \cdot 10^2$



X 1.0E-02



$|x|$
(m)

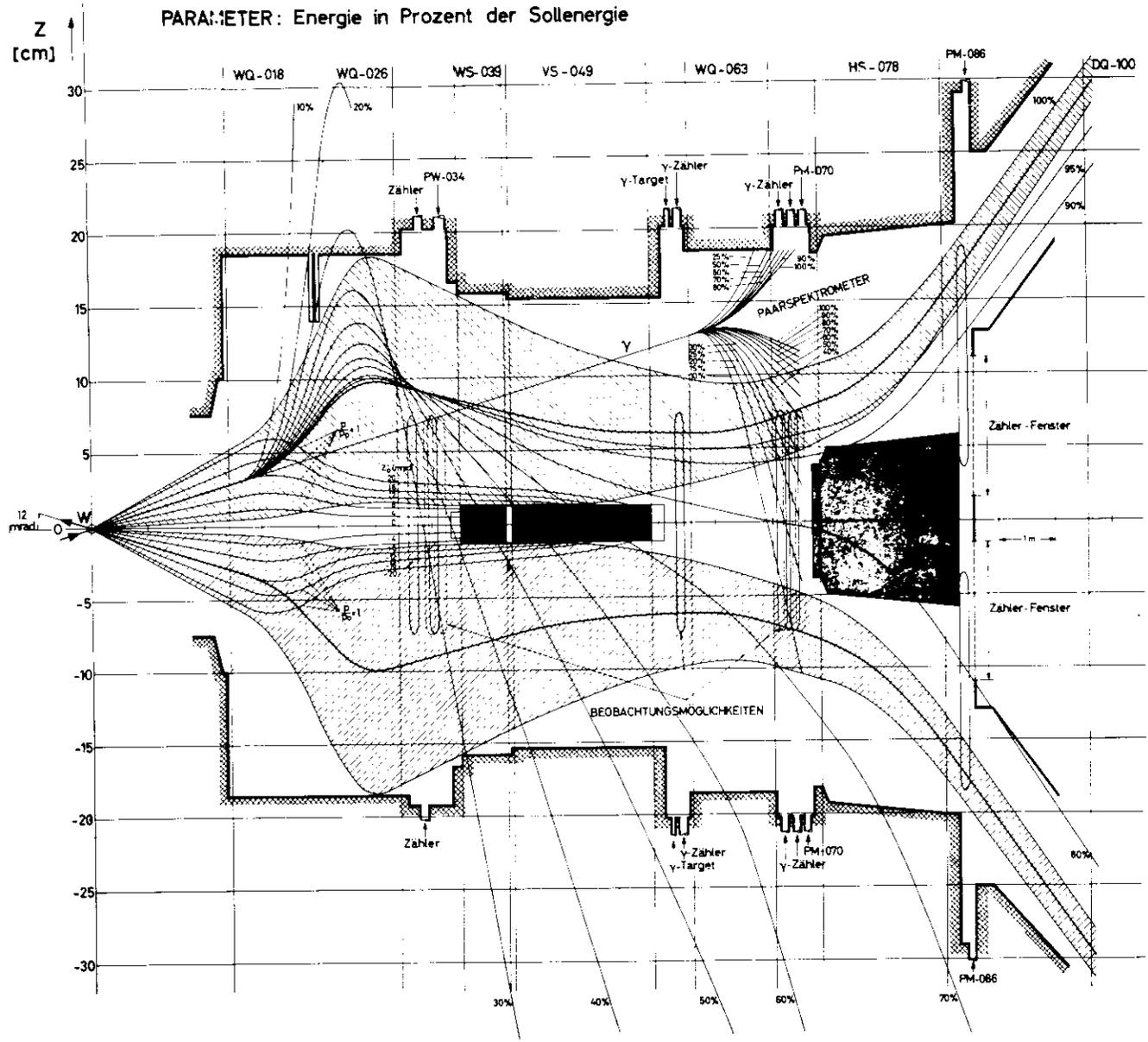
$x_{o'}$ = 20 mrad

