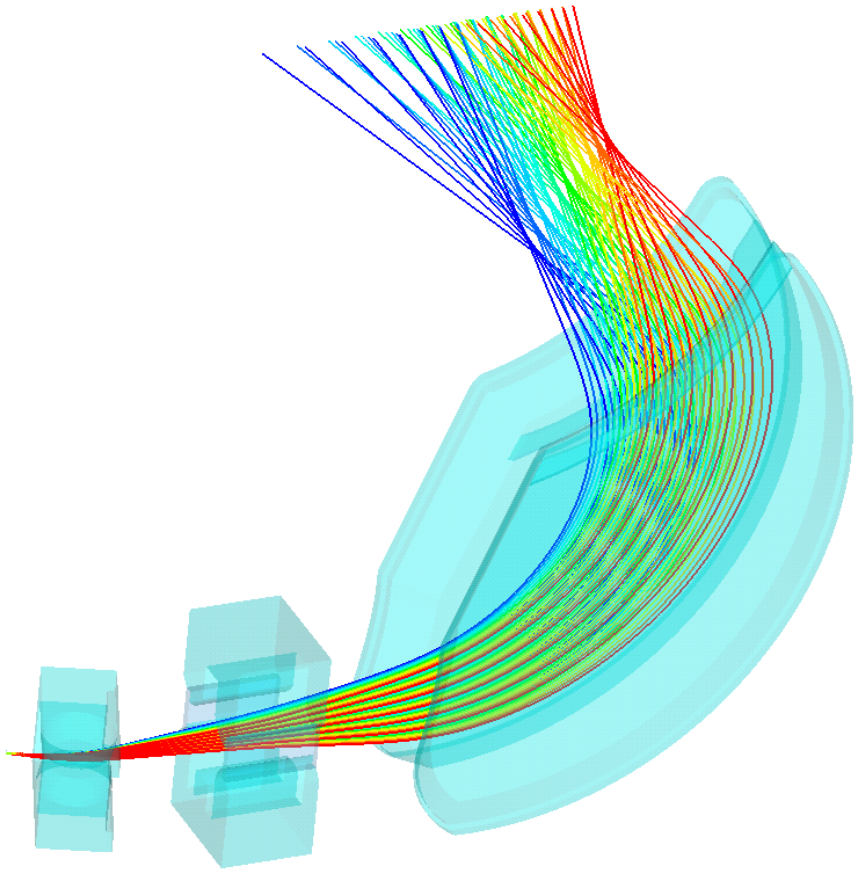
Simulation des Magnetsystems des 180° Streuexperiments am QClam-Spektrometer in CST Studio

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vortrag zur Bachelor-Thesis von Sebastian Heil



Gliederung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Grundlagen
- Elektronenstreuung
- 180° Streuexperiment
- QClam-Spektrometer

Geometrie und Simulation einzelner Komponenten
- Separationsmagnet
- Pentapol
- QClam-Dipol

Gesamtsimulation

Streuung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Formfaktor enthält Informationen über das Target
- Formfaktor wird ermittelt durch Messung des differenziellen Wirkungsquerschnitts $\frac{d\sigma}{d\Omega}$
- Wirkungsquerschnitt lässt sich zerlegen in elektrischen und magnetischen Anteil

Elektronenstreuung

Magnetischer und elektrischer Anteil

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Coulomb-Anteil

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_C = \left(\frac{Ze^2}{E_0}\right)^2 \frac{1}{\eta} \frac{\cos^2(\theta/2) + \gamma^{-2}\sin^2(\theta/2)}{4\sin^4(\theta/2)} |F_C|^2$$

$$\eta = 1 + \frac{2E_0}{M_t c^2} \sin^2(\theta/2)$$

Elektronenstreuung

Magnetischer und elektrischer Anteil

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Coulomb-Anteil

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_C = \left(\frac{Ze^2}{E_0}\right)^2 \frac{1}{\eta} \frac{\cos^2(\theta/2) + \gamma^{-2}\sin^2(\theta/2)}{4\sin^4(\theta/2)} |F_C|^2$$

- magnetischer Anteil

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_M = \left(\frac{Ze^2}{M_p c^2}\right)^2 \frac{1}{\eta^2} \frac{1 + \sin^2(\theta/2)}{8\sin^4(\theta/2)} \frac{2(J+1)}{3J} \mu_N^2 |F_M|^2$$

$$\eta = 1 + \frac{2E_0}{M_t c^2} \sin^2(\theta/2)$$

Elektronenstreuung

Magnetischer und elektrischer Anteil

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Coulomb-Anteil

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_C = \left(\frac{Ze^2}{E_0}\right)^2 \frac{1}{\eta} \frac{\cos^2(\theta/2) + \gamma^{-2}\sin^2(\theta/2)}{4\sin^4(\theta/2)} |F_C|^2$$

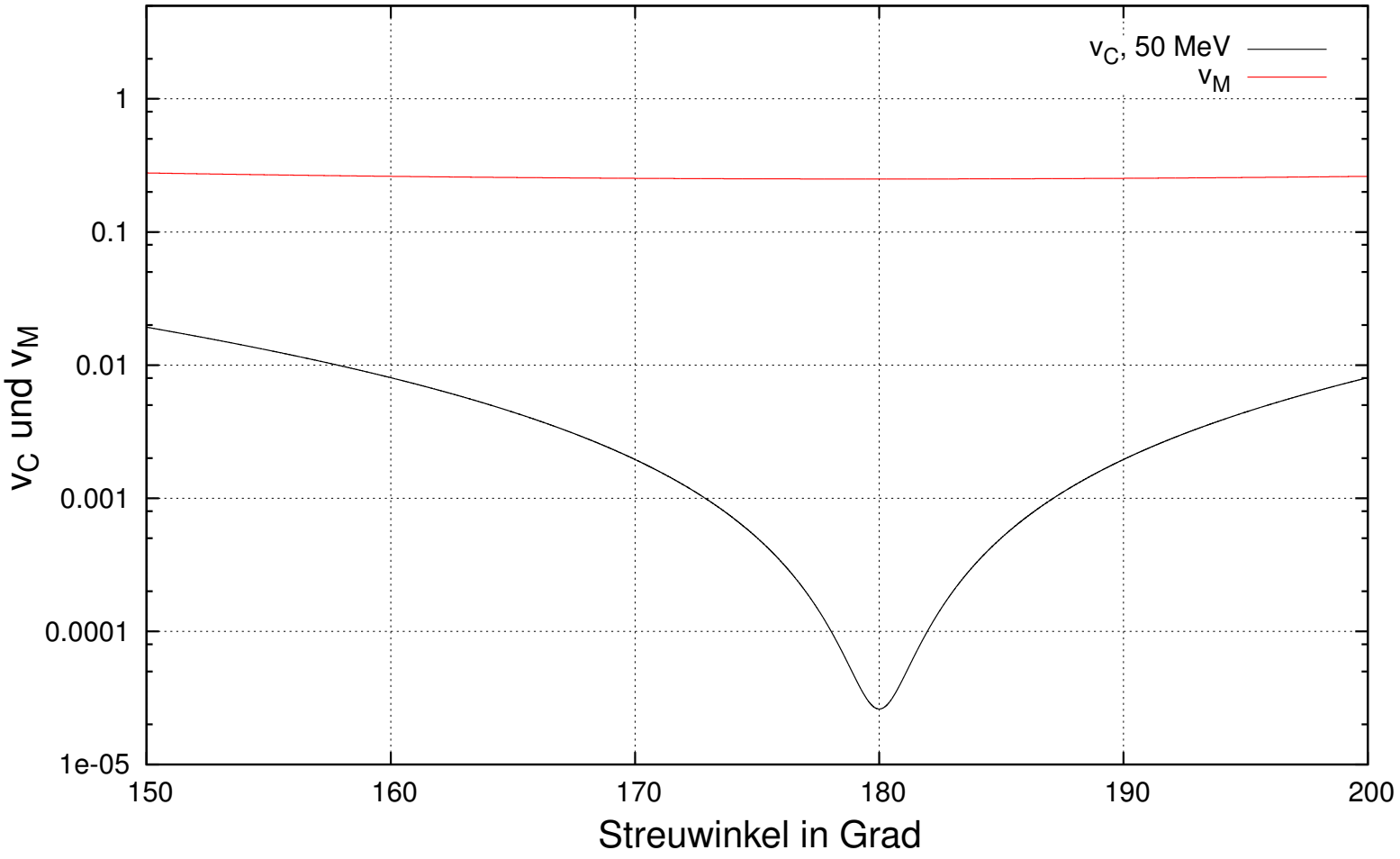
- magnetischer Anteil

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_M = \left(\frac{Ze^2}{M_p c^2}\right)^2 \frac{1}{\eta^2} \frac{1 + \sin^2(\theta/2)}{8\sin^4(\theta/2)} \frac{2(J+1)}{3J} \mu_N^2 |F_M|^2$$

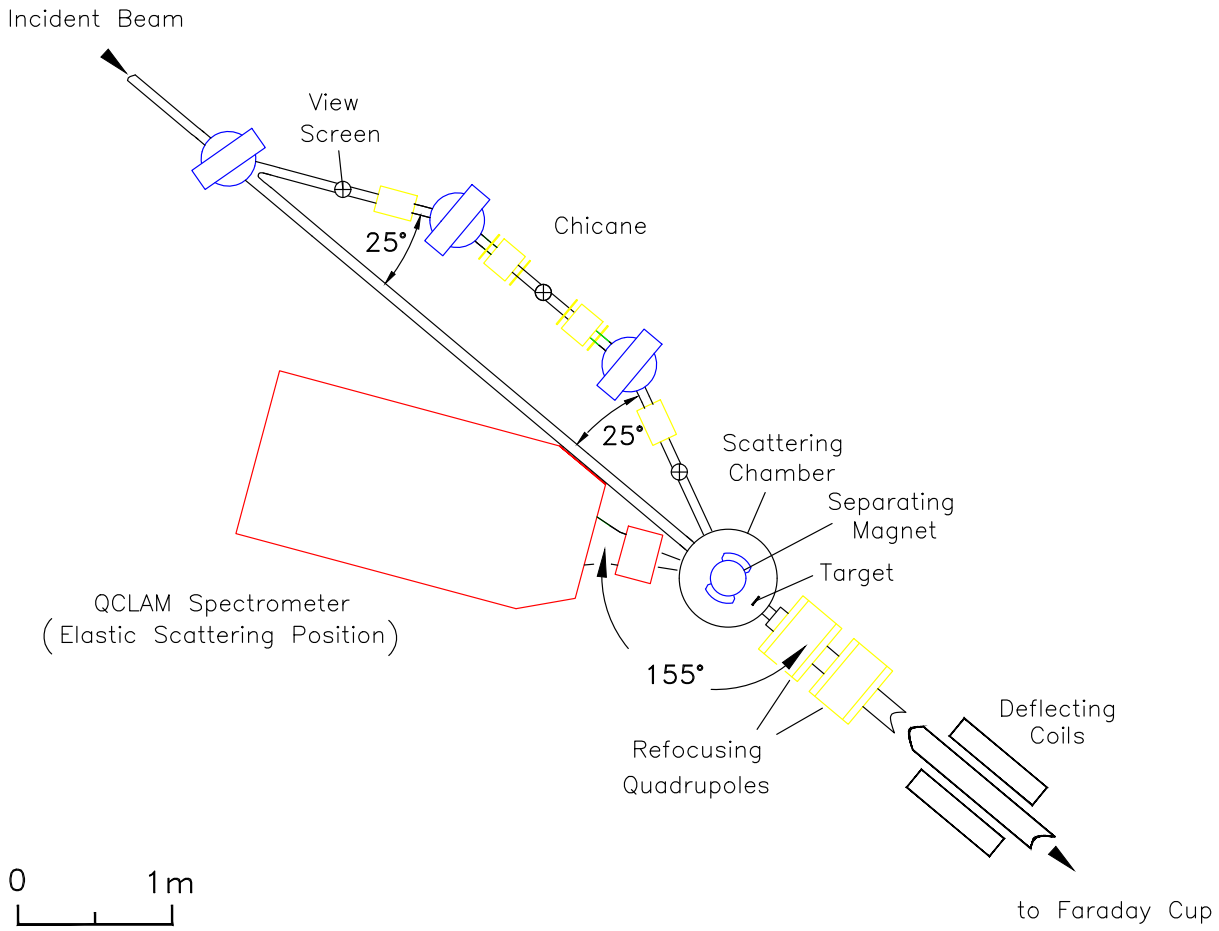
$$\eta = 1 + \frac{2E_0}{M_t c^2} \sin^2(\theta/2)$$

