

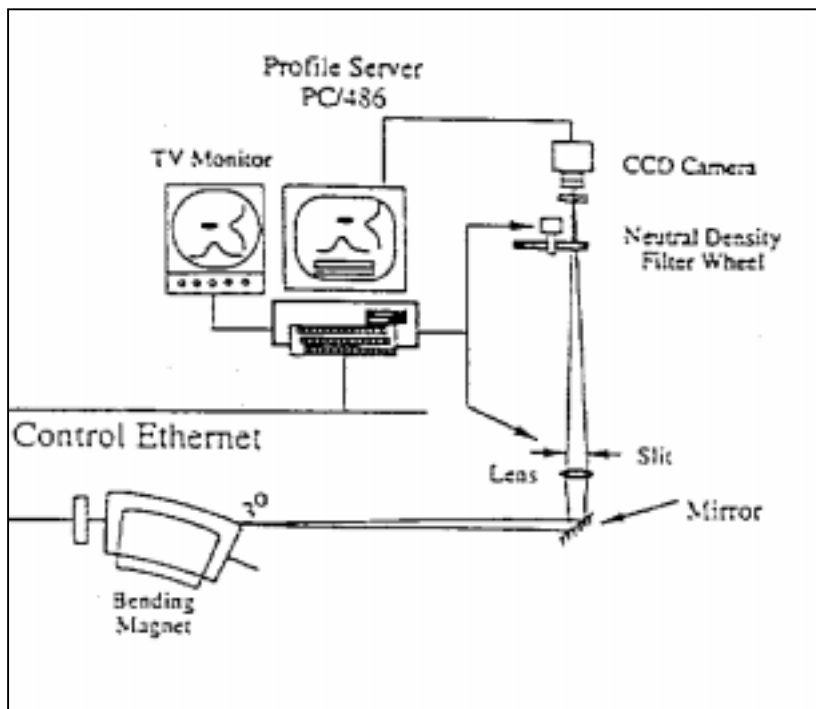
Synchrotronstrahlungs-Profilmonitor in HERA e

K. Wittenburg, R. Fischer, -MDI-

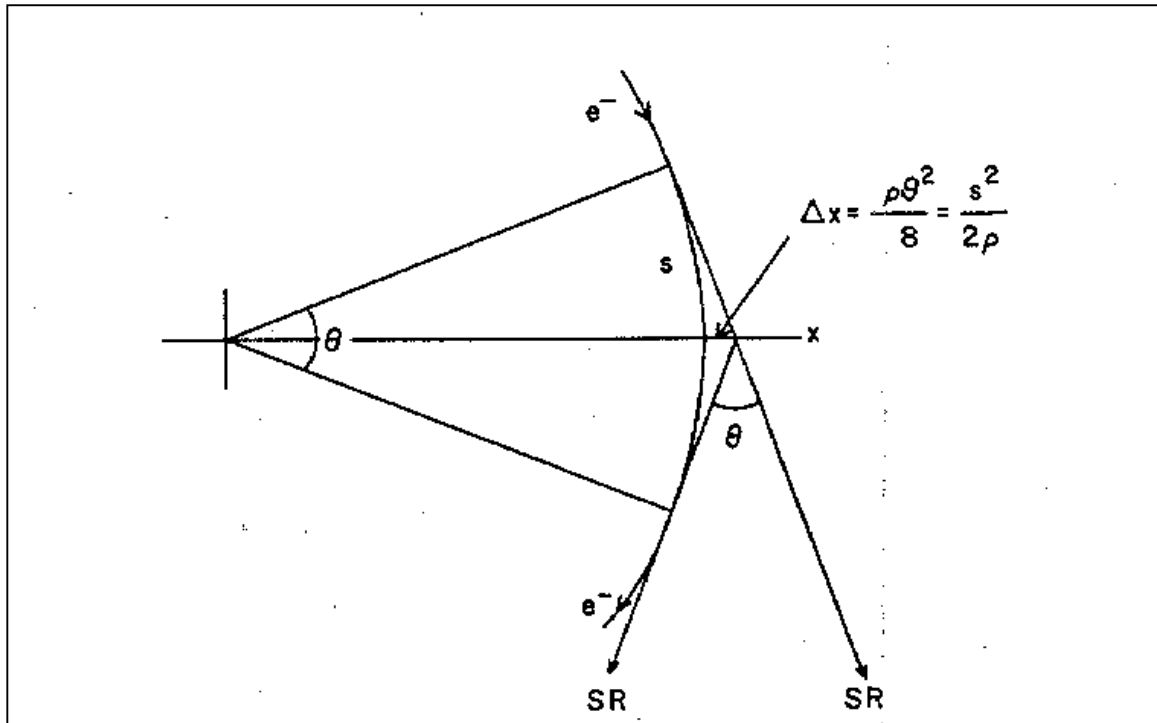
Internal Note DESY MDI-98-02

5.6.1998

Plan:



Formeln und mathematischer Hintergrund



Öffnungswinkel Ψ der SR (1/2 Abstrahlwinkel):

$$\Psi = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^{1/3} = \left(\frac{3\lambda}{4\pi\rho} \right)^{1/3}$$

mit

$\gamma = E [\text{MeV}] / 0.511 = 23483$ bei 12 GeV und 52838 bei 27 GeV

$\lambda_c =$ kritische Wellenlänge = $4/3 \pi \rho / \gamma^3$

Bogenlänge s :

$s = \rho \theta$

und $\Delta x = \rho \theta^2 / 8 = s^2 / 8\rho$

$\rho =$ Ablenkradius des Magnetes

EQ 1:

Beugungslimit:

ca. $0.9 * \text{FWHM}$ vom zentralen Beugungsmuster (gilt für vertikalen Schlitz):

$\delta x = \lambda / \sin \theta / 2 \approx \lambda / \theta / 2 \Rightarrow \sigma_{\text{Beug}} = 0.47 * \lambda / \theta / 2$ (horizontal)

$\sigma_{\text{Beug}} = 0.47 * \lambda / \Psi$ (vertikal, Ψ ist 1/2 Abstrahlwinkel)

Gilt nur für homogene Intensitätsverteilung innerhalb θ . Dieses Limit ist auf das Objekt bezogen, da kleinere Objektstrukturen nicht mehr aufgelöst werden können, unabhängig von der Optik.

Für eine Iris gilt: $\sigma_{\text{Beug}} = 0.61 * \lambda / \theta / 2$

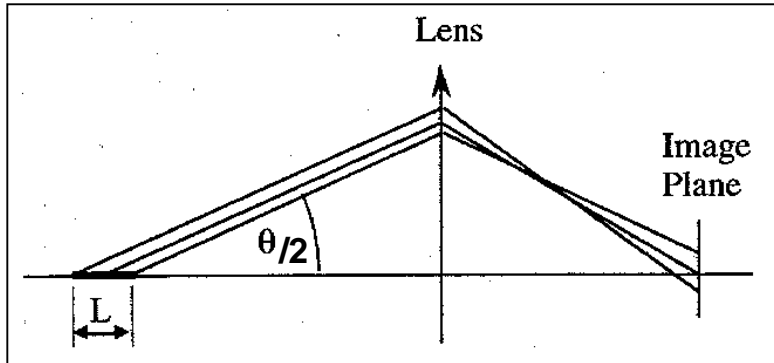
EQ 2:

Tiefenschärfe:

$$\text{Vertikal: } \Delta_{\text{tief}} \approx L/2 * \Psi = \sigma_{\text{tief}}$$

$$\text{Horizontal: } \Delta_{\text{tief}} \approx L/2 * \theta/2 = \sigma_{\text{tief}}$$

$$L \approx \rho \tan\theta \text{ bzw. } 2\rho (\theta/2 + \Psi)$$



EQ 3:

Fehler durch Kurve (nur horizontal):

$$\Delta x_{\text{kurve}} = \rho \theta^2/8 = \sigma_{\text{kurve}}$$

Für eine bestimmte Wellenlänge gibt es die beste Auflösung, wenn die Summe der Quadrate der Fehler (EQ 1, 2, 3) minimiert wird (siehe Seite 14 u. 15).

Referenzen

Praxis:

C.H.Kuo et al, EPAC 1994 London, **Transverse Profile Measurement System at SRRC**

A BEAM PROFILE MONITOR FOR THE NSLS VUV RING EMPLOYING LINEAR PHOTODIODE ARRAYS. By R.J. Nawrocky, J. Galayda, L.H. Yu, D.M. Shu (Brookhaven). 1986. Published in IEEE Trans.Nucl.Sci.32:1893-1895,1985

OPTICAL BEAM DIAGNOSTICS IN TRISTAN ACCUMULATION RING. By T. Ogata, Y. Mizumachi (KEK, Tsukuba). 1986. In *Tsukuba 1984, Proceedings, Accelerator Science and Technology*, 151-153.