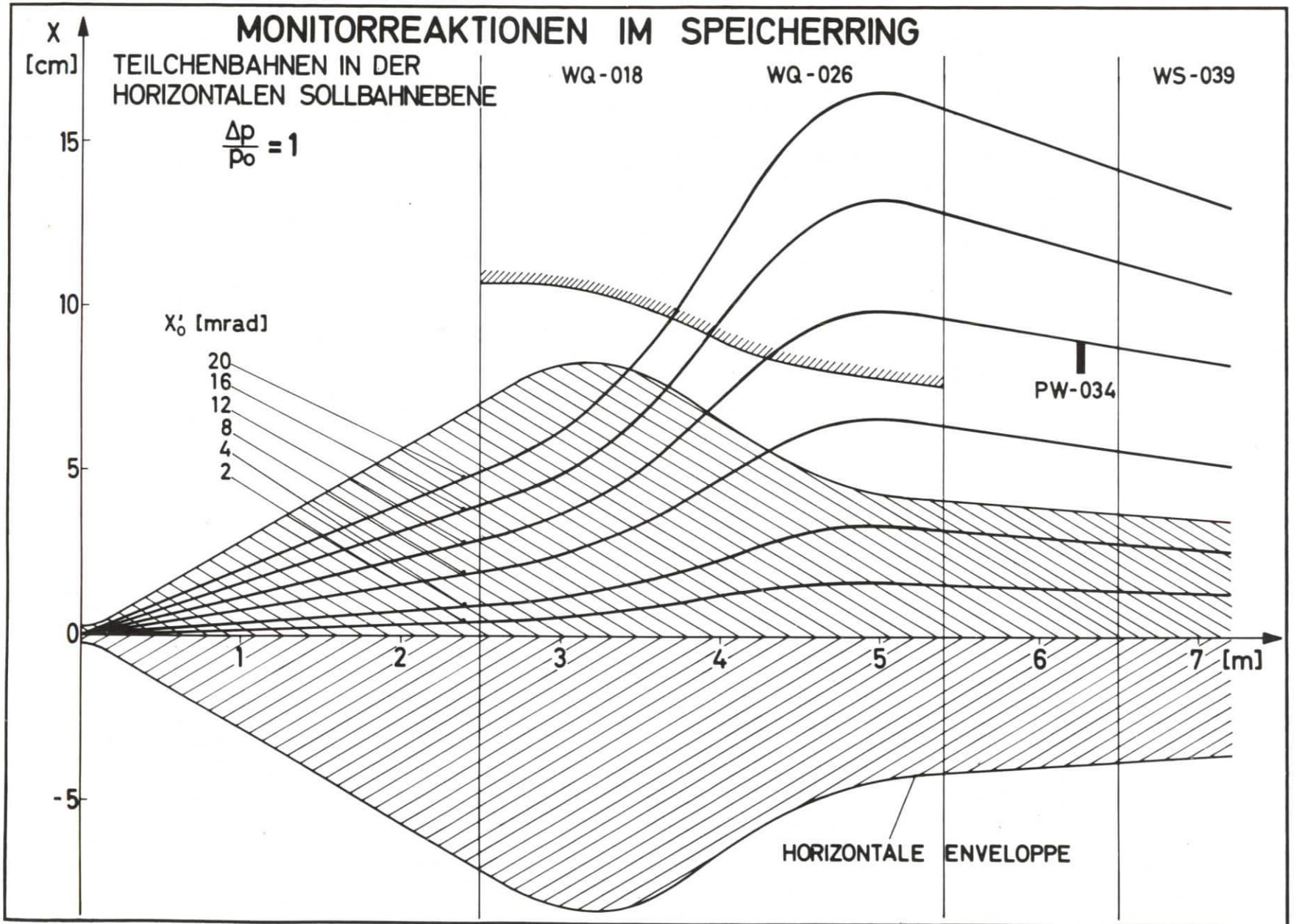
$z_{o'}$ = 12 mrad