Elektronenstreuung

Winkelabhängigkeit

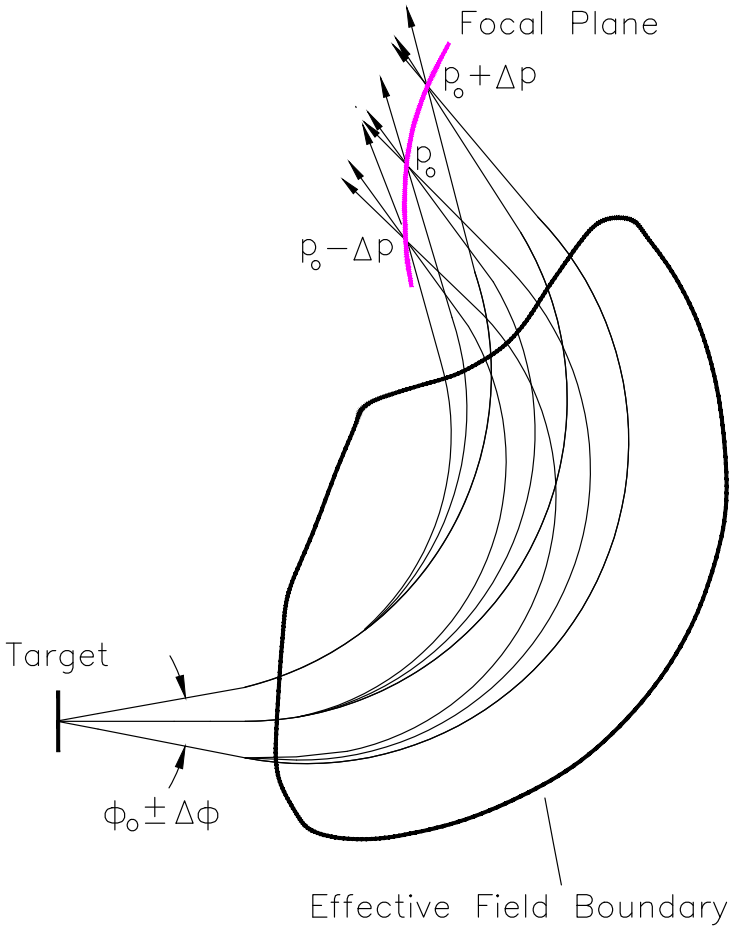


180° Streuexperiment



[G.C. Lüttge: Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt (1994)]

QClam-Spektrometer



[G.C. Lüttge: Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt (1994)]

Gliederung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

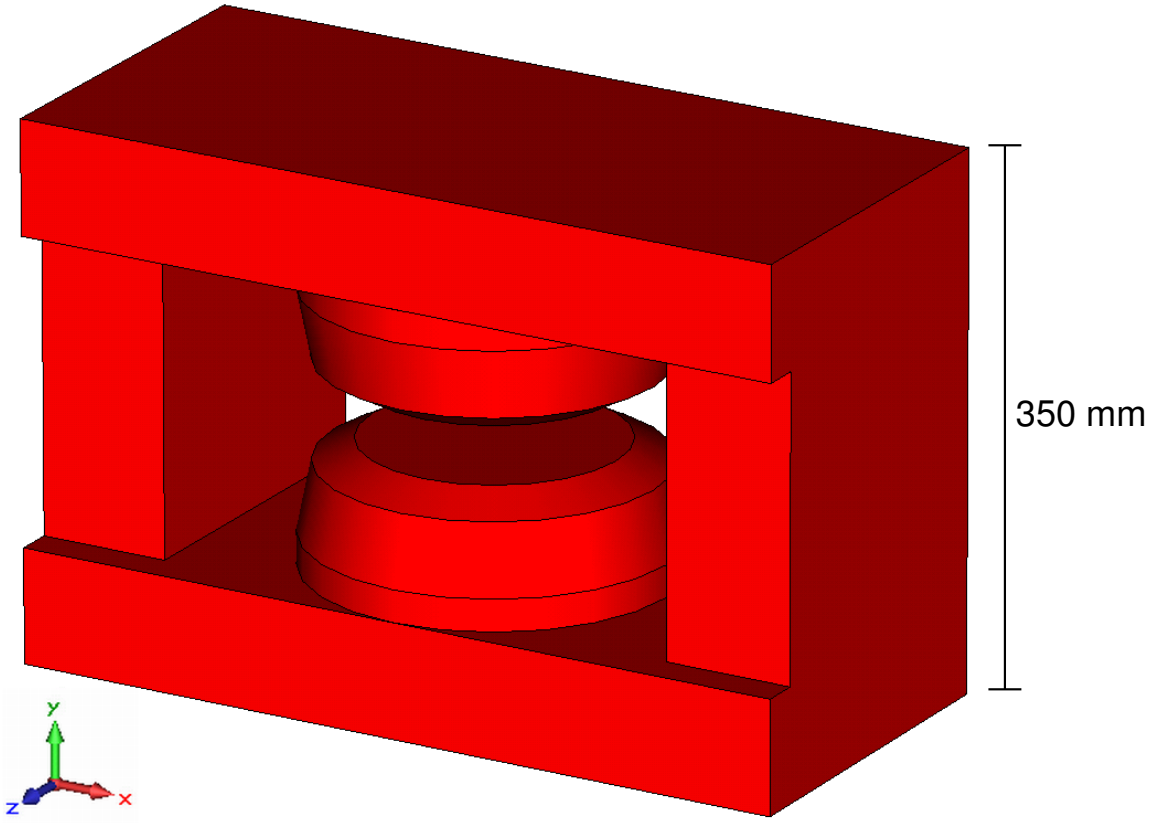
Grundlagen
- Elektronenstreuung
- 180° Streuexperiment
- QClam-Spektrometer

Geometrie und Simulation einzelner Komponenten
- Separationsmagnet
- Pentapol
- QClam-Dipol