An optical Beam Size Monitor for Adone, P. Patteri, EPAC Nizza

J. A. Clarke, **A Review of Optical Diagnostics Techniques for Beam Profile Measurements;** EPAC 1994 London

Z. Fang et al.; **Monitoring the beam Profile in HLS with synchrotron light,** Published in Nucl.Instrum.Meth.A370:641-643,1996

Theorie:

OPTICAL RESOLUTION OF BEAM CROSS-SECTION MEASUREMENTS BY MEANS OF SYNCHROTRON RADIATION. By A. Hofmann, F. Meot (CERN). CERN/ISR-TH/82-04, Feb 1982. 28pp. Published in Nucl.Instrum.Meth.203:483,1982

THE GEOMETRY AND OPTICS OF SYNCHROTRON RADIATION. By Andrew P. Sabersky (SLAC). SLAC-PUB-1245, May 1973. 31pp. Published in Part. Accel. 5 , p. 199-206 ,1973

Spectral and Angular Distributions of Synchrotron Radiation, R. A. Mack, CEAL-1027, 1966

Schwinger, Phys. Rev. 75, pp. 1912, 1949; Phys. Rev. 70, pp. 798 (1949)

PROPERTIES OF SYNCHROTRON RADIATION AND INSTRUMENTATION FOR PHOTOEMISSION AND ABSORPTION SPECTROSCOPY. By C. Kunz (Hamburg U.). DESY SR-88-05, Nov 1988. 62pp. Presented at and to be publ. in Proc. of Int. School of Physics Enrico Fermi, 'Photoemission and Absorption Spectroscopy of Solids and Interfaces with Synchrotron Radiation', Varenna, Italy, Jul 12-22, 1988.

Spectral and Angular Distributions of Ultraviolet radiation from the 300 MeV Cornell Synchrotron, by D.H. Tomboulia and P.L. Hartman, Phys. Rev. Vol. 102, No. 6 pp. 1423, 1956

ON OPTICAL RESOLUTION OF BEAM SIZE MEASUREMENTS BY MEANS OF SYNCHROTRON RADIATION. By A. Ogata (KEK, Tsukuba). 1991. Published in Nucl.Instrum.Meth.A301:596-598,1991

Experimente am 12.5.98, Notizen

R. Fischer, K. Wittenburg, -MKI-, 12.5.98

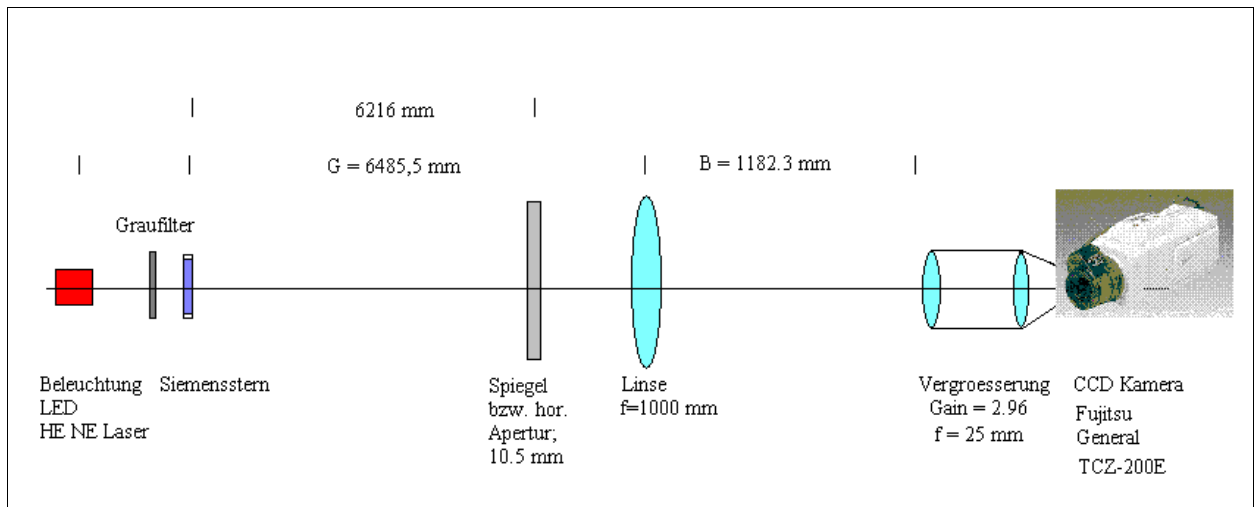


Fig. 1: Versuchsaufbau

Siemensstern mit Strichabstand 10 Grad. Bei Radius 12 mm ist der Strichabstand 2.1 mm

Siemensstern

Testtafel mit im Kreis angeordneten, zur Mitte hin spitz zulaufenden schwarzen Keilen auf weißem Grund. Dient zur Kontrolle der Schärfe und zur Einstellung des Auflagemaßes an Kameras.

Der Chip der CCD Videokamera hat eine Lichtempfindliche Fläche von $F = 8.38 \text{ mm}$ (gemessen) $\Leftrightarrow 52.4 \mu\text{s}$ Videozeilenlänge (gemessen). Bei bester Bildschärfe war der Strichabstand am Rand des Siemensstern $L = 6.95 \pm 0.15 \mu\text{s} = 2.1 \text{ mm}$. Damit ergibt sich als Abbildungsmaßstab A:

$$A = 8.38/2.1 * 6.95/52.4 = 0.529 \pm 0.011$$

Die Mitte des Siemenssterns war in Zeile 21 (Fig 2), der Rand (12 mm) bei Zeile 305 (Fig. 3) (Linienabstand = 2.1 mm) zu sehen.

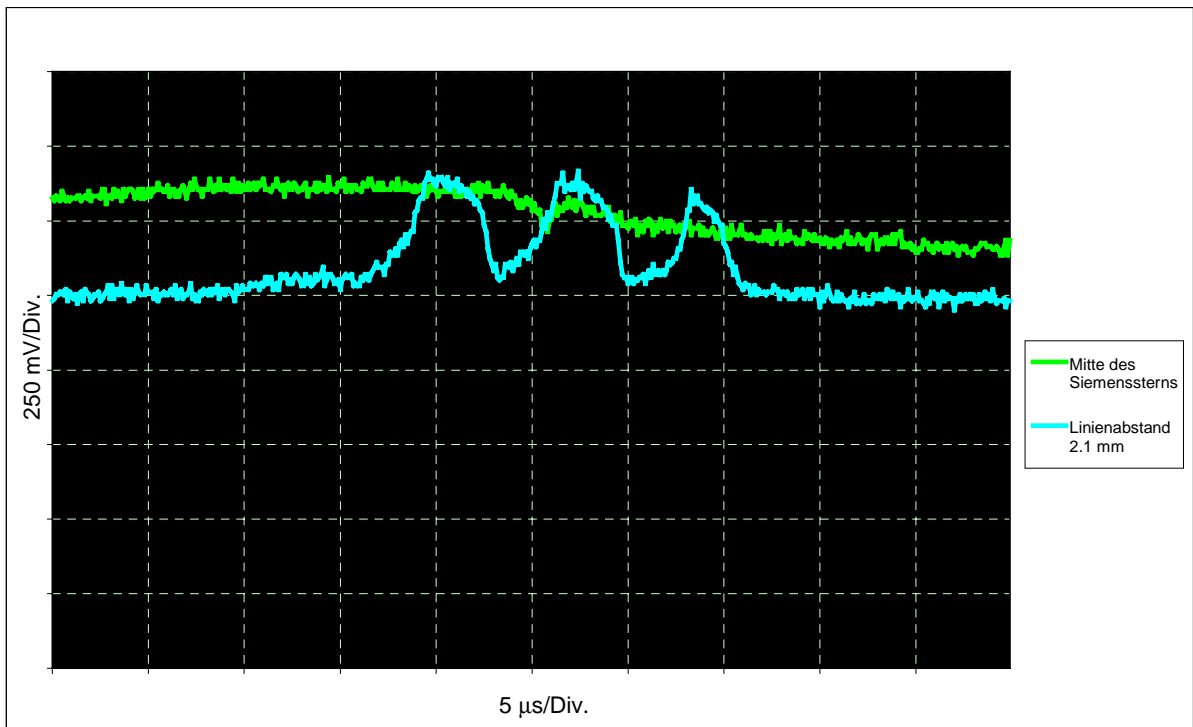


Fig. 2: Bestimmung des Abbildungsmaßstabs, und der Referenzmaße

Bestimmung der Auflösung: Beleuchtung mit roter LED

1) ohne Apertueinschränkung (bis auf die Linse):

a) Über 8 Frames gemittelt (kleines Kamerarauschen (Fig. 3):

Das Strichmuster konnte gerade noch bei Zeile erkannt werden	Nullpunkt abziehen	Zeilenzahl	Der Abstand d zweier Maxima betrug [ns]	Auflösung x $X = d/6.95 * 2.1 \text{ mm}$
43	-21	22	480 ns	0.145

b) ohne Mittelung (Fig. 4):

Das Strichmuster konnte gerade noch bei Zeile erkannt werden	Nullpunkt abziehen	Zeilenzahl	Der Abstand d zweier Maxima betrug [ns]	Auflösung x $X = d/6.95 * 2.1 \text{ [}\mu\text{m]}$
50	-21	29	760	230

