

Die Präparation eines polarisierten Elektronenstrahls an ELSA

Wolfgang Hillert

Physikalisches Institut, Universität Bonn

ELEKTRON-STRETCHER-ANLAGE



Inhalt:

- **Strahlerzeugung**
- **Depolarisierende Resonanzen**
- **Quelle polarisierter Elektronen**
- **Korrektur der Resonanzen**
- **Polarimetrie**
- **Ergebnisse**

Notwendige Maßnahmen

Strahlerzeugung:

- Neubau einer **Quelle** polarisierter Elektronen
- Aufbau einer **Vakuumschleuse**
- Neubau einer **Strahlführung** zum LINAC II
- Optimierung des **LINAC II** mit pol. Elektronen

Imperfektionsresonanzen:

- Neue Ausleseelektronik der **Lagemonitore**
- Dynamische Korrektur der **Gleichgewichtsbahn**
- Korrektur der Resonanz treibenden **Harmonische**

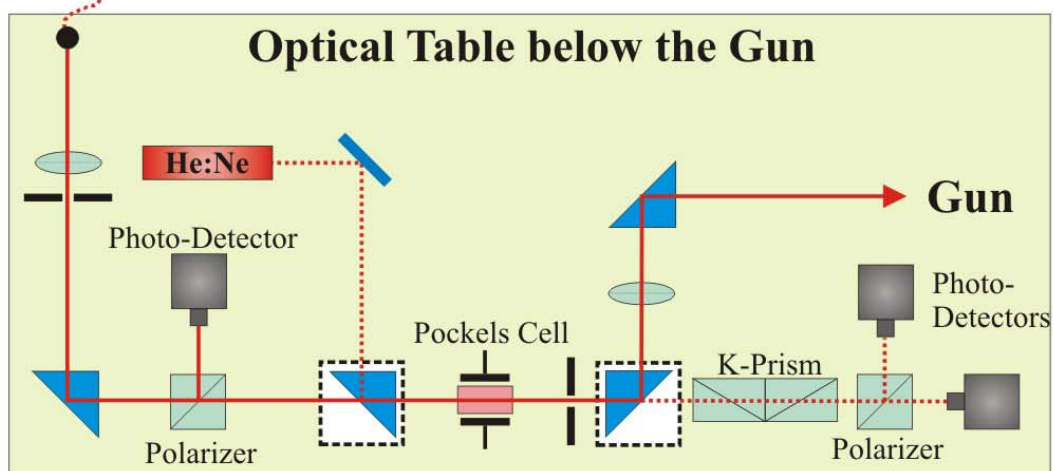
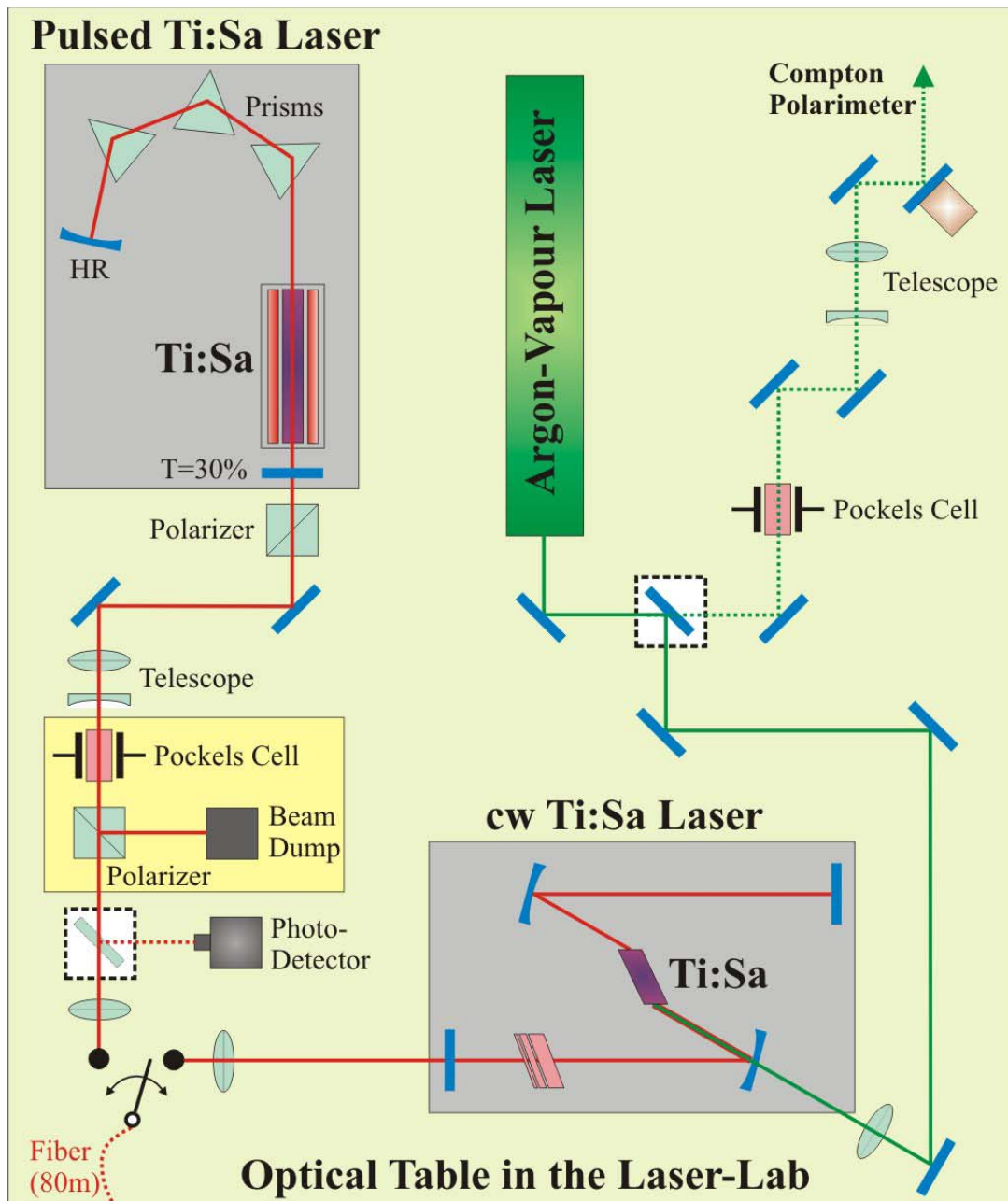
Intrinsische Resonanzen:

- Aufbau zweier **Sprungquadrupol-Systeme**

Polarimetrie:

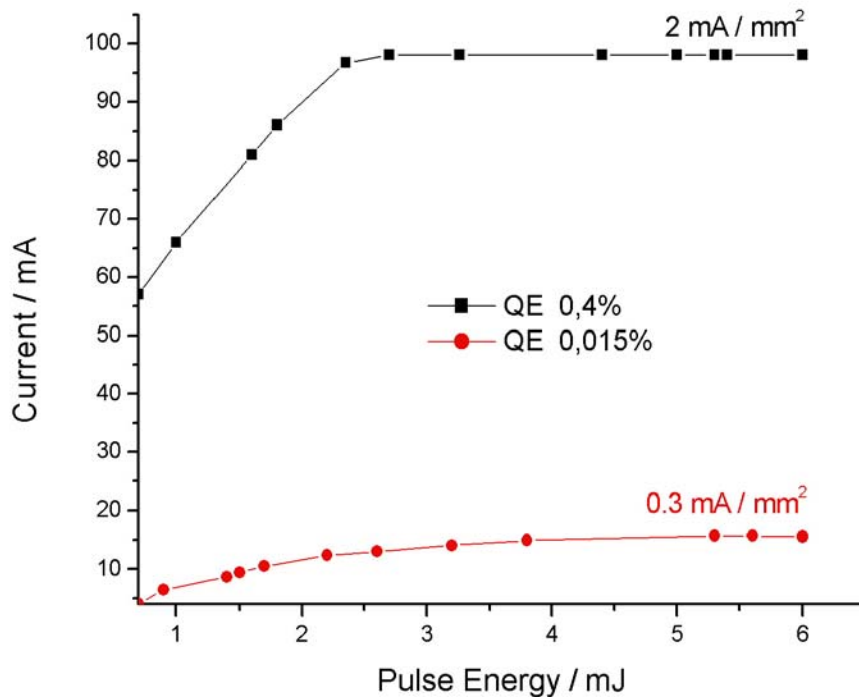
- Inbetriebnahme und Optimierung des **Compton-Polarimeters**