Gesamtsimulation

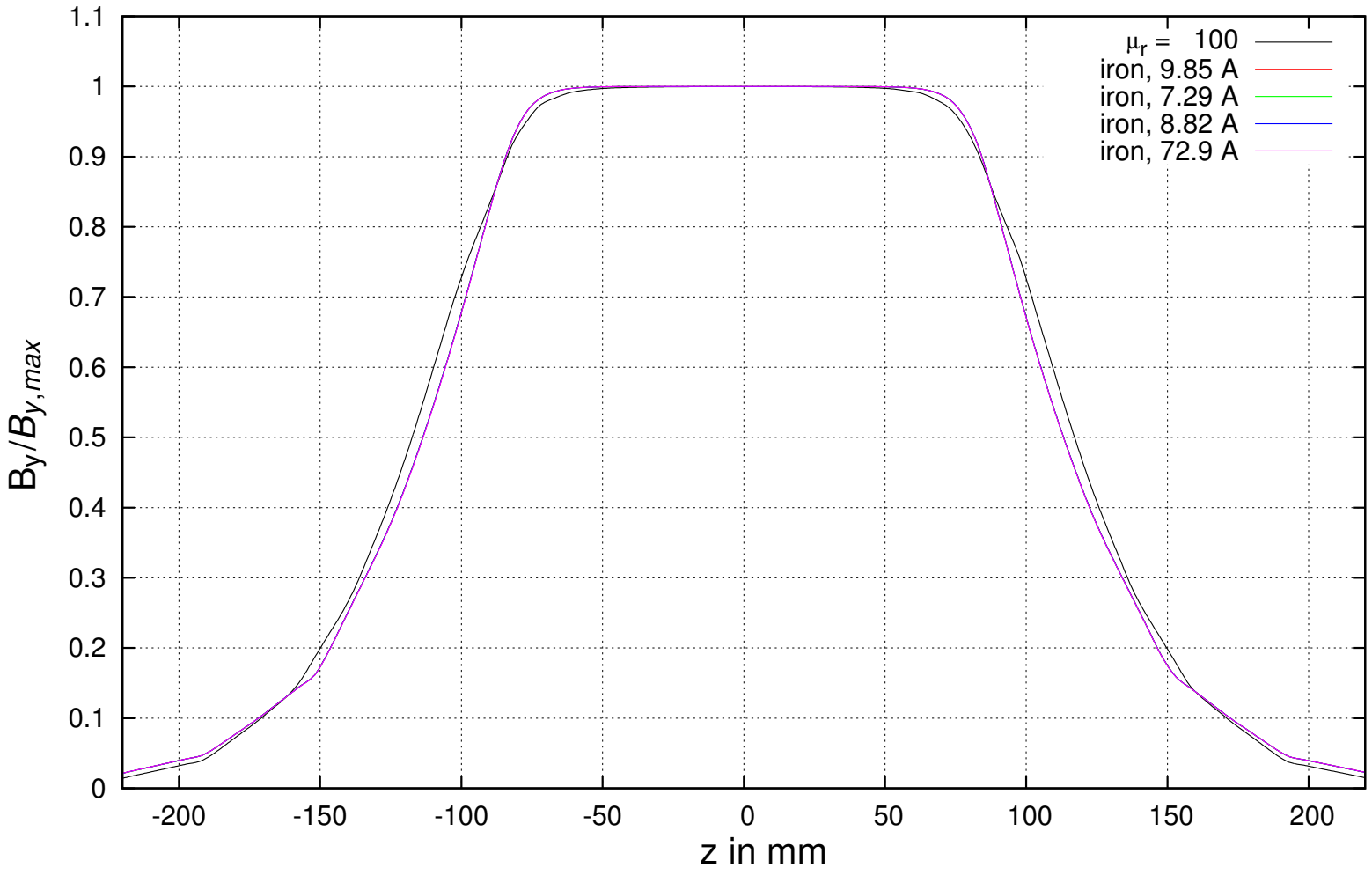
Separationsmagnet

Geometrie



Separationsmagnet

Lineare und nicht-lineare Simulation

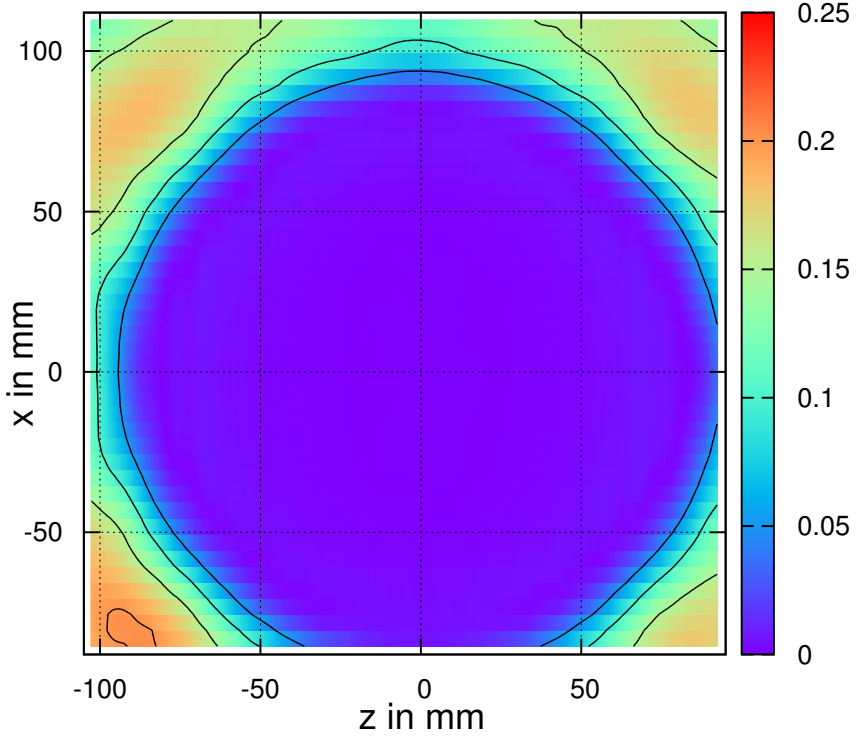


Separationsmagnet

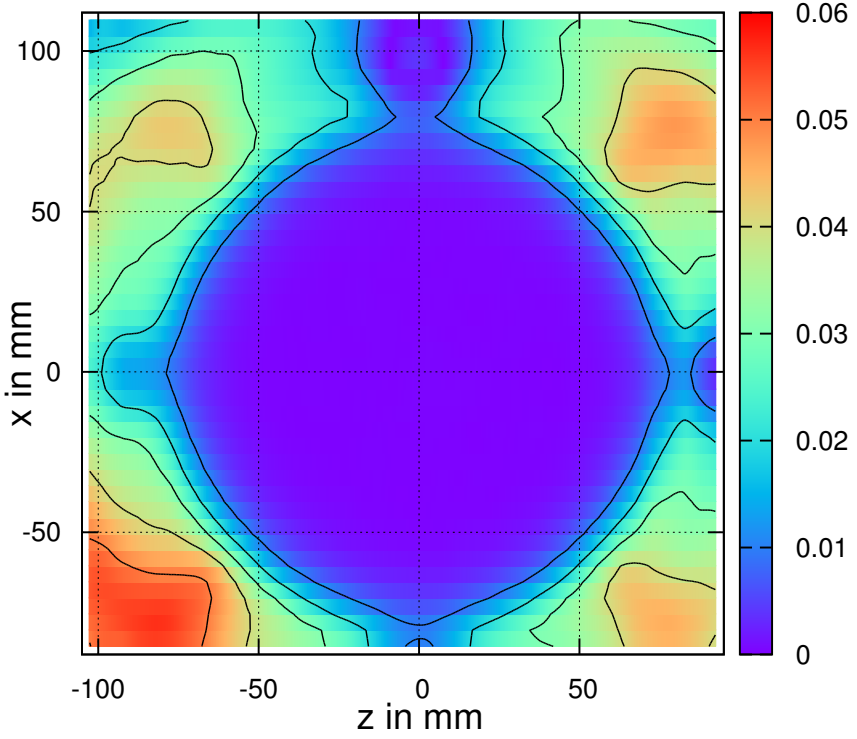
Vergleich mit Messung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

lineares Material $\left|\frac{B_{y,Sim} - B_{y,Mess}}{B_{y,Mess}}\right|$

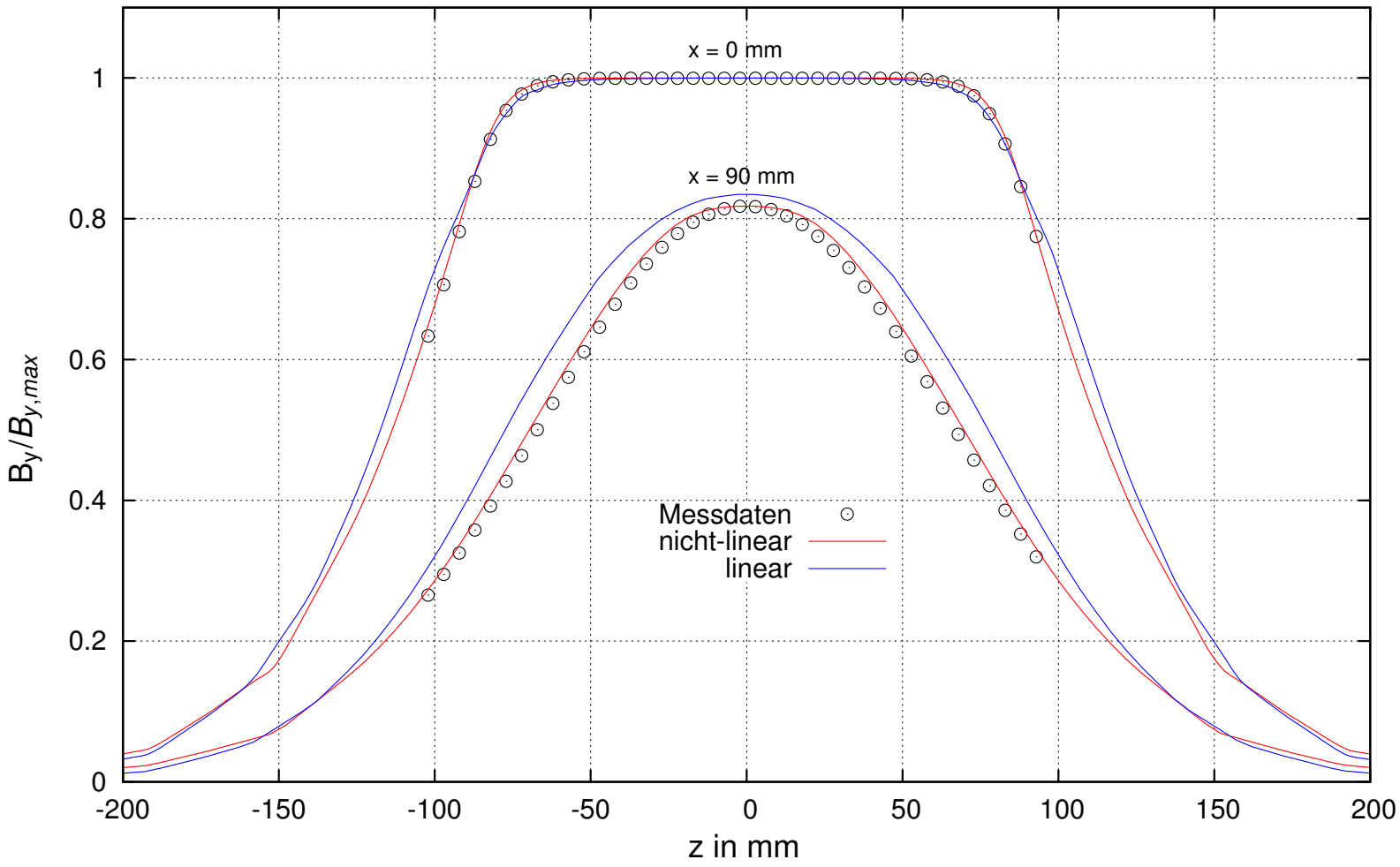


nicht-lineares Material $\left|\frac{B_{y,Sim} - B_{y,Mess}}{B_{y,Mess}}\right|$



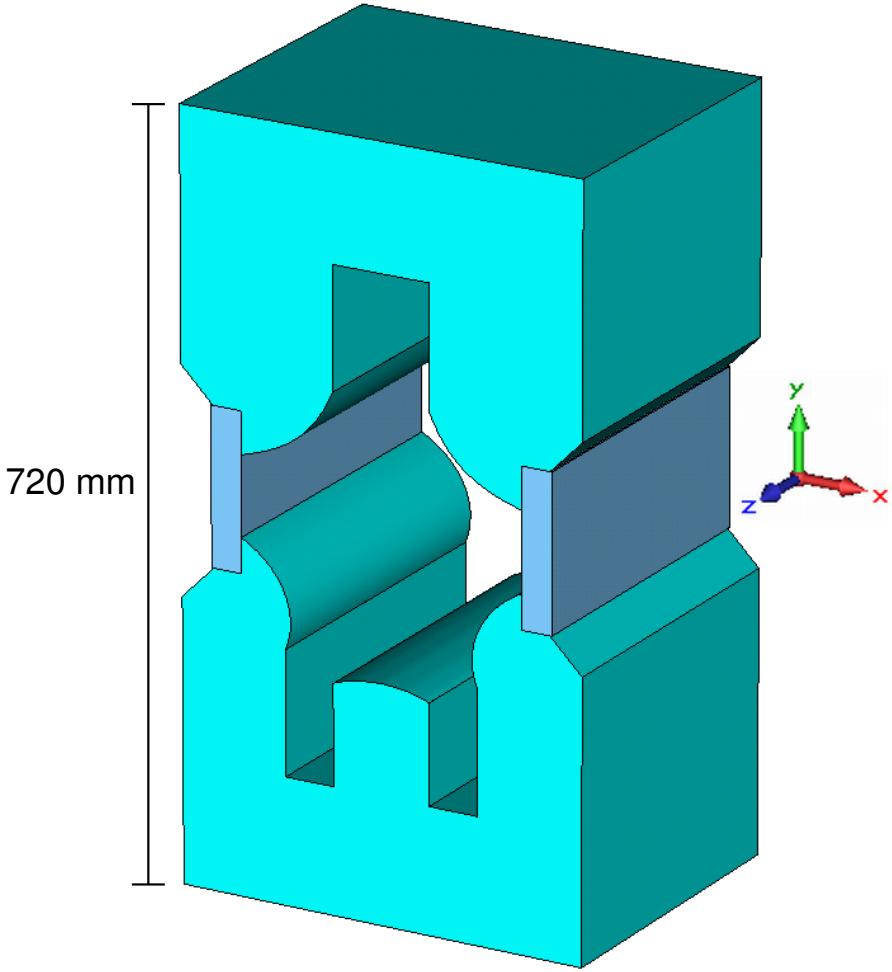
Separationsmagnet

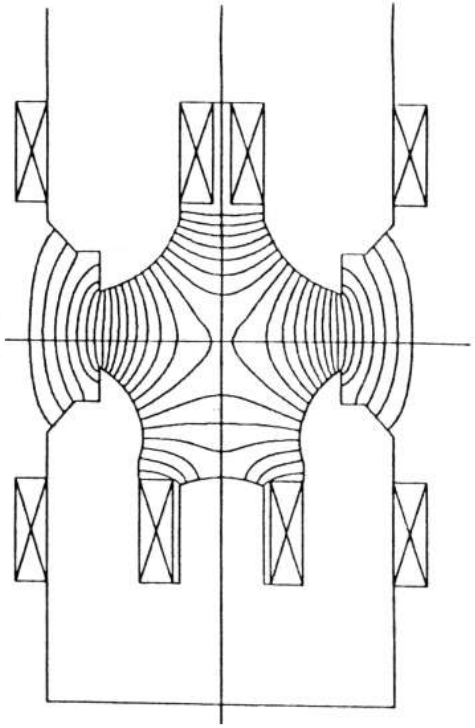
Vergleich mit Messung



Pentapol

Geometrie





[M. Knirsch: Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt (1991)]

Pentapol

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Polschuhform nicht verfügbar
  $\Rightarrow$ Näherung durch Kreisabschnitte

Pentapol

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Polschuhform nicht verfügbar
  $\Rightarrow$ Näherung durch Kreisabschnitte

- Simulation zeigte nicht die aus der Dokumentation erwartete Symmetrie
  $\Rightarrow$ konnte durch Wahl der Radien nicht wesentlich beeinflusst werden

Pentapol

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Polschuhform nicht verfügbar
  $\Rightarrow$ Näherung durch Kreisabschnitte
- Simulation zeigte nicht die aus der Dokumentation erwartete Symmetrie
  $\Rightarrow$ konnte durch Wahl der Radien nicht wesentlich beeinflusst werden
- Auch eigene Messwerte wichen ab