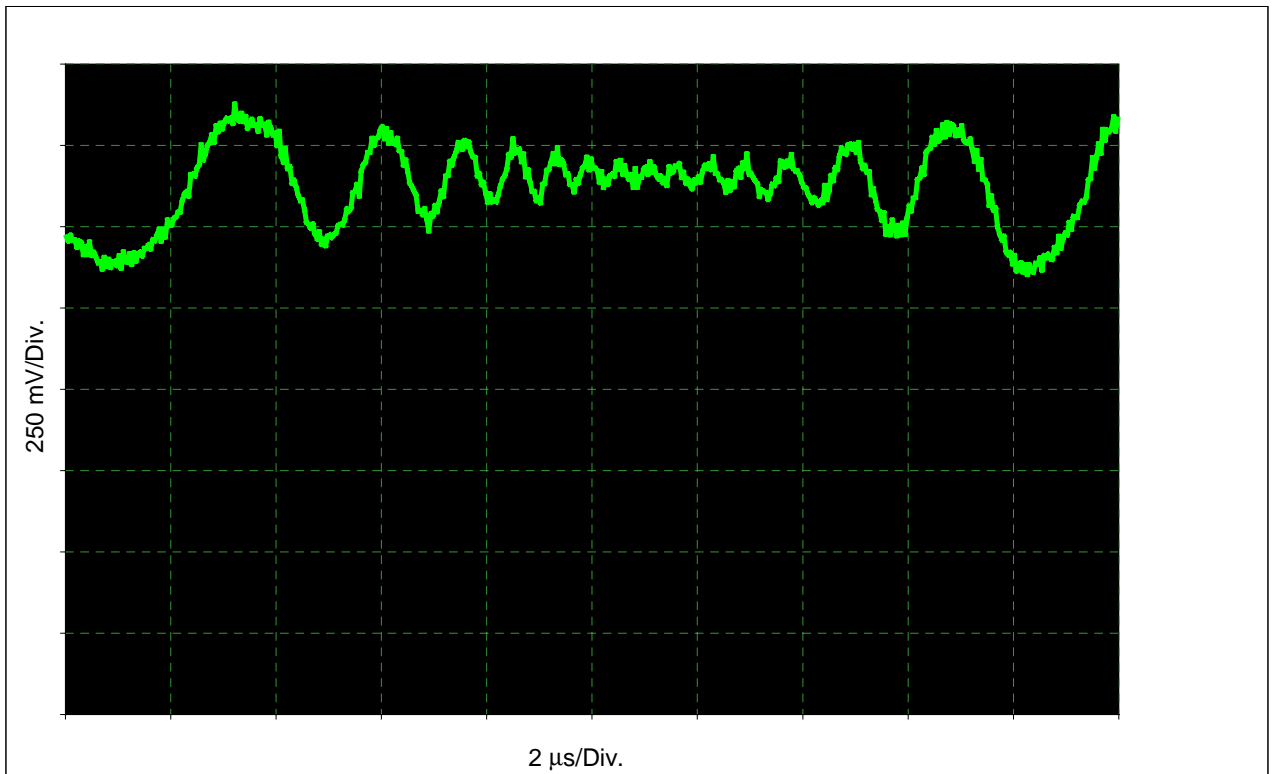


Fig. 3: Auflösung mit Mittelung (8 fach) der Videolinie (Line 43)

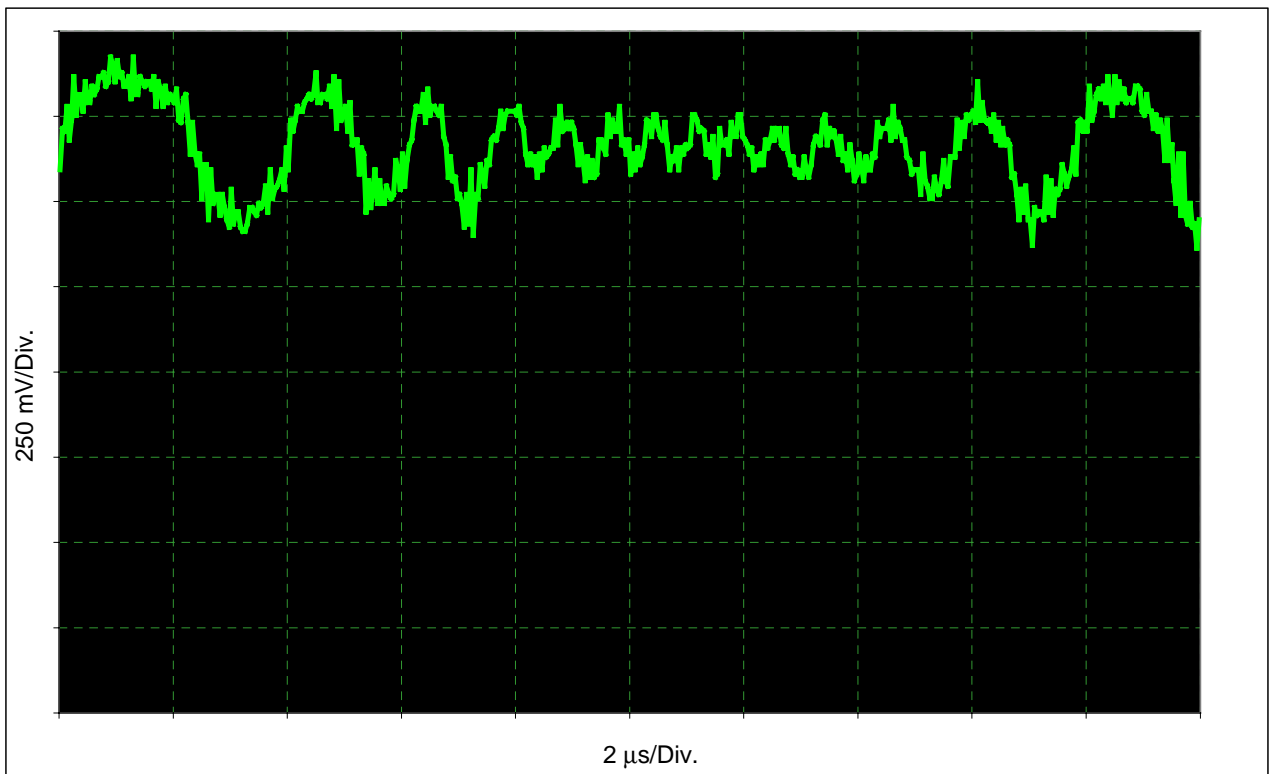


Fig. 4: Auflösung ohne Mittelung der Videolinie (Line 50)

2) Einfügen einer Apertureinschränkung wie sie der Spiegel im realen Aufbau darstellt. Der Spiegel stellt aber nur für die horizontale Ebene eine Einschränkung dar. Horizontale Apertur = 10.5 mm breit

a) Über 8 Frames gemittelt (kleines Kamerarauschen)

Das Strichmuster konnte gerade noch bei Zeile erkannt werden	Nullpunkt abziehen	Zeilenzahl	Der Abstand d zweier Maxima betrug [ns]	Auflösung x $X = d/6.95 * 2.1 \text{ mm}$
73	-21	52	1360	0.411

3) Die Gegenstandsweite wurde um 21.4 cm vergrößert Der Strichabstand am Rand des Siemenssterns (2.1 mm) änderte sich von 6.95 μs auf 6.4 μs und damit der Abbildungsmaßstab auf

$$A = 0.487$$

Mit Apertureinschränkung ergab sich eine Auflösung von:

Über 8 Frames gemittelt (kleines Kamerarauschen)

Das Strichmuster konnte gerade noch bei Zeile erkannt werden	Nullpunkt abziehen	Zeilenzahl	Der Abstand d zweier Maxima betrug [ns]	Auflösung x $X = d/6.4 * 2.1 \text{ mm}$
76	-21	55	1320	0.367

4) Die Gegenstandsweite wurde um 21.4 cm verkleinert. Der Strichabstand am Rand des Siemenssterns (2.1 mm) änderte sich von 6.95 μs auf 7.1 μs und damit der Abbildungsmaßstab auf

$$A = 0.54$$

Mit Apertureinschränkung ergab sich eine Auflösung von:

Über 8 Frames gemittelt (kleines Kamerarauschen)

Das Strichmuster konnte gerade noch bei Zeile erkannt werden	Nullpunkt abziehen	Zeilenzahl	Der Abstand d zweier Maxima betrug [ns]	Auflösung x $X = d/7.1 * 2.1 \text{ mm}$
66	-21	45	1400	0.414

Beleuchtung mit Laser

Durch Änderungen ergab sich: Die Mitte des Siemenssterns war in Zeile 32, der Rand (12 mm) bei Zeile 310 (Linienabstand = 2.1 mm) zu sehen.

1) Optimale Schärfe, ohne Apertureinschränkung. Eine 10.5 mm Apertureinschränkung machte das Bild völlig unerkennbar(?was bedeutet das für den Monitor?)

a) Über 8 Frames gemittelt (kleines Kamerarauschen)

Das Strichmuster konnte gerade noch bei Zeile erkannt werden	Nullpunkt abziehen	Zeilenzahl	Der Abstand d zweier Maxima betrug [ns]	Auflösung x $X = d/6.95 * 2.1 \text{ mm}$
45	-32	13	340	0.103

2) Die Gegenstandsweite wurde um ca 20 cm vergrößert Der Strichabstand am Rand des Siemenssterns (2.1 mm) änderte sich von 6.95 μs auf 6.4 μs und damit der Abbildungsmaßstab auf $A = 0.487$. Durch Beugungerscheinungen wurde die Auflösung deutlich verschlechtert:

Über 8 Frames gemittelt (kleines Kamerarauschen)

Das Strichmuster konnte gerade noch bei Zeile erkannt werden	Nullpunkt abziehen	Zeilenzahl	Der Abstand d zweier Maxima betrug [ns]	Auflösung x $X = d/6.4 * 2.1 \text{ mm}$
119	-32	87	1800	0.591

3) Die Gegenstandsweite wurde um ca. 20 cm verkleinert. Der Strichabstand am Rand des Siemenssterns (2.1 mm) änderte sich von 6.95 μs auf 7.1 μs und damit der Abbildungsmaßstab auf $A = 0.54$. Durch Beugungserscheinungen wurde die Auflösung deutlich verschlechtert:

Über 8 Frames gemittelt (kleines Kamerarauschen)

Das Strichmuster konnte gerade noch bei Zeile erkannt werden	Nullpunkt abziehen	Zeilenzahl	Der Abstand d zweier Maxima betrug [ns]	Auflösung x $X = d/7.1 * 2.1 \text{ mm}$
137	-32	105	1800	0.532

Der von der Kamera beobachtete Bereich in HERAe beträgt: +539 mm bis -496 mm, also noch deutlich mehr als bei den obigen Labormessungen. Die Messungen treffen aber in etwa den mittleren Bereich zwischen den Extremwerten. Der Einfluß der Tiefenschärfe und der Einfluß der Beugung auf die Auflösung muß noch theoretisch genauer untersucht werden.