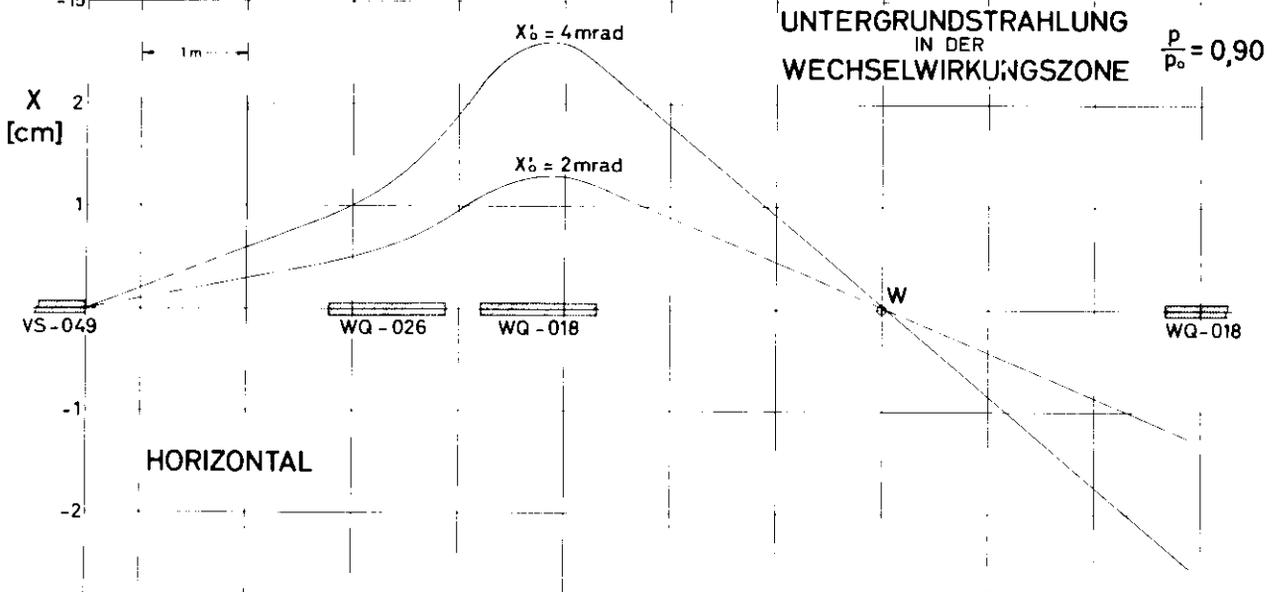
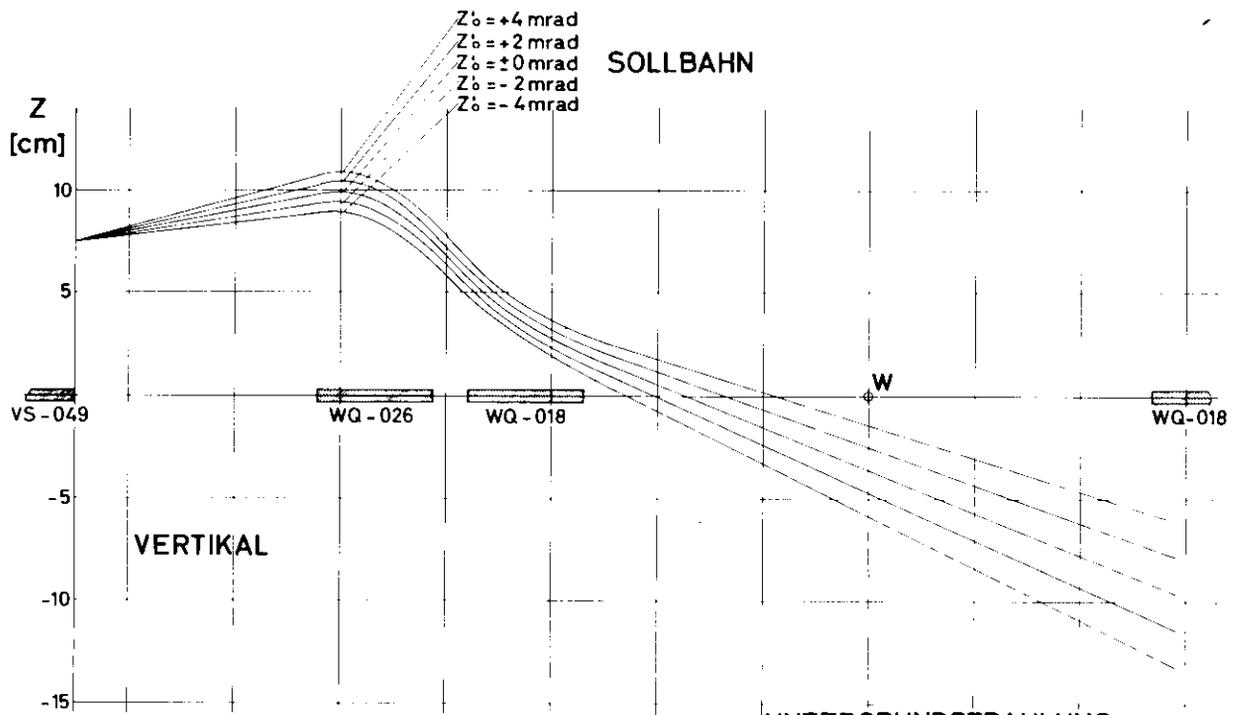
$\frac{p}{p_o}$ = 0.25