Pentapol

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Polschuhform nicht verfügbar
  $\Rightarrow$ Näherung durch Kreisabschnitte
- Simulation zeigte nicht die aus der Dokumentation erwartete Symmetrie
  $\Rightarrow$ konnte durch Wahl der Radien nicht wesentlich beeinflusst werden
- Auch eigene Messwerte wichen ab
- Simulation mit Herstellerdaten zeigte noch immer Asymmetrie

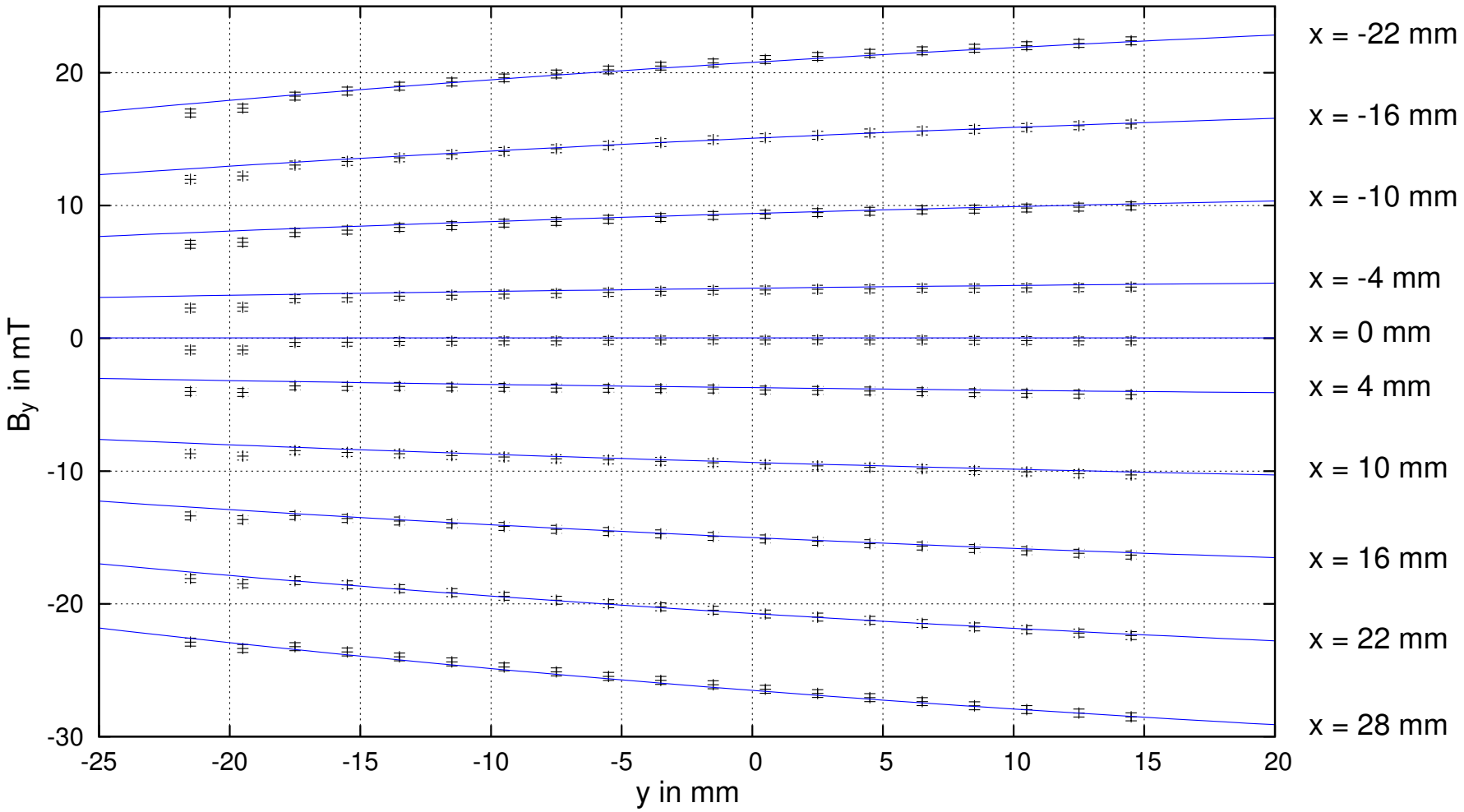
Pentapol

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Polschuhform nicht verfügbar
  $\Rightarrow$ Näherung durch Kreisabschnitte
- Simulation zeigte nicht die aus der Dokumentation erwartete Symmetrie
  $\Rightarrow$ konnte durch Wahl der Radien nicht wesentlich beeinflusst werden
- Auch eigene Messwerte wichen ab
- Simulation mit Herstellerdaten zeigte noch immer Asymmetrie
- Eigene Messdaten wiesen einen Offset von 7 mT auf
  $\Rightarrow$ gute Übereinstimmung mit Simulation
  $\Rightarrow$ Dokumentation enthält tatsächlich die horizontale Komponente