Novette 0.5mW Helium-Neon Laser Systems Specifications:
(see <http://www.uniphase.com/Lasers/novette.htm>)

Model Number	1508
Minimum Output Power	0.5 mW
Wavelength	633 nm
Beam Diameter (TEM001/e2 points $\pm 3\%$)	.48 mm
Beam Divergence (TEM00 $\pm 3\%$)	1.7 mrad
Minimum Polarization Ratio (P Versions)	500:1



Experimente am 12.5.98; Analyse:

$$1/f = 1/G + 1/B = 1/6485.5 + 1/1182.3 = 1/1000.002$$

Verkleinerung bis zum Zwischenbild:

$$A' = \text{Bild/Objekt} = (B-f)/f = 0.18$$

$$1/A' = 5.49 = G'$$

$$A' * \text{Gain} = \text{Abbildungsmaßstab } A = 0.539$$

$$\text{Gemessen: } A = 0.529 \pm 0.011$$

Im Rahmen der Fehler ok.

$$1/A = 1.85$$

Kameraauflösung hor.: 370 TV Lines/(2/3 inch) = 45.7 μm $\approx 2 * \text{Pixelgröße (20 } \mu\text{m)}$ $\Rightarrow \sigma_{\text{Kamera}} \approx 20 \mu\text{m}$;
mit Vergrößerung von 1.85 zum Objekt $\sigma_{\text{Kamera}} = 37 \mu\text{m}$. Besser können wir nicht messen

Experiment 1) LED ohne Apertur (Linse bildet die Apertur)

Bei diesem Experiment ist die Beugung an einer Iris zu berücksichtigen.

$$\varnothing \text{ Linse } d = 78 \text{ mm}$$

$$\theta/2 = \arctan(d/2/G) = 6 \text{ mrad}$$

$$\lambda = 660 \text{ nm (LED)}$$

$$\sigma_{\text{Beug}} = 0.61 * \lambda / \theta/2 \text{ (horizontal)} = 67.1 \mu\text{m}$$

$$\text{Gemessen: } 145 \mu\text{m} \approx 2.3 * \sigma \text{ (siehe Fig. A)} \Rightarrow \sigma_{\text{gemessen}} = 63.0 \mu\text{m}$$

Experiment 2) LED mit Apertur (Spalt bildet die Apertur)

Bei diesem Experiment ist die Beugung am Spalt zu berücksichtigen. Durch Beugung am Siemensstern ist der maximale halbe Winkel durch die volle Breite des Spaltes + 1/2 Siemenssterns gegeben.

$$\varnothing d = 11.25 \text{ mm}$$

$$\theta/2 = \arctan(d/G) = 1.73 \text{ mrad}$$

$$\lambda = 660 \text{ nm (LED)}$$

$$\sigma_{\text{Beug}} = 0.47 * \lambda / \theta/2 \text{ (horizontal)} = 178.8 \mu\text{m}$$

$$\text{Gemessen: } 411 \mu\text{m} \approx 2.3 * \sigma \text{ (siehe Fig. A)} \Rightarrow \sigma_{\text{gemessen}} = 178.7 \mu\text{m}$$

Experiment 3) Laser ohne Apertur

Bei diesem Experiment ist die Beugung an einer Iris zu berücksichtigen.

$$\text{Divergenz des Lasers} = \theta/2 = 1.7 \text{ mrad} \Rightarrow \theta = 3.4 \text{ mrad}$$

Allerdings wird der Winkel durch Beugung am Siemensstern deutlich größer, so daß der maximale halbe Winkel die Diagonale (rechte Seite Stern - linke Seite Linse) ist:

$$\theta/2 = \arctan((78/2 + 12/2)/G) = 6.9 \text{ mrad}$$

$$\lambda = 633 \text{ nm (Laser)}$$

$$\sigma_{\text{Beug}} = 0.61 * \lambda / \theta/2 \text{ (horizontal)} = 55.9 \mu\text{m}$$

$$\text{Gemessen: } 103 \mu\text{m} \approx 2.3 * \sigma \text{ (siehe Fig. A)} \Rightarrow \sigma_{\text{gemessen}} = 44.8 \mu\text{m (incl. Kameraauflösung)}$$

Das ist ja schon fast eine unglaubliche Übereinstimmung von Theorie und Messung bei allen Experimenten.

Die Maxima zweier Gausskurven lassen sich noch separieren, wenn sie ca. 2.3σ auseinander liegen:

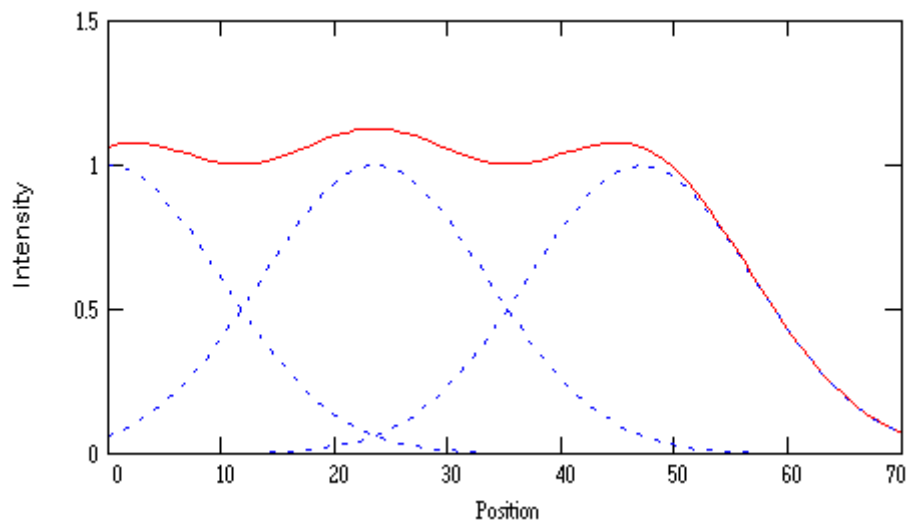
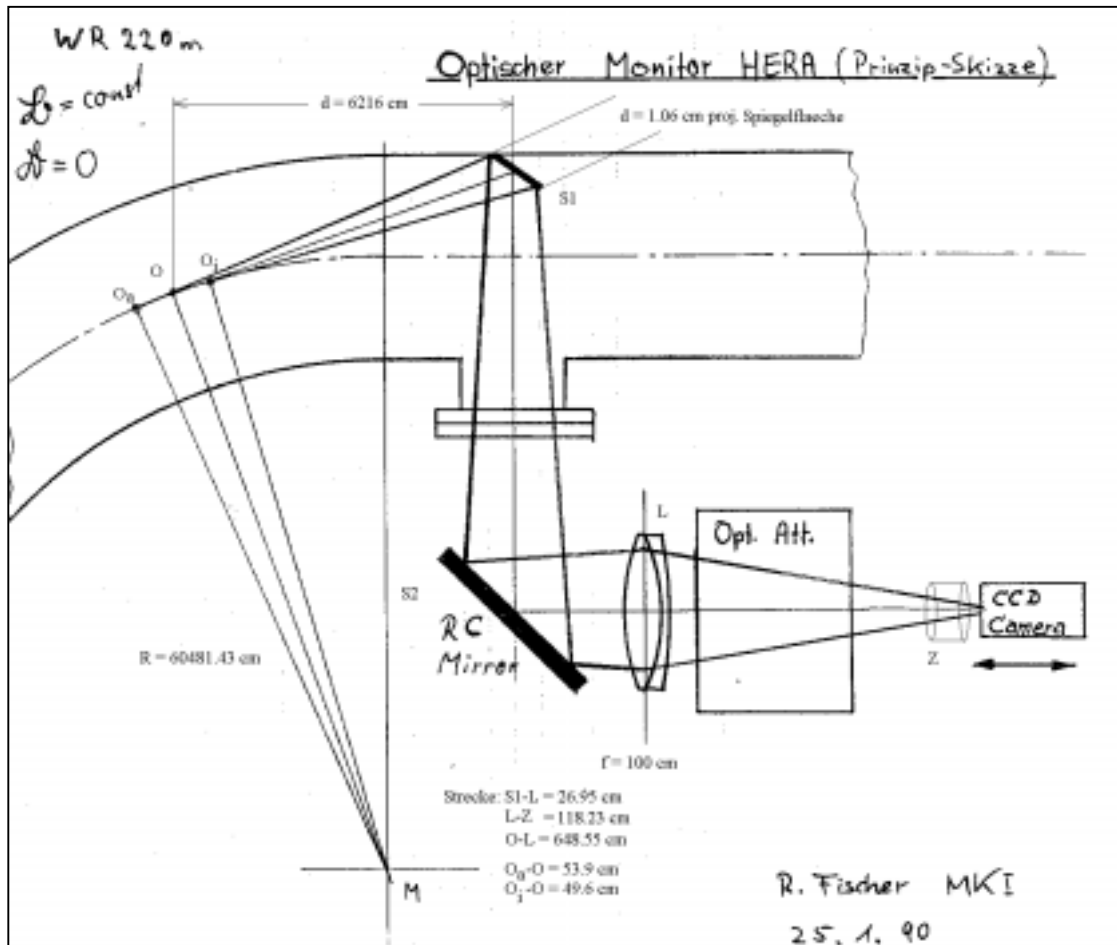


Fig. A: Addition dreier Gausskurven. Die Kurven liegen jeweils $2.35 * \sigma$ (= FWHM) auseinander. $\sigma = 10$

Daher entspricht der im Experiment ermittelte Wert etwa 2.3σ .