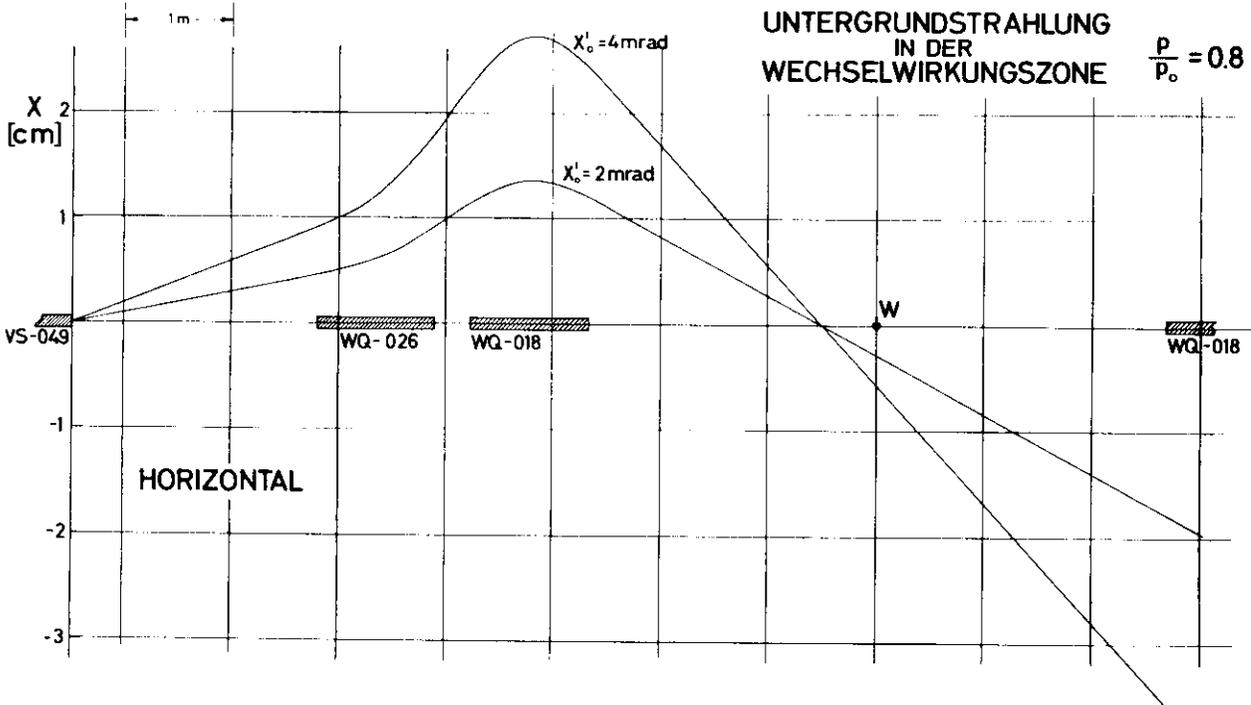
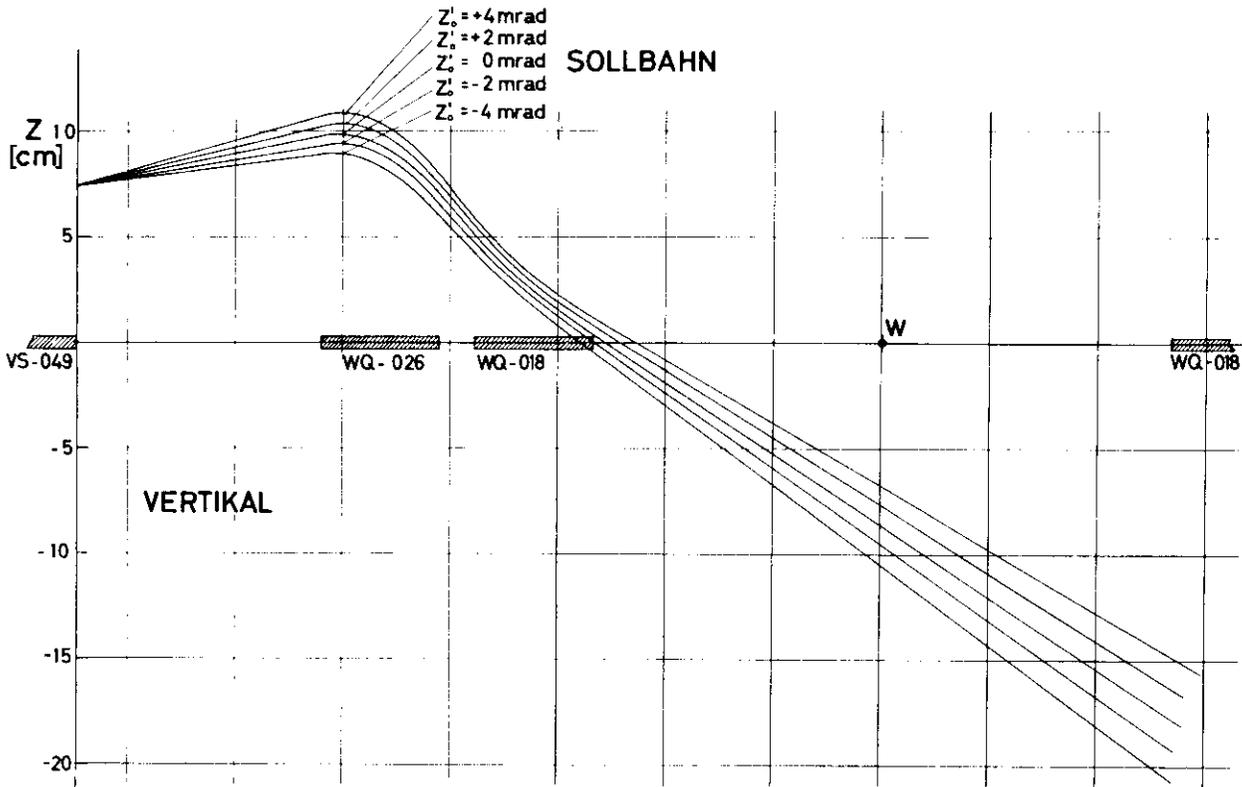
MONITORREAKTIONEN IM SPEICHERRING

PARAMETER: Energie in Prozent der Sollenenergie









SOLLBAHN