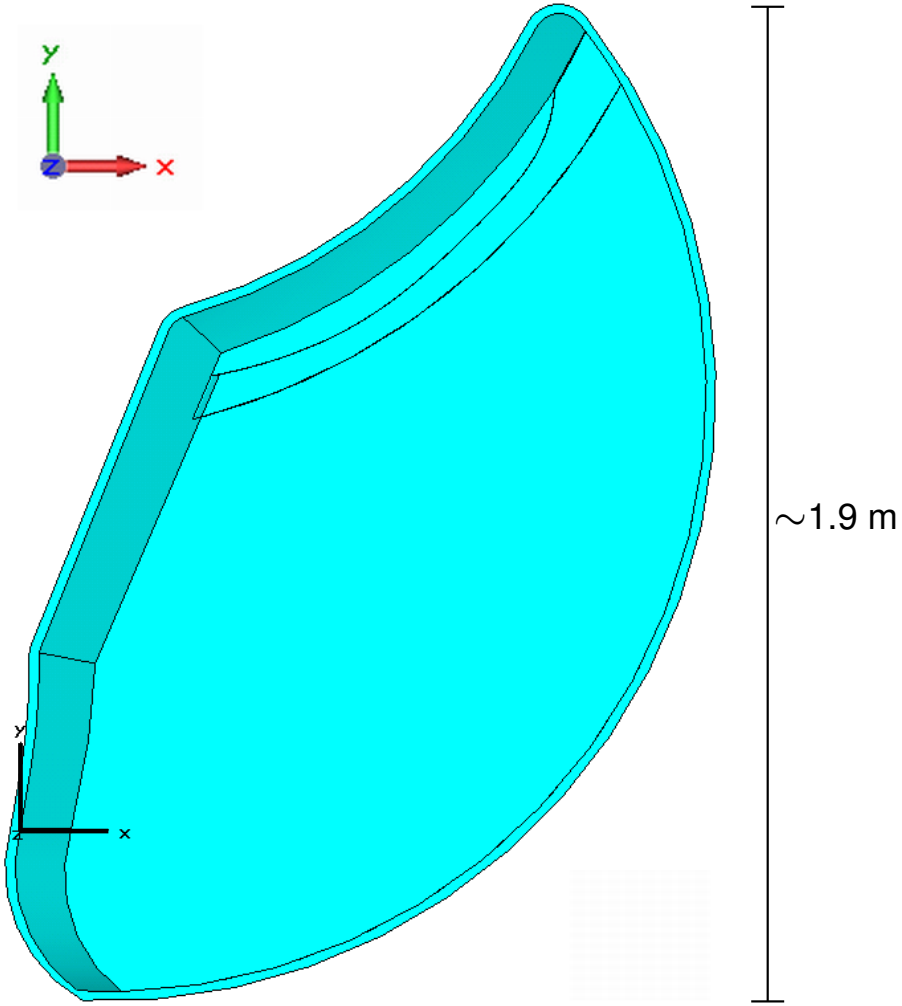
Pentapol

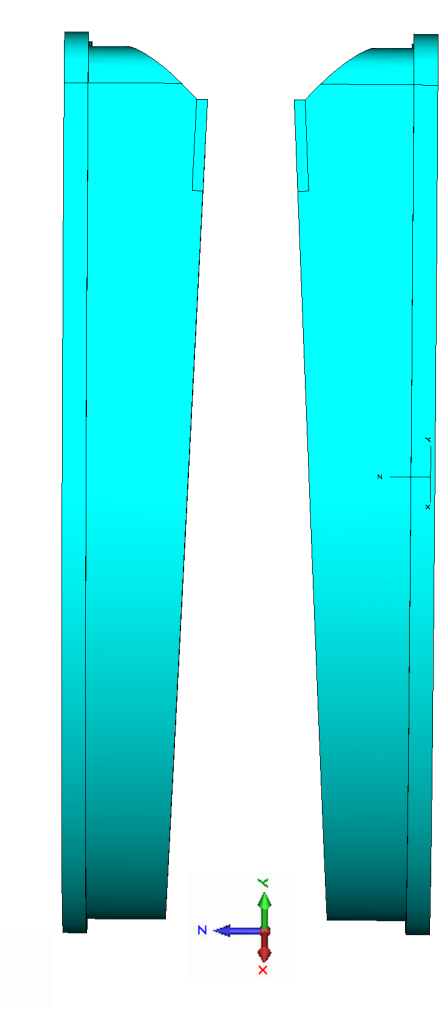
Vergleich mit Messung



QClam-Dipol

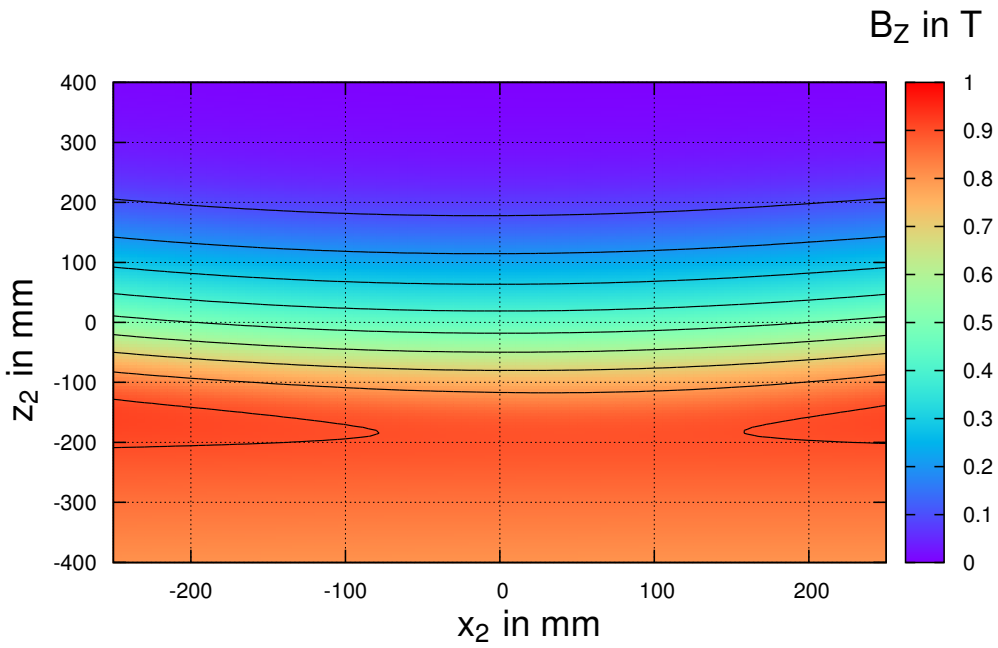
Geometrie

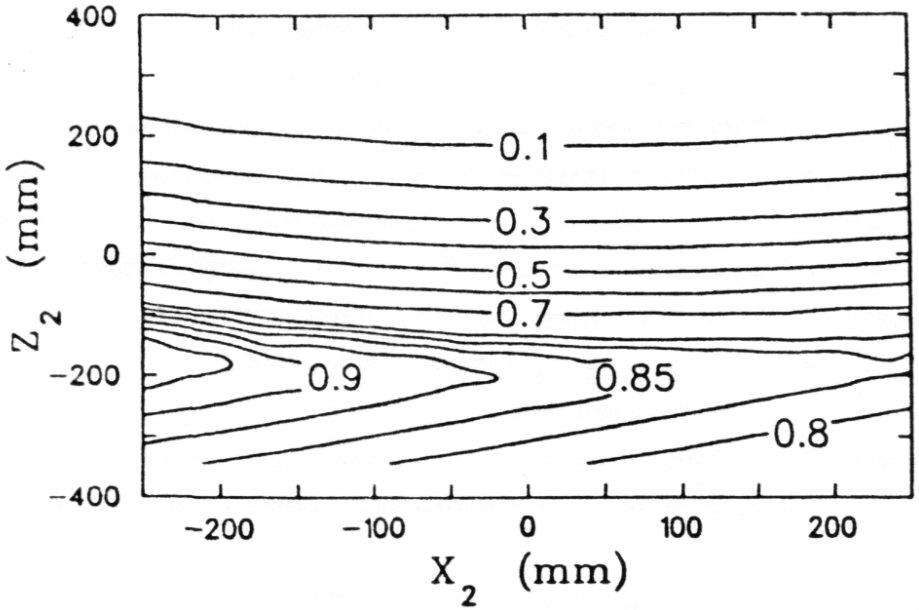




QClam-Dipol

Vergleich mit Messung – Strahlaustritt

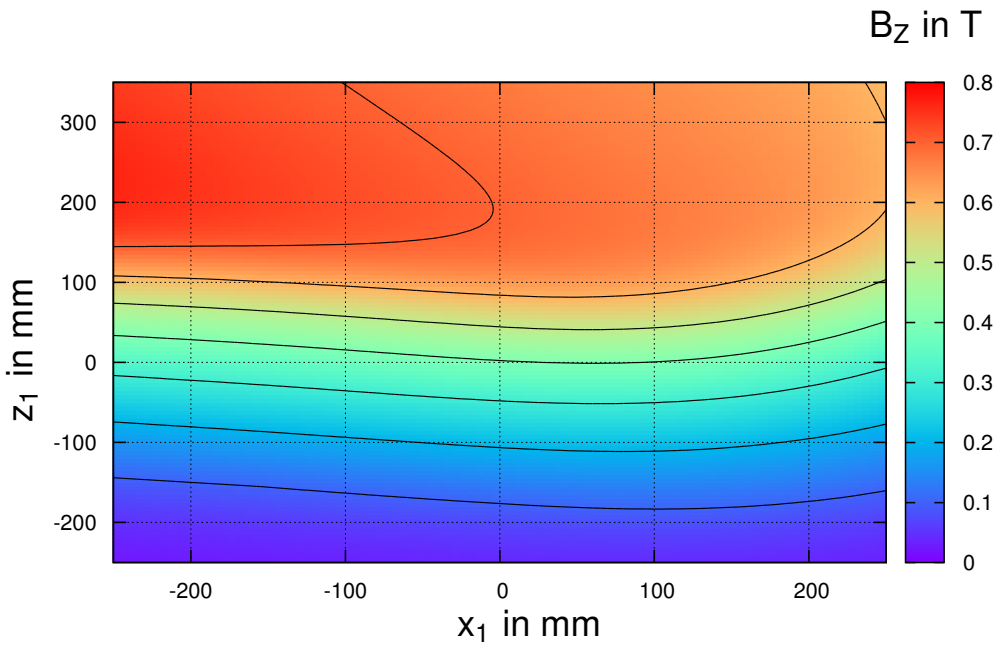


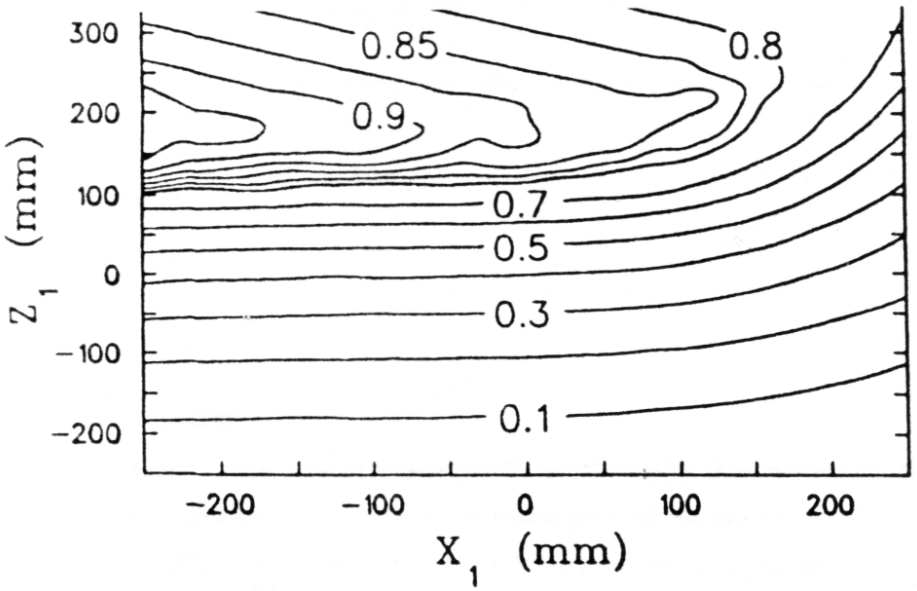


[M. Knirsch: Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt (1991)]

QClam-Dipol

Vergleich mit Messung – Strahleintritt





[M. Knirsch: Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt (1991)]

Gliederung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

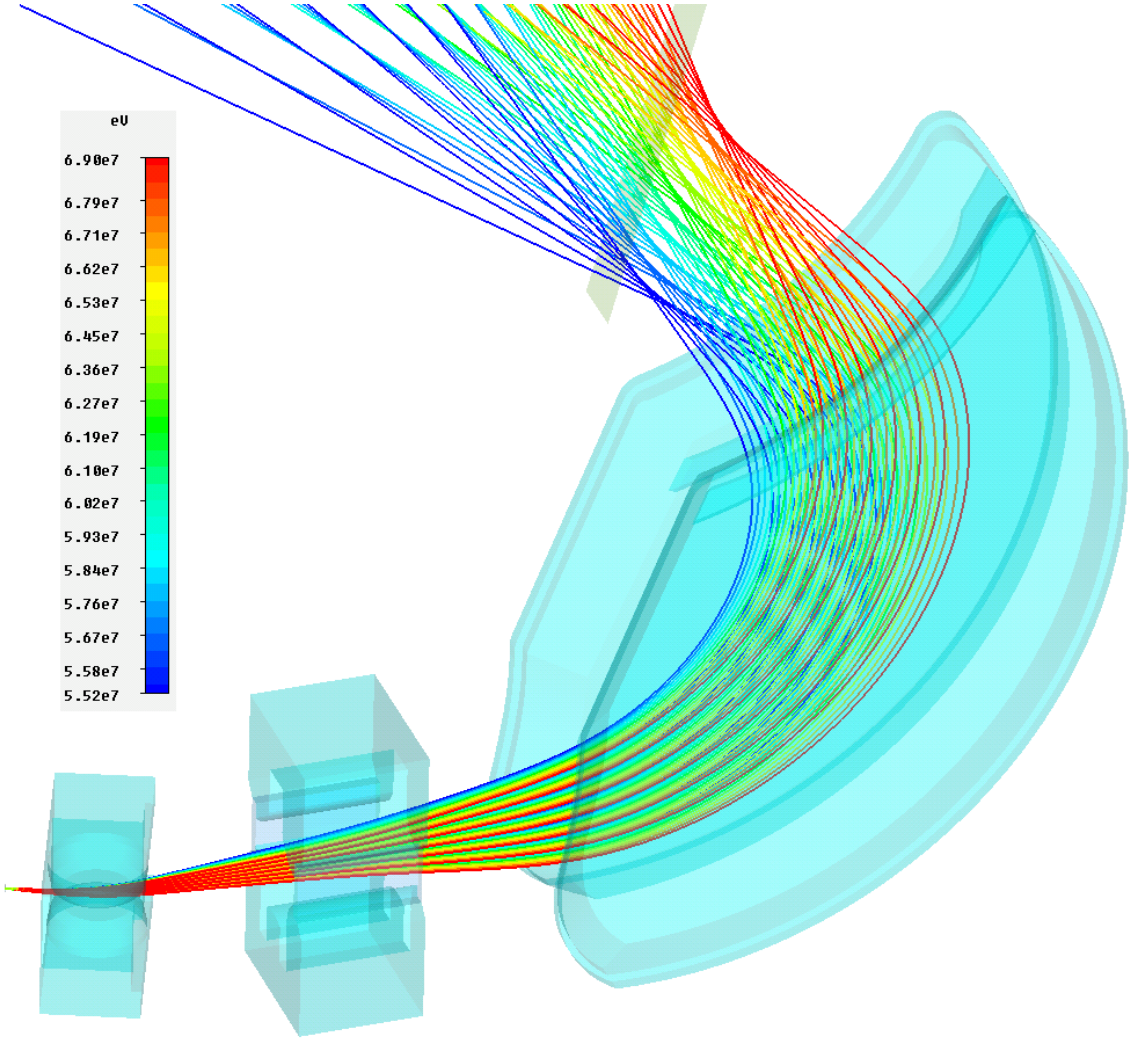
Grundlagen
- Elektronenstreuung
- 180° Streuexperiment
- QClam-Spektrometer

Geometrie und Simulation einzelner Komponenten
- Separationsmagnet
- Pentapol
- QClam-Dipol