Anwendung auf HERAe



$$\text{Strahlbreite } \sigma_{\text{beam}} = (\sigma_{\text{fit}}^2 - \sigma_{\text{Beug}}^2 - \sigma_{\text{tief}}^2 - \sigma_{\text{kurve}}^2 - \sigma_{\text{kamera}}^2)^{1/2}$$

$$\text{Emittance } \varepsilon = 1/\beta * \sigma_{\text{beam}}^2$$

$$R = \rho = 60481.43 \text{ mm}$$

$$G = O-L = 6485.5 \text{ mm}$$

$$B = L-Z = 1182.3 \text{ mm}$$

$$O-S1 = 6216 \text{ mm}$$

$$L = O_a-O_i = 1035 \text{ mm}$$

$$\text{Winkelakzeptanz (horizontal): } \tan \theta/2 = d/2/6216 \Rightarrow \theta/2 = \text{arc tan } d/2/6216 = 0.85 \text{ mrad}$$

$$\text{Winkelakzeptanz (vertikal): } \Psi(\lambda) = 1/\gamma (\lambda/\lambda_c)^{1/3} = (3 \lambda)/(4 \pi \rho) = \text{????}$$

$$\text{mit } \lambda_c = (4\pi R)/(3\gamma^3) \text{ und } \gamma = E/m_0c^2$$

λ ist nicht monochromatisch ! Empfindlichkeits-Spektrum reinfallen ist problematisch (siehe Seite 13).

$$\sigma_{\text{Beug}} = 0.47 * \lambda/\theta \text{ (horizontal)} = \text{???}$$

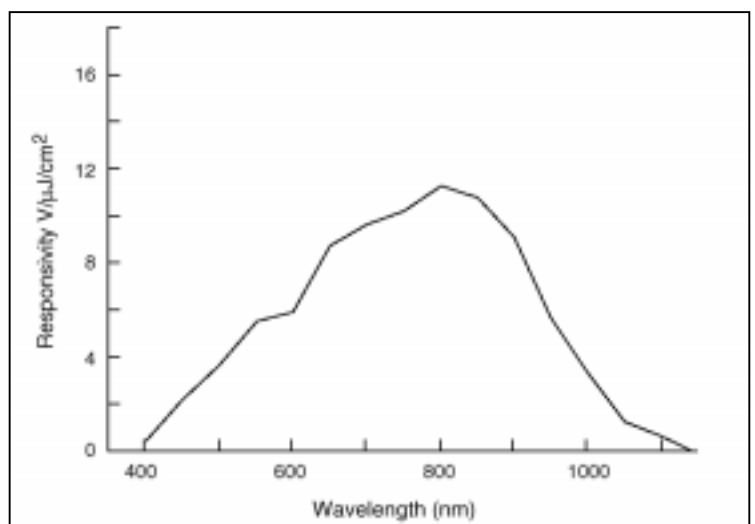
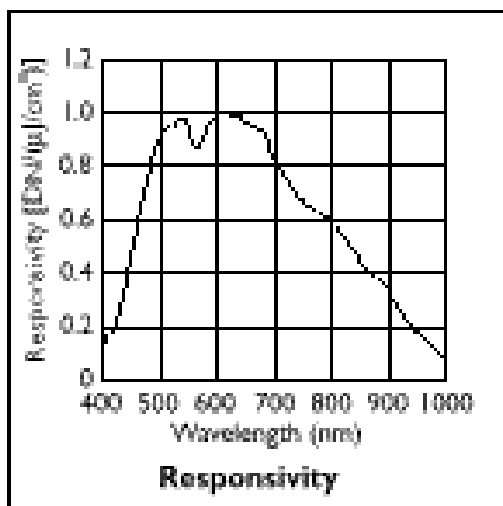
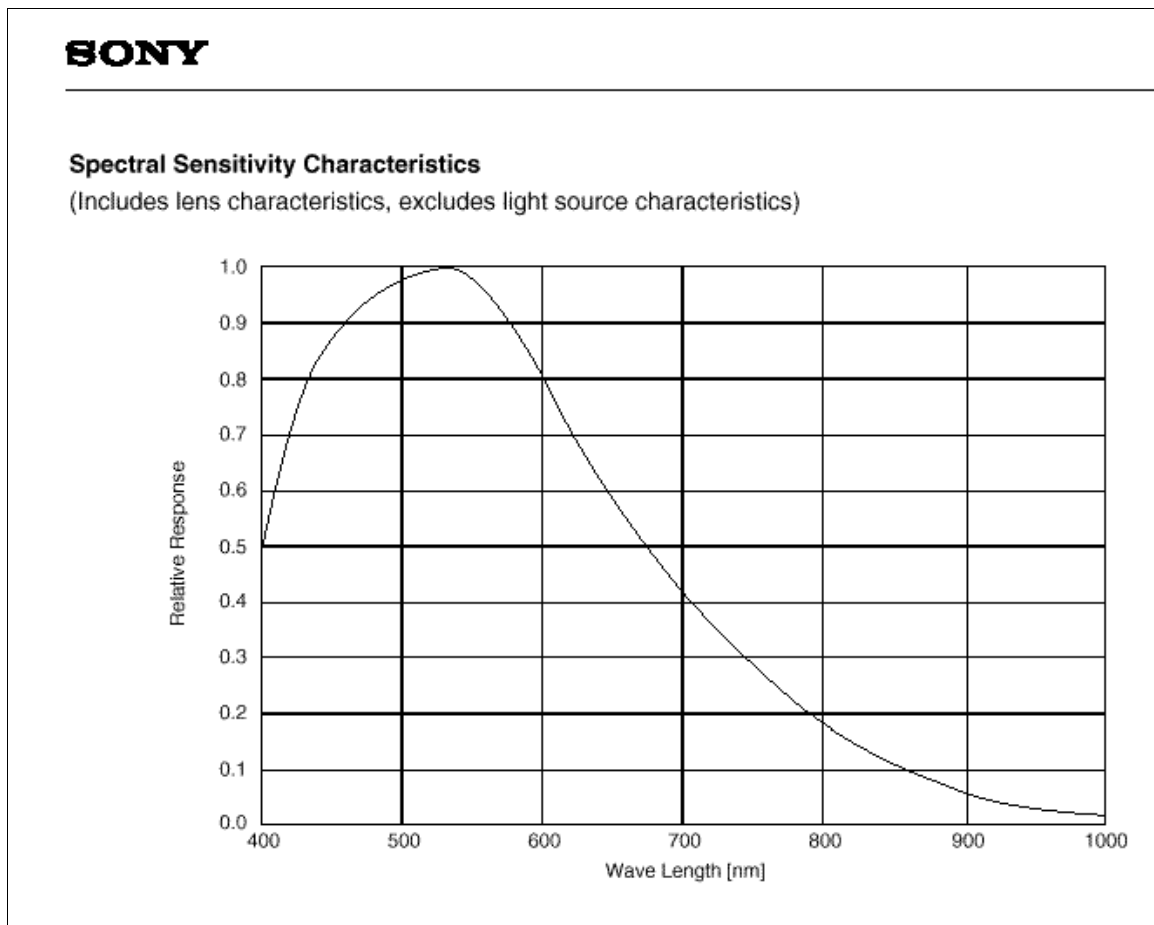
$$\sigma_{\text{Beug}} = 0.47 * \lambda/\Psi \text{ (vertikal)} = \text{???}$$

$$\sigma_{\text{tief}} = L/2 * \theta/2 = 440 \mu\text{m}$$

$$\sigma_{\text{kurve}} = \rho \theta^2/8 = 219 \mu\text{m}$$

$$\sigma_{\text{kamera}} = 37 \mu\text{m}$$

Einige spektrale Empfindlichkeiten von verschiedenen CCD Sensoren:



Um weiter die Auflösung durch Beugung bei dem SR Monitor in Hera berechnen zu können, muß das Licht monochromatisch sein. Die Spektren aller optischen Komponenten (Spiegel, Filter, Linsen, CCD, SR) mit einzubeziehen würde wegen zu großer Ungenauigkeiten zu großen Fehlern führen.

Annahme: $\lambda=550 \text{ nm}$ ($\gamma = E/m_0c^2$)

$$\gamma_{12} = 2.35 \cdot 10^4 \text{ (E = 12 GeV)}$$

$$\gamma_{35} = 6.85 \cdot 10^4 \text{ (E = 35 GeV)}$$

$$\lambda_{c,12} = (4\pi\rho)/(3\gamma^3) = 0.195 \text{ nm bei 12 GeV}$$

$$\lambda_{c,35} = (4\pi\rho)/(3\gamma^3) = 0.008 \text{ nm bei 35 GeV}$$

Winkelakzeptanz (horizontal): $\tan\theta/2 = d/2/6216 \Rightarrow \theta/2 = \arctan d/2/6216 = 0.85 \text{ mrad}$

Winkelakzeptanz (vertikal, 1/2 Winkel): $\Psi(\lambda) = 1/\gamma (\lambda/\lambda_c)^{1/3} = [(3\lambda)/(4\pi\rho)]^{1/3} = 0.6 \text{ mrad}$

(wenn der Spiegel mindestens $\pm 4 \text{ mm}$ hoch ist)

$$\sigma_{\text{Beug}} = 0.47 \cdot \lambda/\theta/2 \text{ (horizontal)} = 304 \text{ }\mu\text{m}$$

$$\sigma_{\text{Beug}} = 0.47 \cdot \lambda/\Psi \text{ (vertikal, klassisch)} = 430 \text{ }\mu\text{m}$$

Der Argumentation von Ref. Ogata folgend gilt für die Beugung:

1) Ψ ist größer in Realität als in der Gauss Näherung ($0.79 \rightarrow 1.08 \text{ mrad}$ bei Tristan, siehe Fig. unten)

2) Das 1. Beugungsmaximum liegt bei einem gaussförmigen Strahl bei

$$\sigma_{\text{Beug}} = 1/\pi \cdot \lambda/\Psi \approx 175 \text{ }\mu\text{m} \text{ (}\Psi = 1 \text{ mrad)}$$

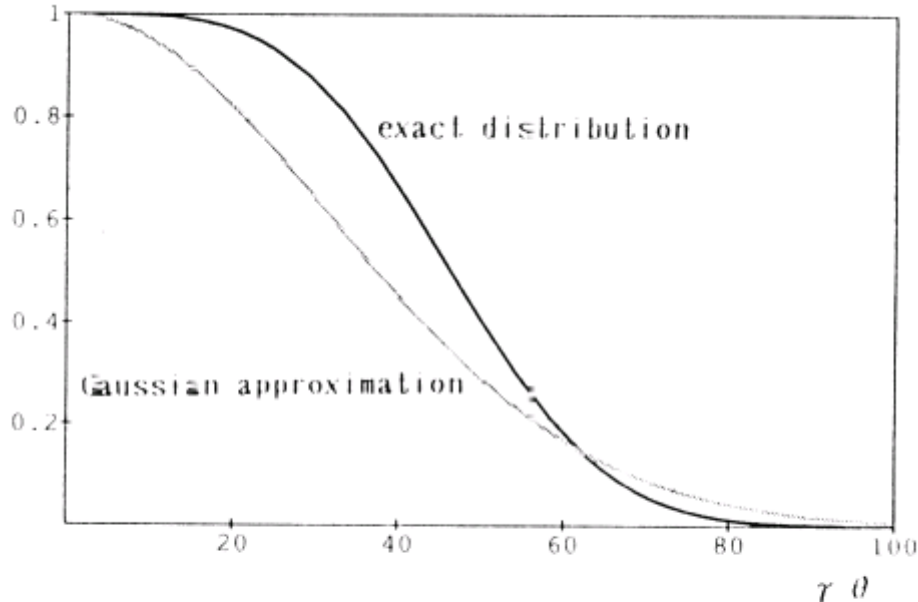


Fig. 1 Angular distribution of the 500 nm component of the synchrotron radiation from the TRISTAN MR bending magnet ($\approx 46 \text{ m}$ bending radius) operated at 30 GeV, and its Gaussian approximation.

$$\sigma_{\text{tief}} = L/2 * \theta/2 = 440 \mu\text{m}$$

$$\sigma_{\text{korr}} = (\sigma_{\text{Beug}}^2 + \sigma_{\text{tief}}^2 + \sigma_{\text{kurve}}^2 + \sigma_{\text{kamera}}^2)^{1/2} = 579 \mu\text{m} ; (\text{horizontal})$$

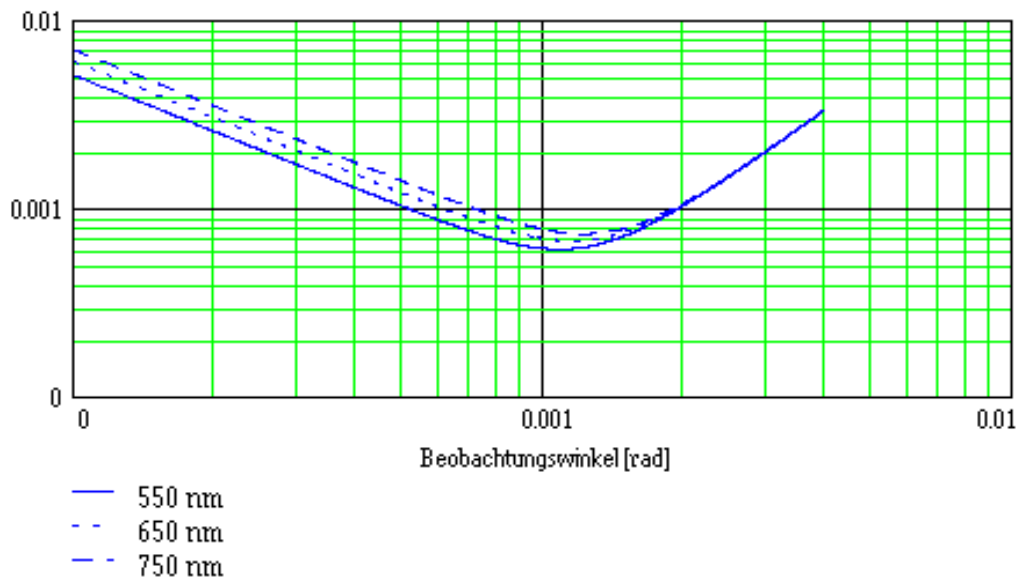
$$\sigma_{\text{korr}} = (\sigma_{\text{Beug}}^2 + \sigma_{\text{tief}}^2 + \sigma_{\text{kamera}}^2)^{1/2} = 592 \mu\text{m} ; (\text{vertikal, klassischer Beugungsterm})$$

$$\sigma_{\text{korr}} = (\sigma_{\text{Beug}}^2 + \sigma_{\text{tief}}^2 + \sigma_{\text{kamera}}^2)^{1/2} = 443 \mu\text{m} ; (\text{vertikal, mit Ogata Beugungsterm})$$

$$\sigma_{\text{korr}} = (\sigma_{\text{tief}}^2 + \sigma_{\text{kamera}}^2)^{1/2} = 407 \mu\text{m} ; (\text{vertikal, ohne Beugungsterm})$$

Horizontal:

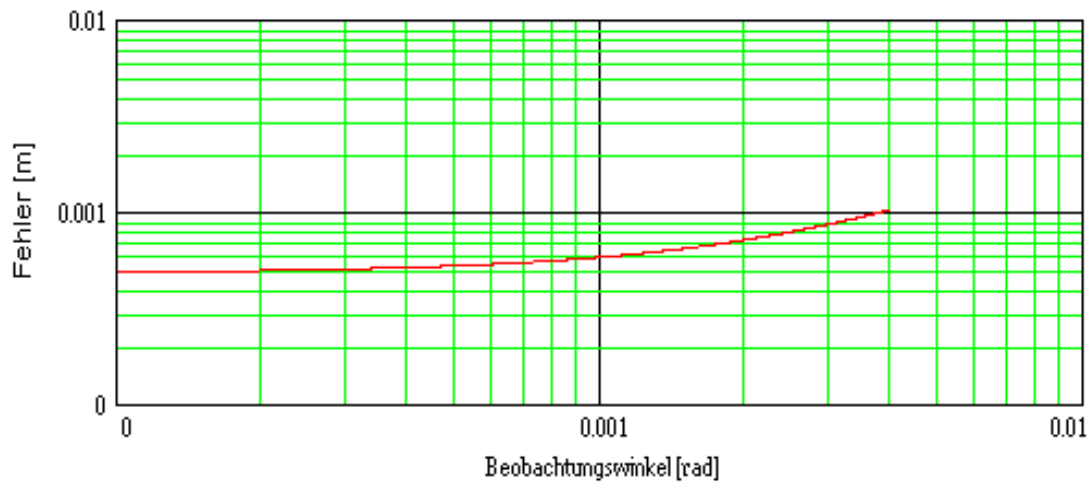
$$\text{Fehler} = [(\rho \theta^2/8)^2 + (L/2 * \theta/2)^2 + (0.47 * \lambda/\theta/2)^2]^{1/2} \quad \text{mit } L \approx \rho \tan \theta \approx \rho \theta$$



Das Minimum liegt bei $\theta=1.05$ rad

Vertikal:

$$\text{Fehler} = [(L/2 * \Psi)^2 + (0.47 * \lambda/\Psi)^2]^{1/2} \quad \text{mit } L \approx \rho \tan \theta \approx \rho \theta$$



Verbesserungen:

Monochromator bei kürzer Wellenlänge

Optimalen Auslesewinkel erreichen

Polarisationsfilter (Beam Profile Measurements at MAX, A. Andersson, J Tagger, NIM A364 (1995) p. 4-12)

Zukunft:

Messung mit Interferometer

A MEASUREMENT OF BEAM SIZE OF AURORA BY THE USE OF SR INTERFEROMETER AT SR CENTER OF RITSUMEIKAN UNIVERSITY.