Gesamtsimulation

Gesamtsimulation

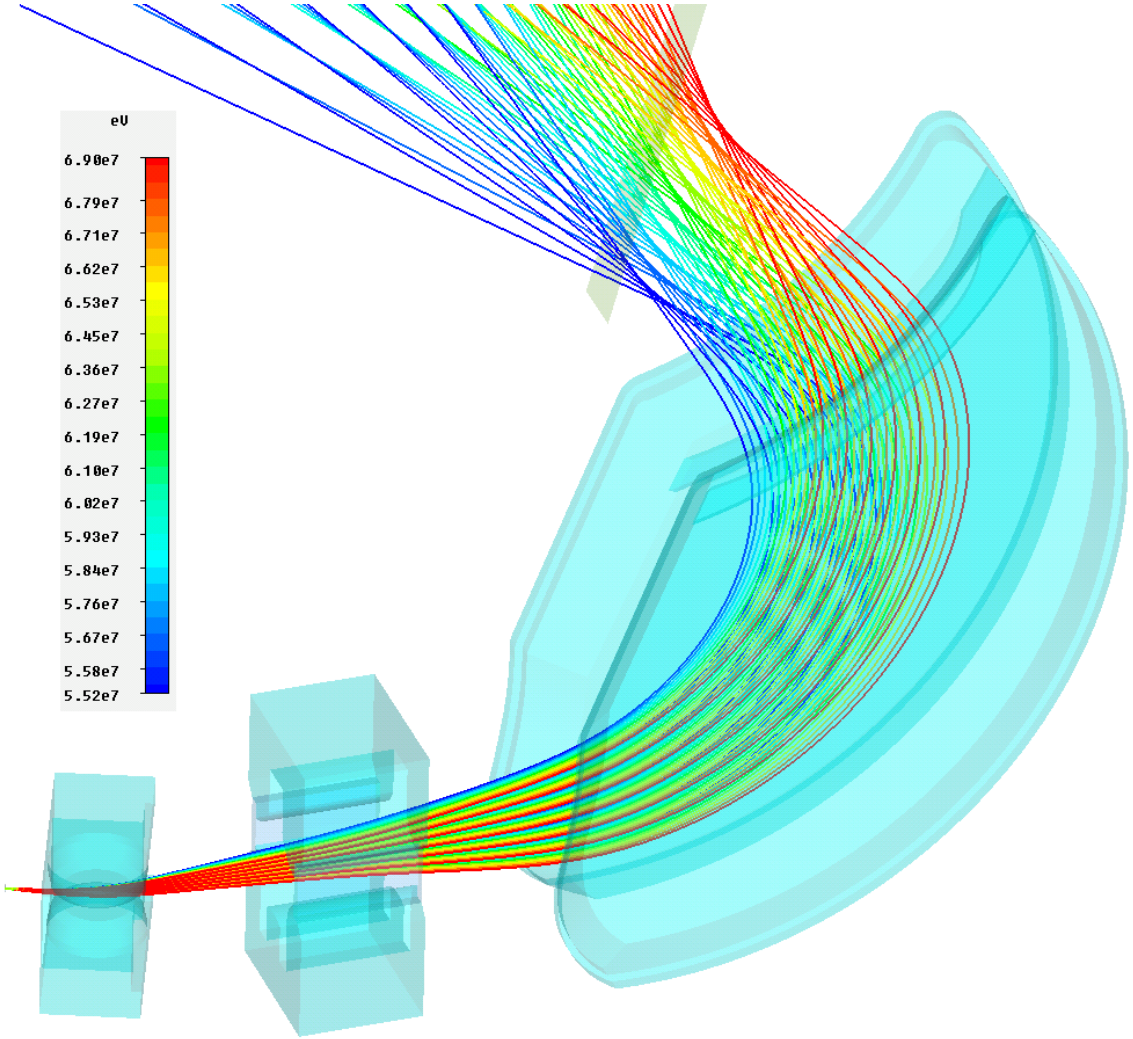
Vertikale Streuebene des 180° Systems

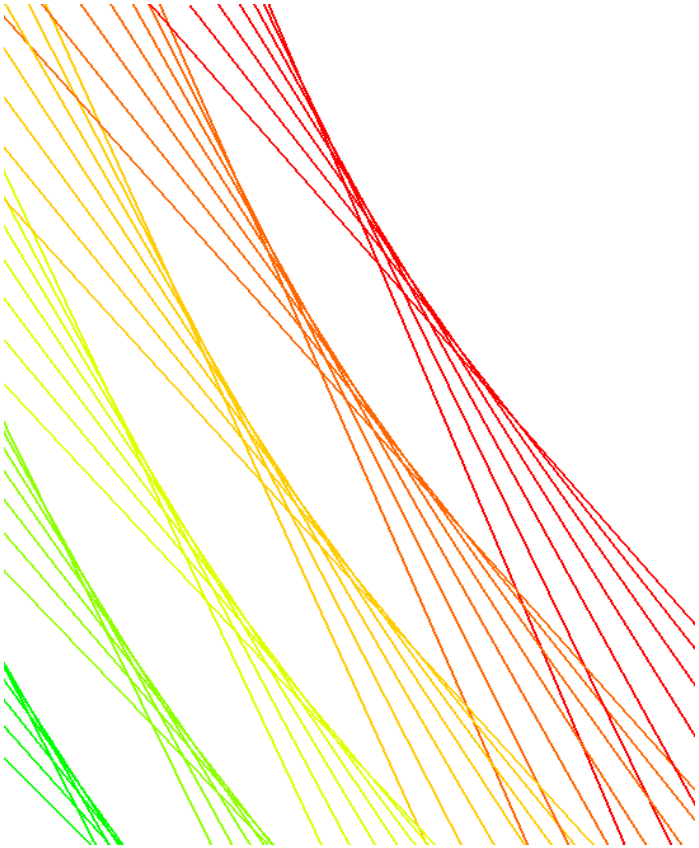


Gesamtsimulation

Vertikale Streuebene des 180° Systems

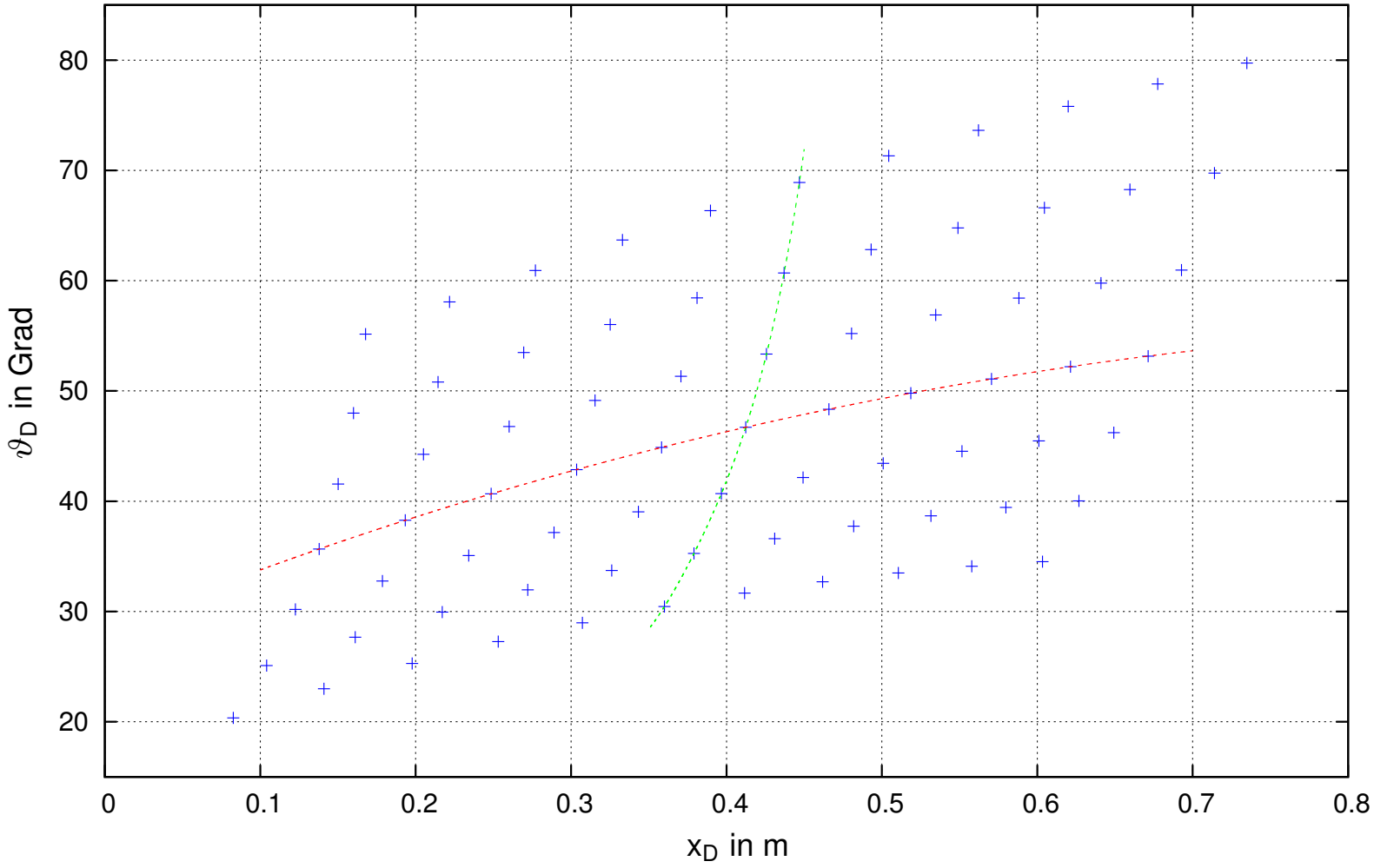
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT





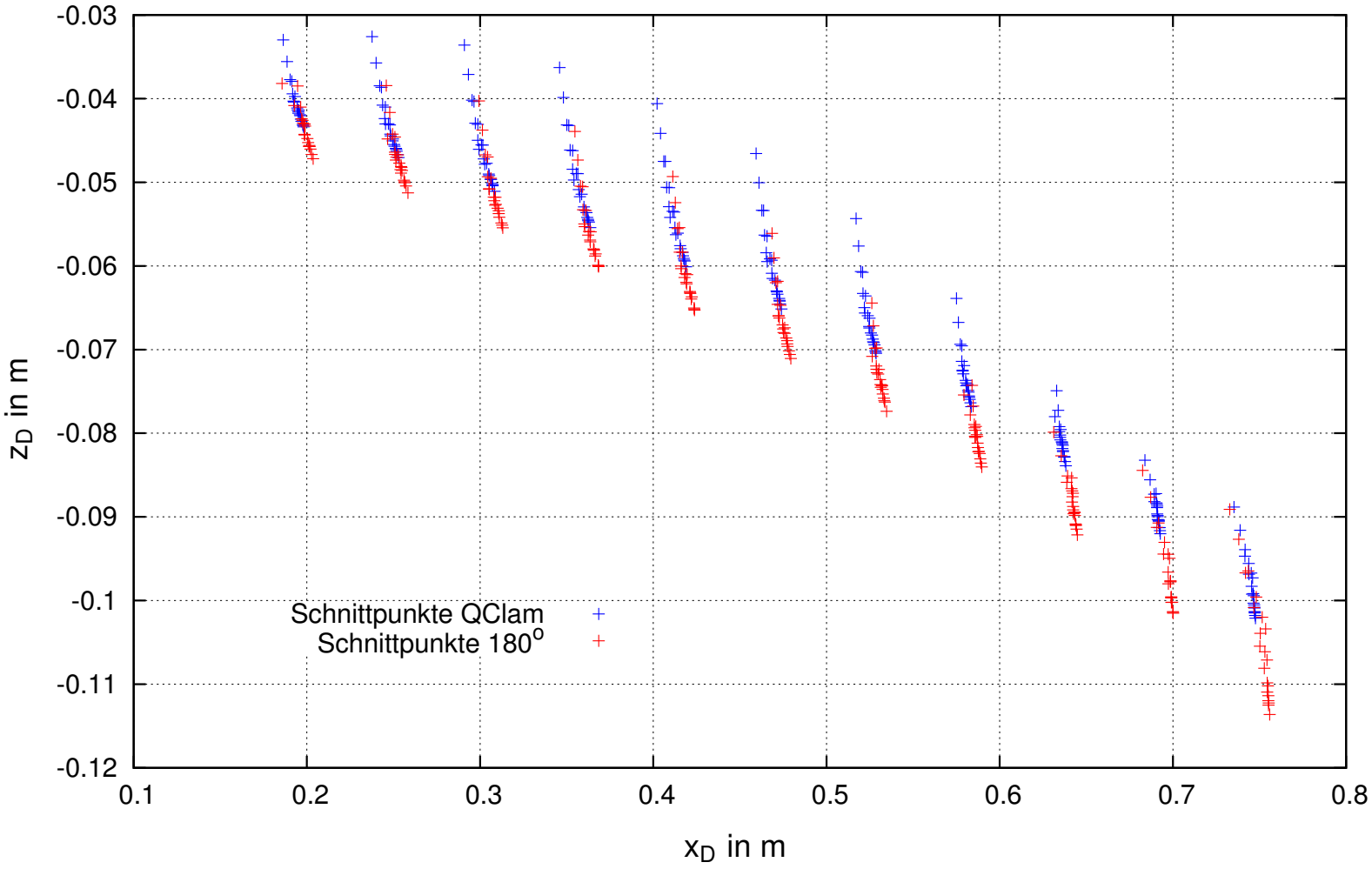
Gesamtsimulation

Vertikale Streuebene des 180° Systems



Gesamtsimulation

Abstand der Fokalebenen von der Detektorebene



Zusammenfassung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

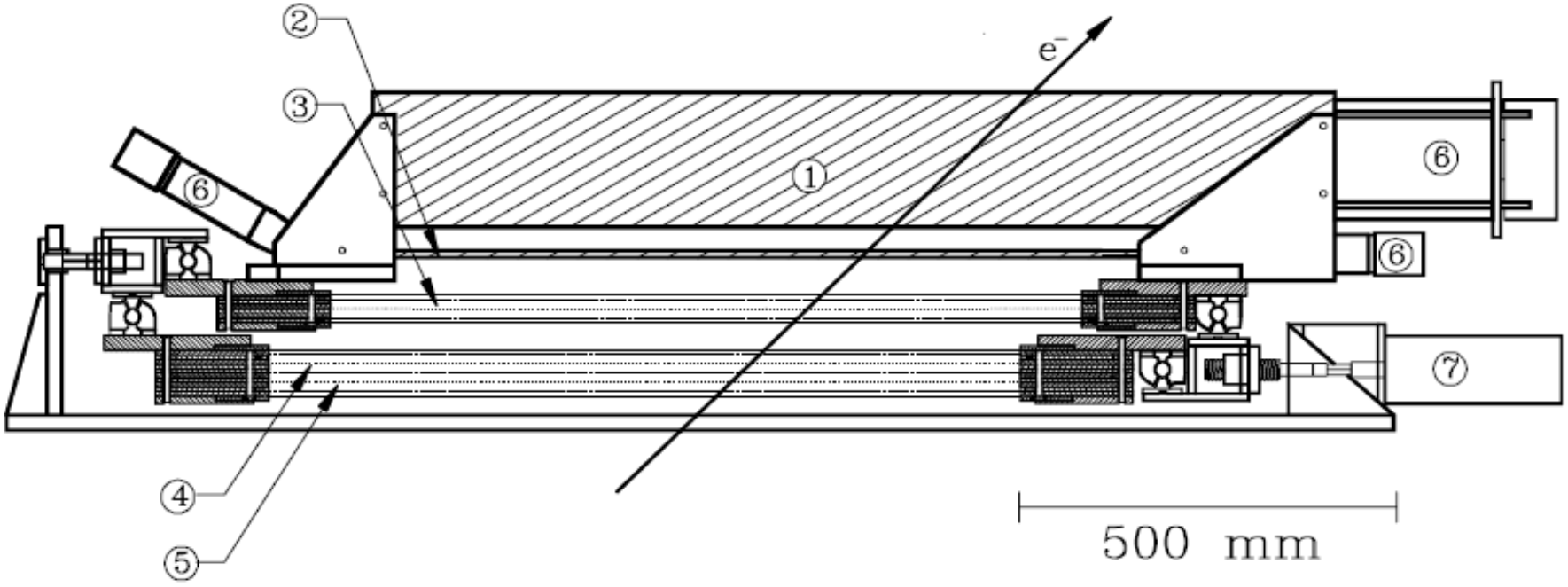
- Nur Separationsmagnet konnte nicht-linear simuliert werden
- Separationsmagnet und Pentapol zeigen gute Übereinstimmung mit Messung
- QClam-Dipol zeigt deutliche Abweichungen am Strahleintritt
- Gesamtsimulation zeigt keinen eindeutigen Fokus
  $\Rightarrow$ Fokalebenen konnten nicht abschließend bestimmt werden
- Mögliche Ursachen
  - lineare Simulation nicht ausreichend
  - Fehler in Geometrie des QClam-Dipols
  - QClam-Dipol nicht korrekt zur Strahlachse ausgerichtet

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

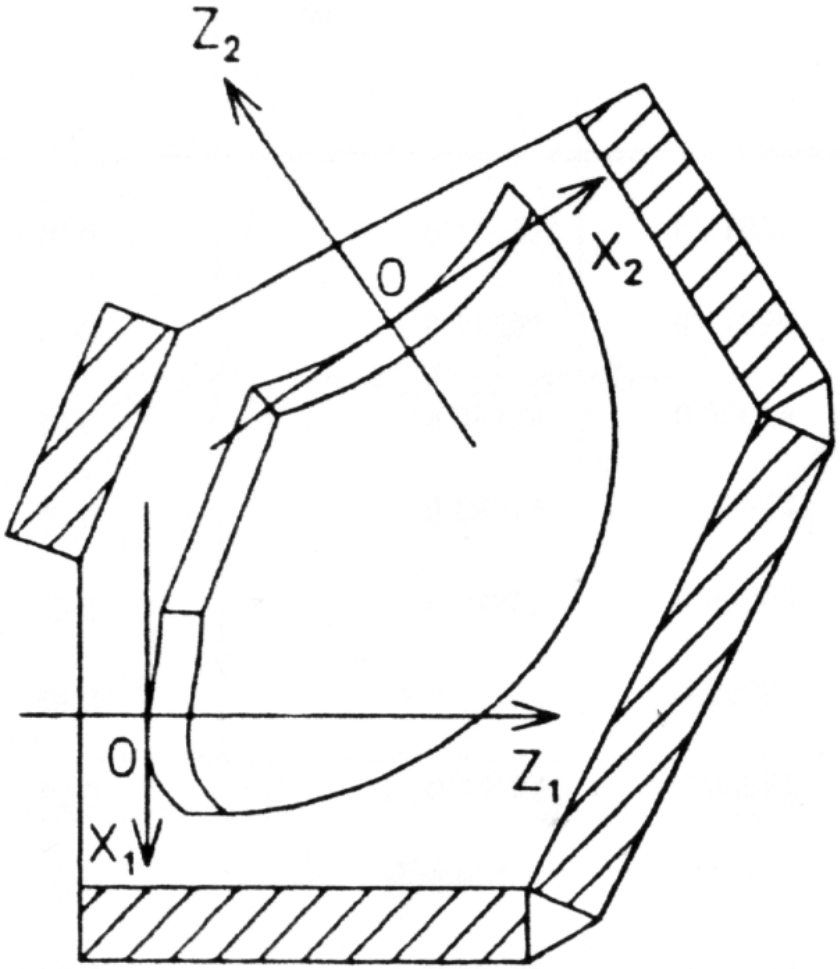
QClam

Detektorsystem



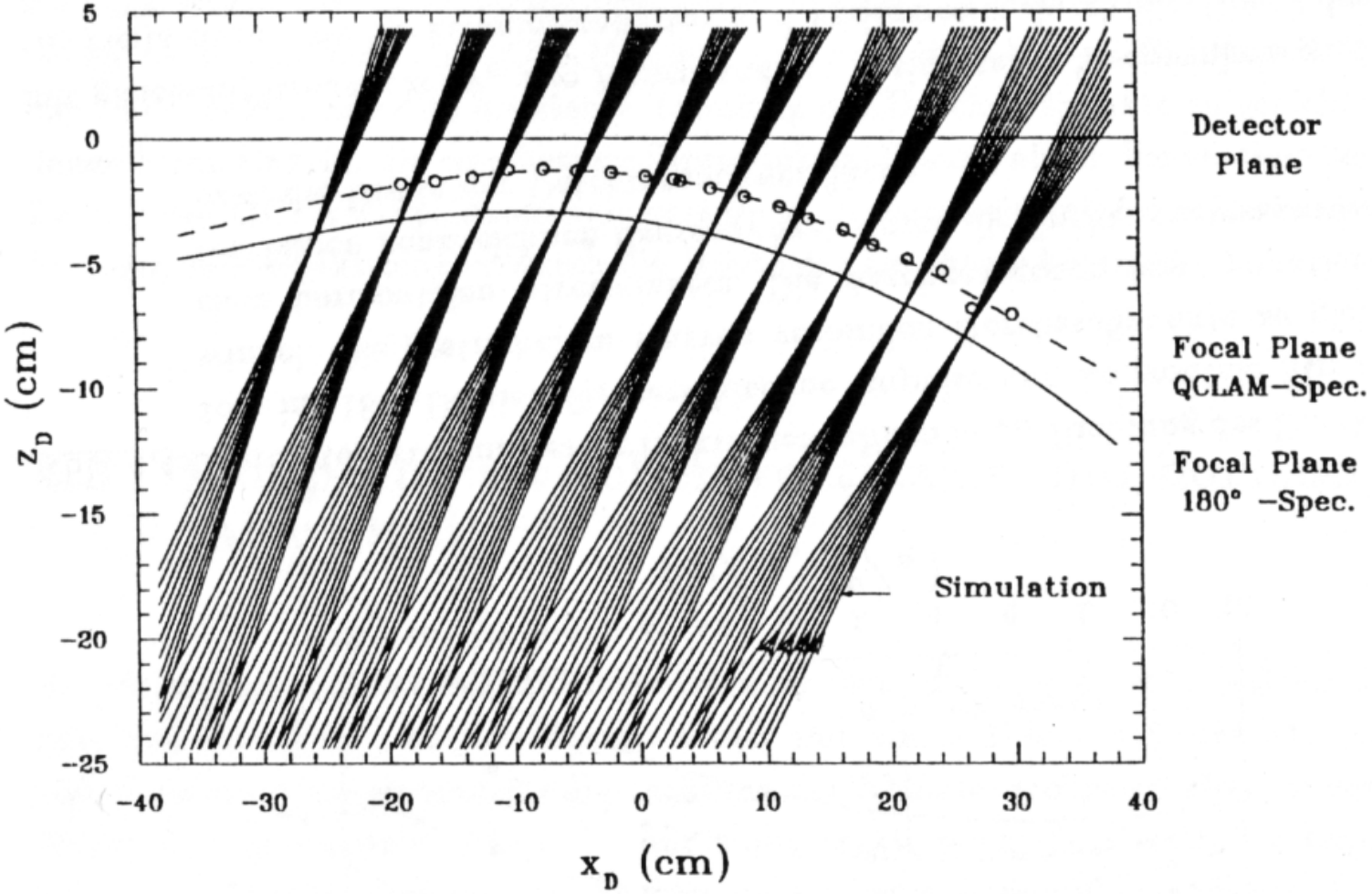
QClam

Koordinatensysteme der Konturplots



Gesamtsimulation

Abstand der Fokalebenen von der Detektorebene



[G.C. Lüttge: Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt (1994)]

Pentapol

Polschuhradien

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Pol	R_{Fit}	$R_{techn.Zeichn.}$	$R_{gemessen}$	$R_{Hersteller}$
oben links	123,5 mm	113 mm	117,8 mm	126,0 mm
oben rechts	127,2 mm			
unten links	93,3 mm	86 mm	85,3 mm	77,2 mm
unten rechts	93,8 mm			
mitte	130,2 mm	130 mm	136,7 mm	140,5 mm