By Toshiyuki Mitsuhashi (KEK, Tsukuba), Hiroshi Iwasaki, Yasukazu Yamamoto, Tosinori Nakayama (Ritsumeikan U., Kusatsu), Daizo Amano (Sumitomo, Tanashi). KEK-PREPRINT-97-152, Oct 1997. 3pp. Talk given at 11th Symposium on Accelerator Technology and Science, Hyogo, Japan, 21-23 Oct 1997. In *Harima Science Garden City 1997, Accelerator science and technology* 441-443.

SPATIAL COHERENCY OF THE SYNCHROTRON RADIATION AT THE VISIBLE LIGHT REGION AND ITS APPLICATION FOR THE ELECTRON BEAM PROFILE MEASUREMENT.

By T. Mitsuhashi (KEK, Tsukuba). KEK-PREPRINT-97-56, May 1997. 4pp. Talk given at 17th IEEE Particle Accelerator Conference (PAC 97): Accelerator Science, Technology and Applications, Vancouver, Canada, 12-16 May 1997.

Intensity Interferometer and its application to Beam Diagnostics, Elfim Gluskin, ANL, publ. PAC 1991 San Francisco

Messungen mit x-ray

Diverse LEP reports

Eichung des SR Monitors in HERAe

Die Geometrische Abmessung des Strahls bestimmt die Emittanz. Der von der Kamera gemessene Lichtfleck muß in seiner Abmessung auf den Ursprungsort zurückgerechnet werden. Dazu wurden die folgenden Eichungen durchgeführt:

- A) Eichung durch Kamera
- B) Eichung mit Gitter
- C) Eichung mit Strahl

A) Eichung durch Kamera

Aus den Experimenten am 12.5.98, Notizen ist bekannt, daß der CCD Chip der Kamera eine lichtempfindliche Dimension in horizontaler Richtung von $H=8.38$ mm hat. Nach CCIR Norm wird ein Verhältnis von $H:B = 2:3$ in einem Bildspeicher (hier Frame Grabber) abgespeichert. Damit ergibt sich für die vertikale Richtung eine Dimension von $V=5.59$ mm lichtempfindliche Fläche. Mit dem Vergrößerungsfaktor der Lichtoptik von 1.85 ergibt sich damit, daß die Kamera eine Fläche von $H:V = 8.38\text{mm} * 1.85 : 5.59\text{mm} * 1.85 = \underline{15.5\text{mm} : 10.34\text{mm}}$ beobachtet. Diese Werte wurden Anfangs zur Bestimmung der Lichtfleckdimension des Synchrotronlichtes herangezogen. Eine genauere Eichung ist mit B) möglich.

B) Eichung mit Gitter

Vor der Videokamera befindet sich ein Objektiv zur Nachvergrößerung des virtuellen Zwischenbildes des SR-Lichtes. An dieser Stelle wurde ein Strichmuster mit 0.1 mm Abstand eingebracht und aufgenommen

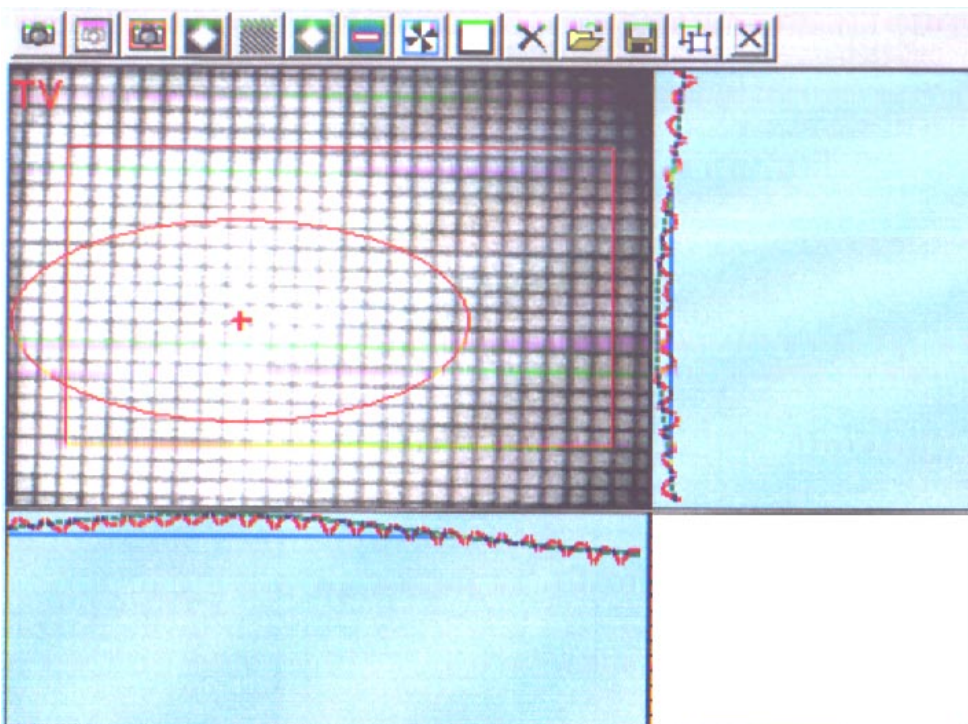


Fig.: Aufgenommenes Strichmuster

Horizontal wurden H=2.76 mm beobachtet, vertikal waren es V=2.26 mm. Anhand des Musters kann die am Ursprungsort beobachtbare Fläche errechnet werden: Der Vergrößerungsfaktor vom virtuellen Zwischenbild zum Ursprungsort ist G/B = 5.485. Damit ergibt sich für den Ursprung:

$$H : V = 2.76 \text{ mm} * 5.485 : 2.25 * 5.485 = \underline{15.14 \text{ mm} : 12.34 \text{ mm}}$$

Das stimmt im Rahmen der Messungen horizontal gut mit A) überein, vertikal scheint jedoch die Annahme über die Chipgröße oder das Abspeicherverhältnis etwas daneben zu liegen. Dieses neue Maß wird ab sofort in der Auswertung des SR-Bildes als Eichung eingesetzt.

C) Eichung mit Strahl

Die durch Messung B) gewonnene Eichung wurde am 15.12.98 mit dem Strahl überprüft. Im Bereich des Ursprungs wurde der Strahl mit einer abgeschlossenen Beule definiert abgelenkt. Anhand der Korrekturspulen-Parameter und der Strahloptik-Parameter wurde die Strahlposition im Ursprung genau errechnet. Dank an Eliana, von der auch die folgenden Abbildungen stammen.

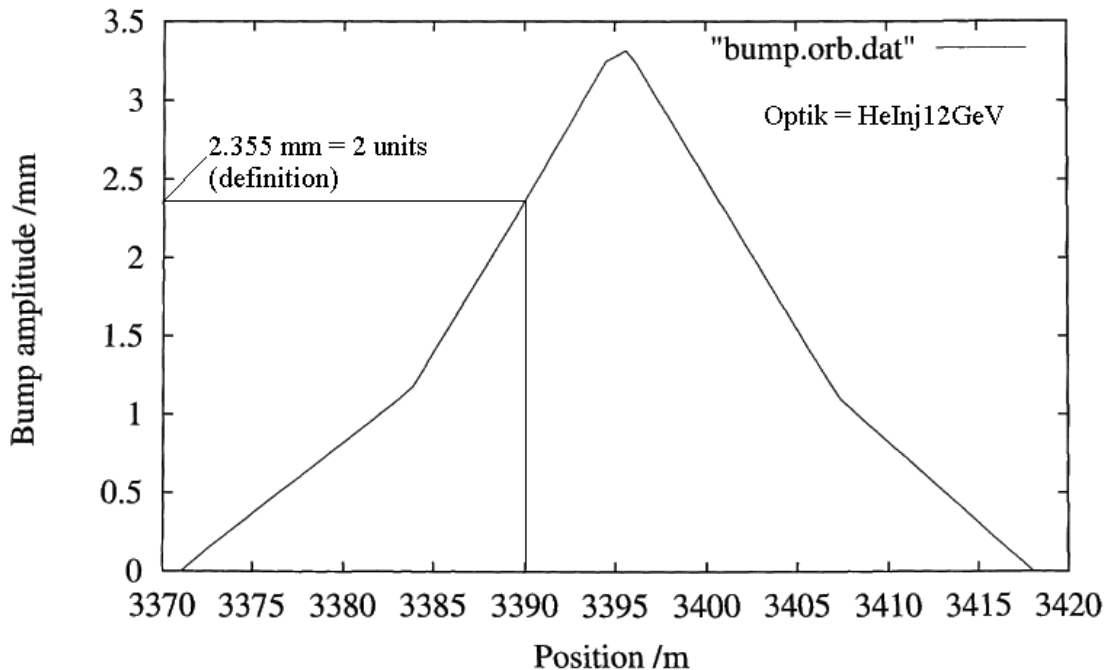
Vertikale Beule

3- v-bump

Currents for electrons/protons at 12.000 GeV

name	ratio	beta	mu/2pi	kick(mrad)	I(A)
152 WR203 CV	1.0000	44.56	25.384142	0.100	0.290
153 WR227 CV	-1.1032	31.20	25.552353	-0.110	-0.320
154 WR250 CV	1.0218	40.31	25.729134	0.102	0.297