Pentapol

Felddaten für verschiedene Polformen

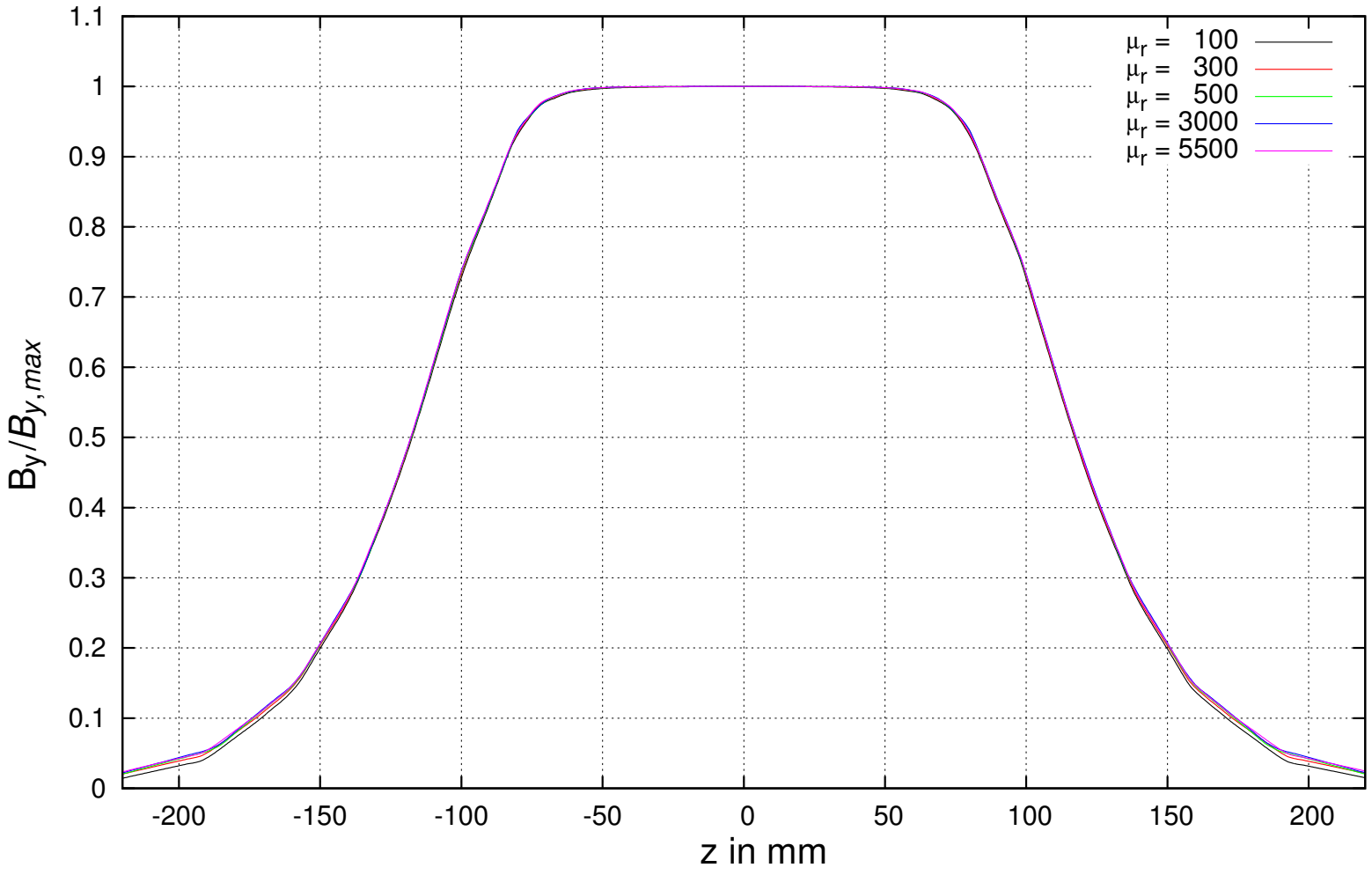
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Radien in mm

		oben	113	125	100	150	polynom
		unten	86	93,5	70	70	
		mitte	130	130	135	135	
X in mm	**Y** in mm	$B_{y,mess}$ in T	$B_{y,sim}$ in T				$B_{x,sim}$ in T
40	40	0,11995	0,12694	0,12426	0,13423	0,12533	0,11600
40	-40	0,11525	0,07333	0,07169	0,07743	0,07409	0,10917
30	30	0,08627	0,09179	0,08982	0,09720	0,09105	0,08693
30	-30	0,08493	0,06177	0,06036	0,06544	0,06237	0,07777
20	20	0,05559	0,05870	0,05742	0,06220	0,05840	0,05894
20	-20	0,05552	0,04537	0,04433	0,04812	0,04567	0,04891
10	10	0,02760	0,02797	0,02735	0,02963	0,02786	0,03180
10	-10	0,02759	0,02464	0,02408	0,02612	0,02468	0,02155
-10	10	0,02741	0,02783	0,02721	0,02963	0,02796	0,03180
-10	-10	0,02759	0,02450	0,02394	0,02611	0,02478	0,02156
-20	20	0,05510	0,05856	0,05728	0,06220	0,05851	0,05895
-20	-20	0,05527	0,04524	0,04420	0,04811	0,04577	0,04892
-30	30	0,08519	0,09165	0,08968	0,09720	0,09115	0,08694
-30	-30	0,08435	0,06164	0,06023	0,06544	0,06246	0,07779
-40	40	0,11804	0,12671	0,12401	0,13424	0,12541	0,11602
-40	-40	0,11425	0,07320	0,07157	0,07743	0,07418	0,10921

Separationsmagnet

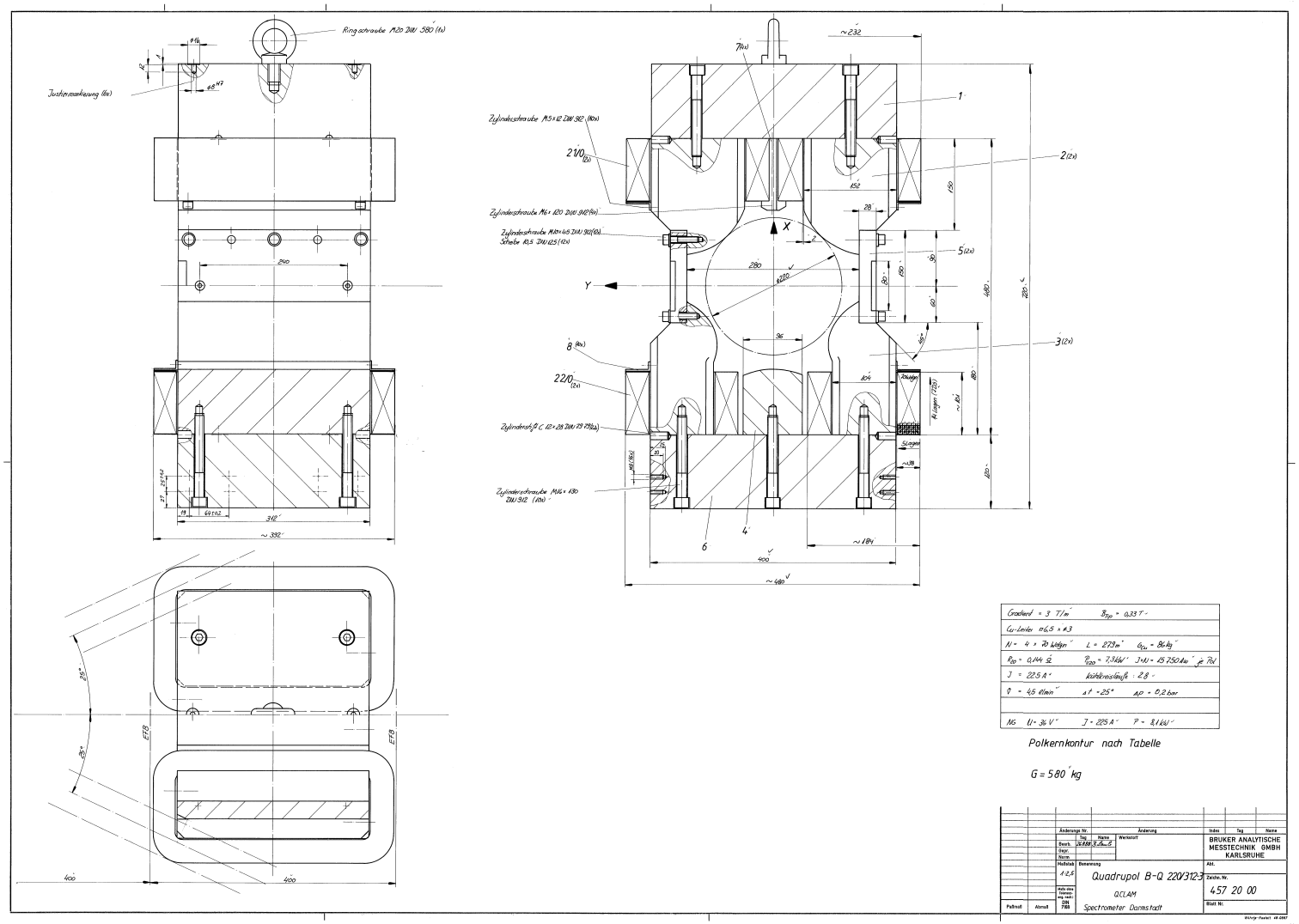
Lineares Material

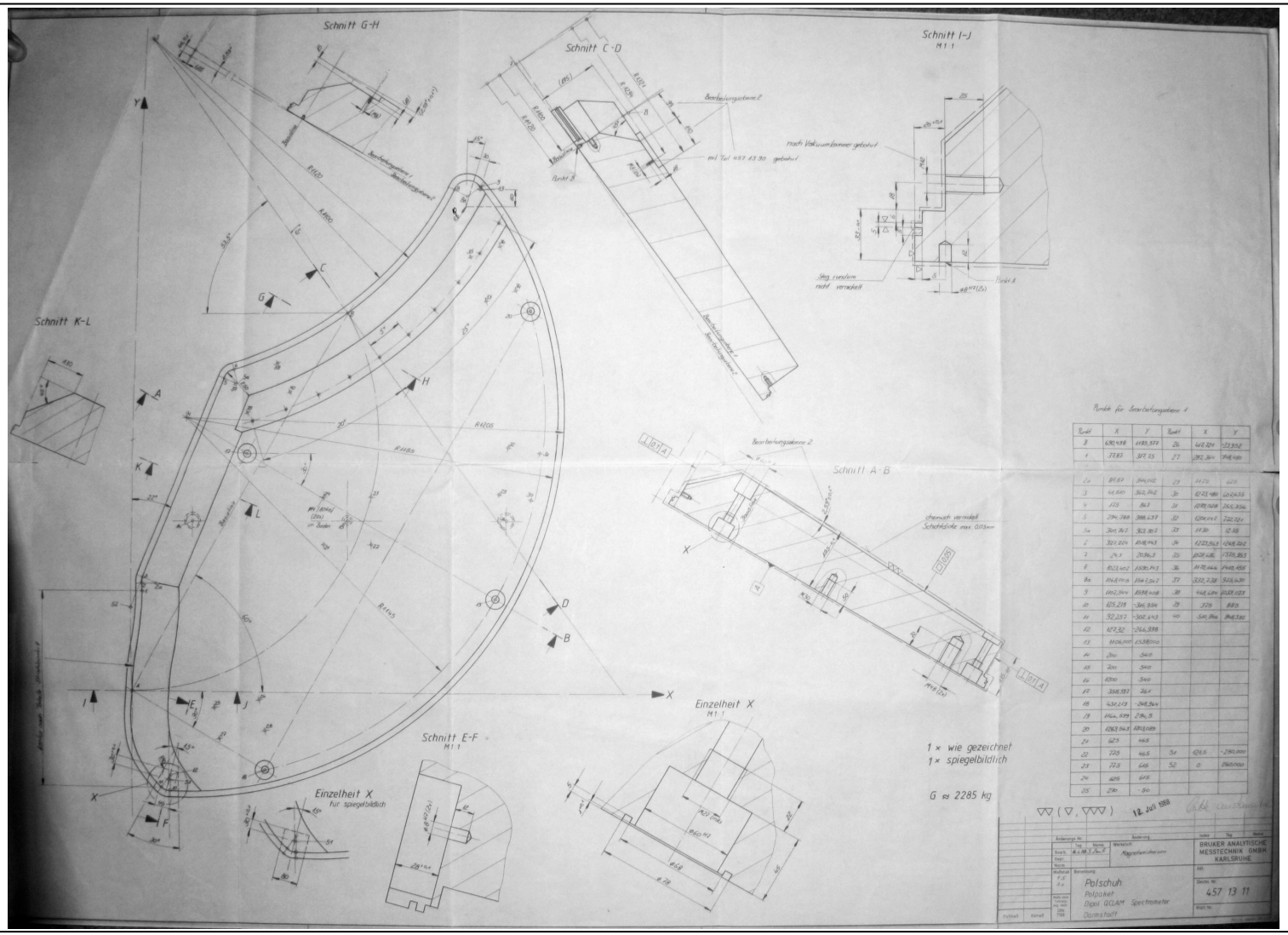


Pentapol

Technische Zeichnung

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



QClam-Dipol

Technische Zeichnung des Polschuhs