Bump plot program 14 Dec 1998 18:47:21



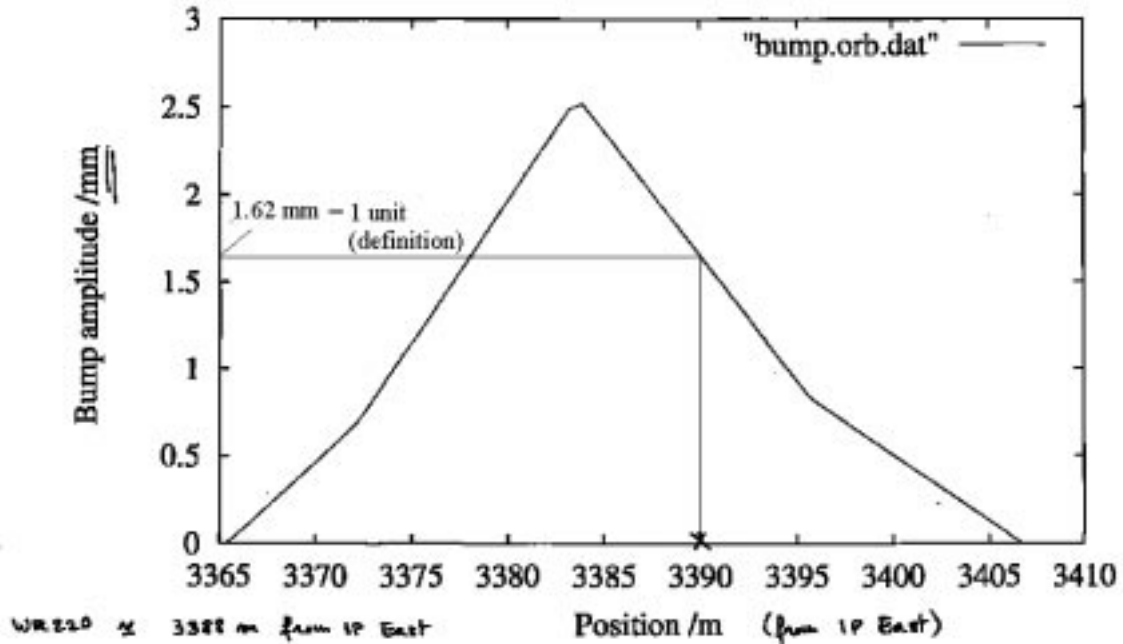
Horizontale Beule

3- h-bump

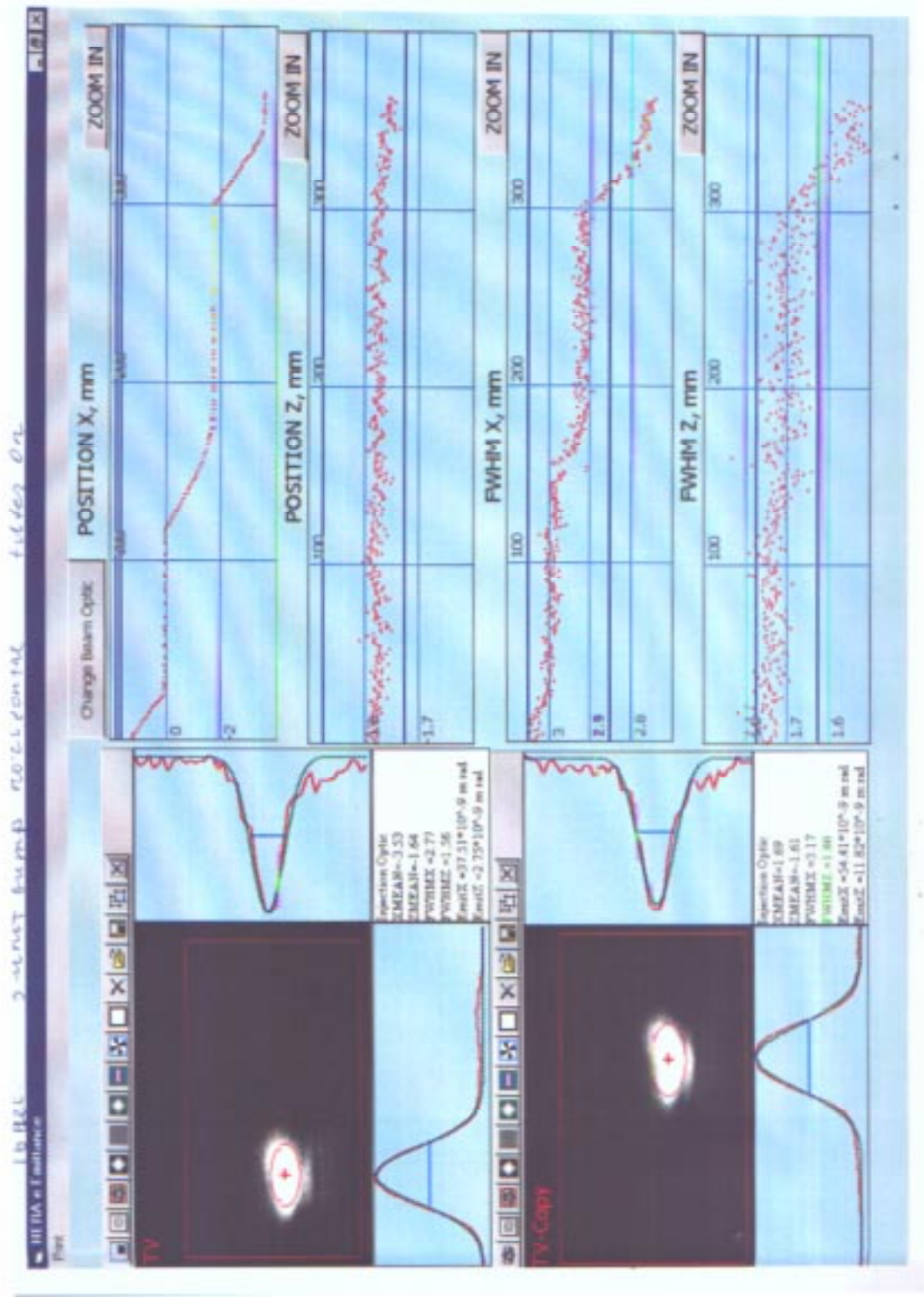
Currents for electrons/protons at 12.000 GeV

name	ratio	beta	$\mu/2\pi$	kick(mrad)	I(A)
152 WR197 CH	1.0000	31.41	25.427160	0.100	0.172
153 WR215 CH	-0.8608	43.62	25.544554	-0.086	-0.148
154 WR239 CH	0.7533	29.20	25.732912	0.075	0.129

Bump plot program 14 Dec 1998 18:45:52



Die in der Abbildung gezeigten (additiven) Ströme in den Korrekturspulen erzeugen eine Ablage des Strahles im Ursprung des SR-Lichtes von 1.62 mm (horizontal) und 2.355 mm (vertikal). Diese Ströme werden im folgenden mit 1 Unit (horizontal) bzw. 2 Units (vertikal) definiert. Diese Beulen wurden über mehrere Units eingestellt und die vom Monitor gemessene Ablage mit der theoretischen Ablage verglichen. Die Messungen wurden bei 12 GeV und bei 27.5 GeV durchgeführt, wobei sich die Spulenströme linear mit der Energie skalieren. Es war immer die Injektionsoptik eingestellt. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel der Messung bei 12 GeV, horizontal.



Die Tabelle zeigt die Meßergebnisse:

Beule	Horizontal		Vertikal	
	12 GeV	27.5 GeV	12 GeV	27.5 GeV
Units	Differenz der gem. Ablage zur vorherigen Beule (Unit) [mm]			
-2	1.58			
-1	1.38	1.5	0.79 0.62	0.9
0	1.61	1.43	1.26 1.13	1.21
1	1.77	1.66	1.27 1.1	0.94
2	1.83	1.7	0.75 0.81	0.93
3			0.85	1.29
Mittelwert	1.63	1.57	1.19	1.05
Erwartet	1.62	1.62	1.18	1.18

Die Übereinstimmung bei 12 GeV ist sehr gut, die leichten Abweichungen bei 27.5 GeV sind möglicherweise durch eine Abweichung in der Betafunktion zu erklären.

Bei den vertikalen Messungen wurde beobachtet, daß es einen Bereich gibt, in dem die Ablage proportional zur Beule ist, außerhalb dieses Bereiches wurden Reflexionen und Absorption des Lichtes beobachtet¹. Dieses verfälscht sowohl die Positions- als auch die Emittanzmessung. Zur Überprüfung der Eichung wurde nur der lineare Bereich herangezogen.

Zusammenfassung

Die Eichung des Monitors aus B) stimmt

Dank an Fedor für die Unterstützung während der Meßschicht

¹ Die Beule ändert auch den Winkel des SR-Lichtes. Das Licht trifft dann bei ungeeigneter Beule unter flachen Winkel auf das Strahlrohr und wird reflektiert. Solche Bedingungen waren bei der Default-Einstellung gegeben (File). Bei zukünftigen Messungen muß immer auf eine saubere Lichtellipse geachtet werden!