Laser-Systeme

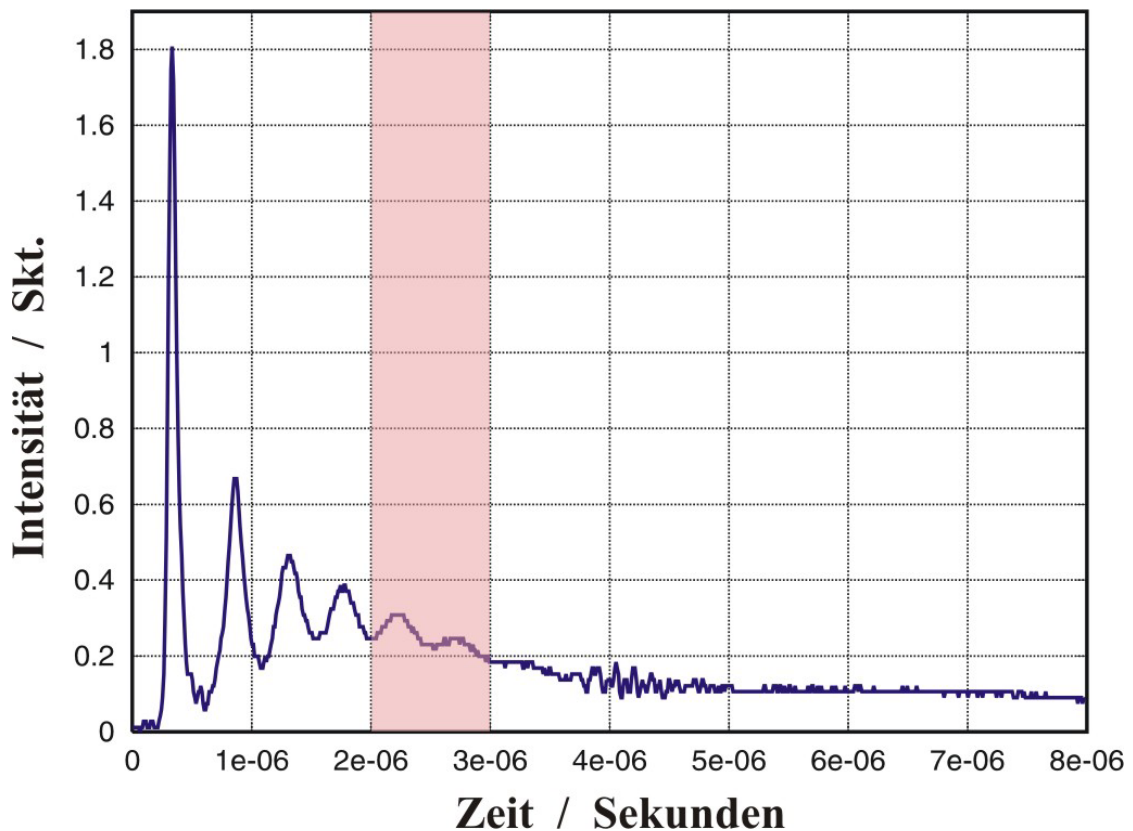


Ti:Sa-Pulslaser

Gemessene Ladungssättigung:

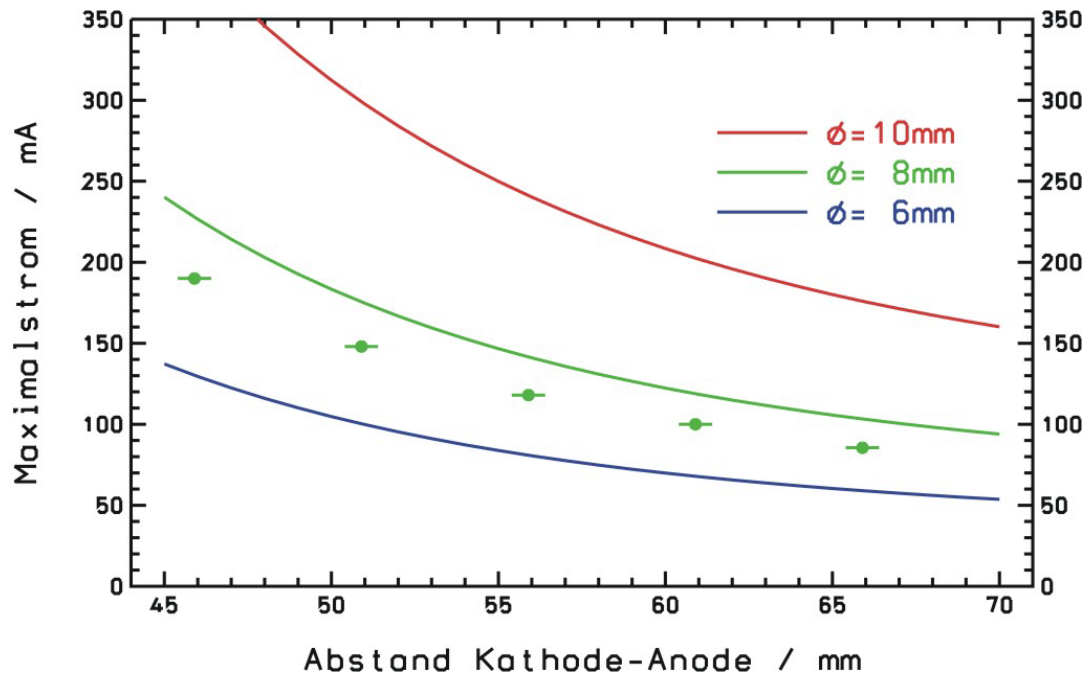


„Freilaufender“ Ti:Sa-Laser, Pulsform:

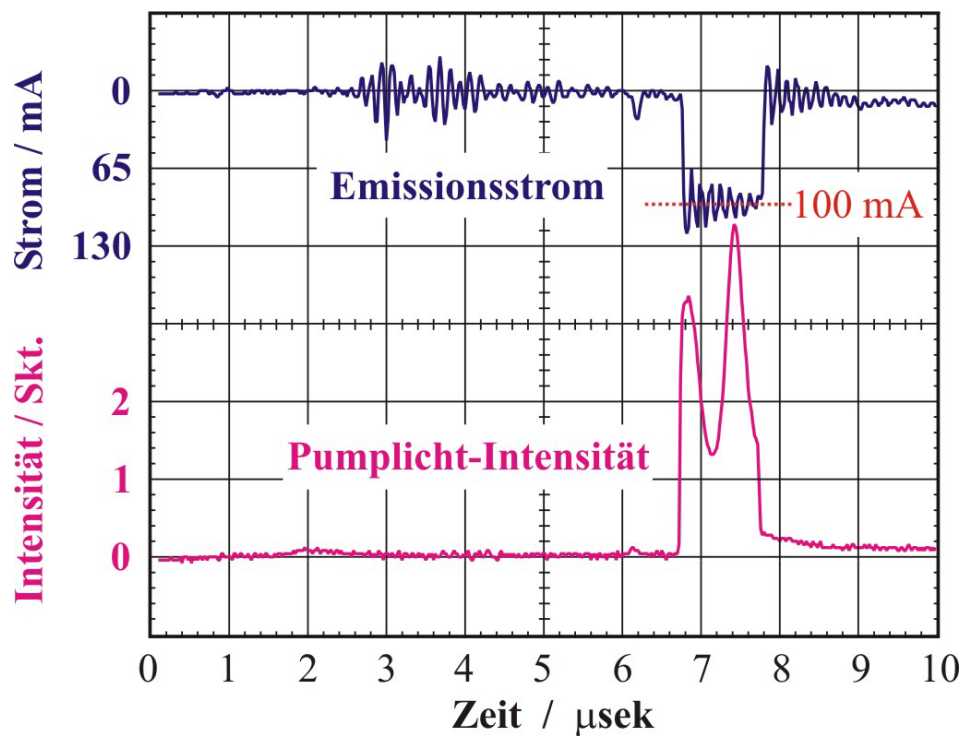


Raumladungsbegrenzung

Einstellbare Perveanz:

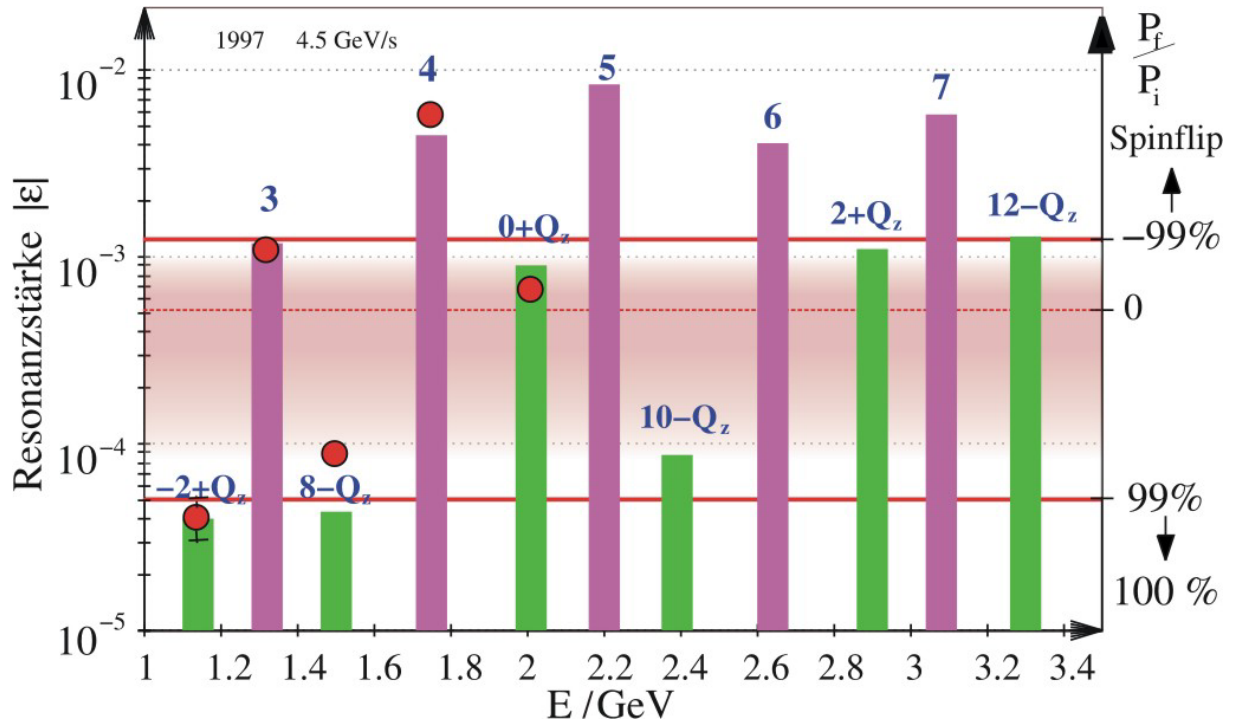


Pulsform in Raumladungsbegrenzung:

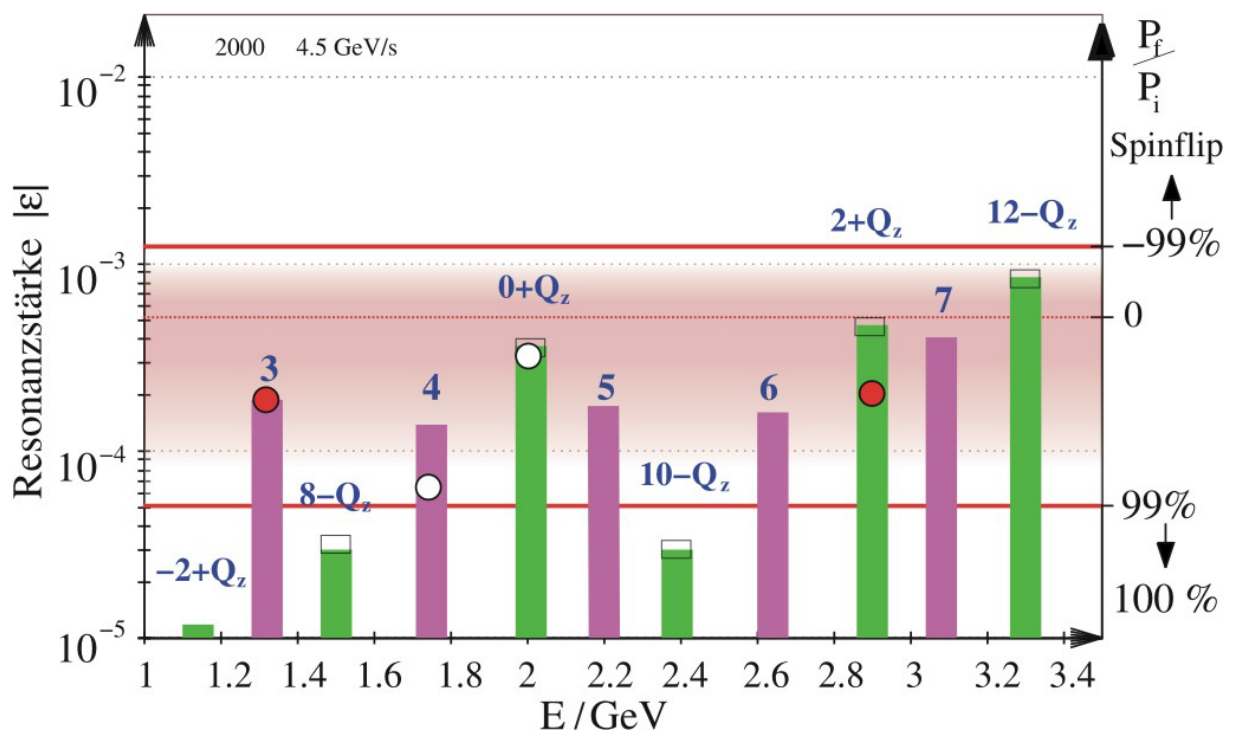


Resonanzstärken

Situation 1997:

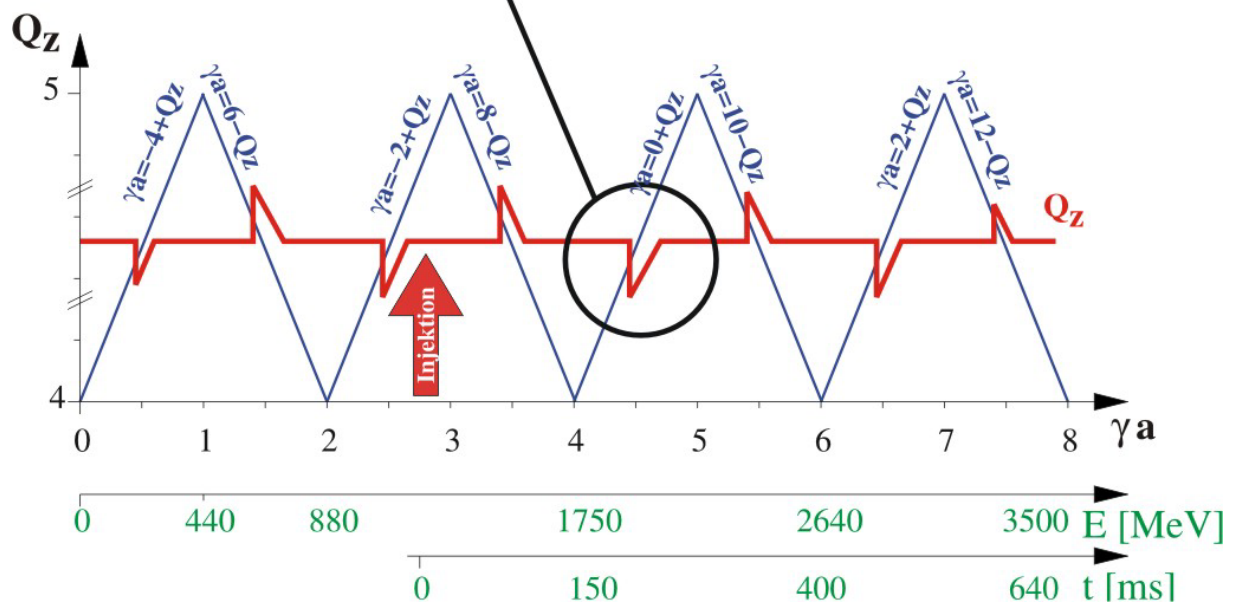
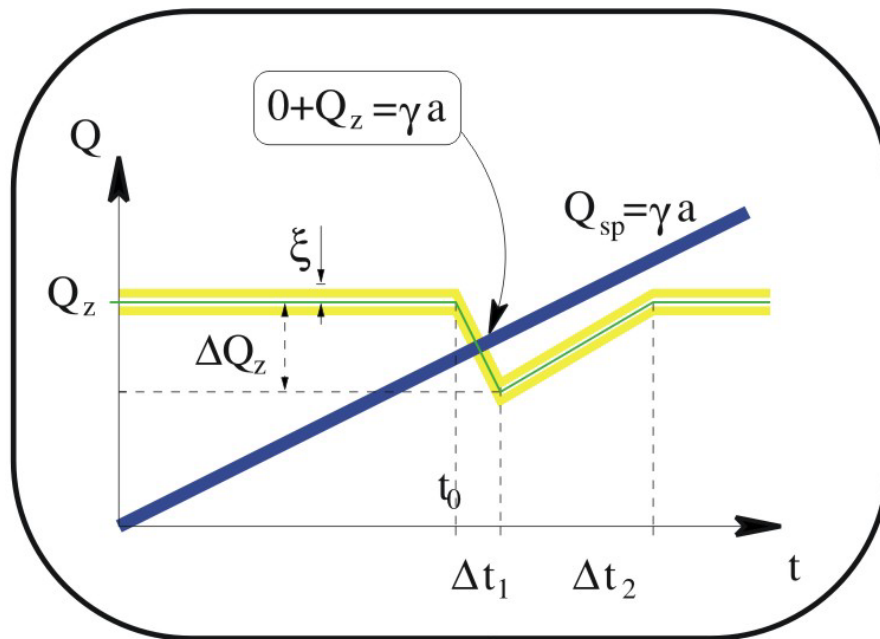


Korrigierte Gleichgewichtsbahn und Reduzierung der Emittanzkopplung:



Intrinsische Resonanzen

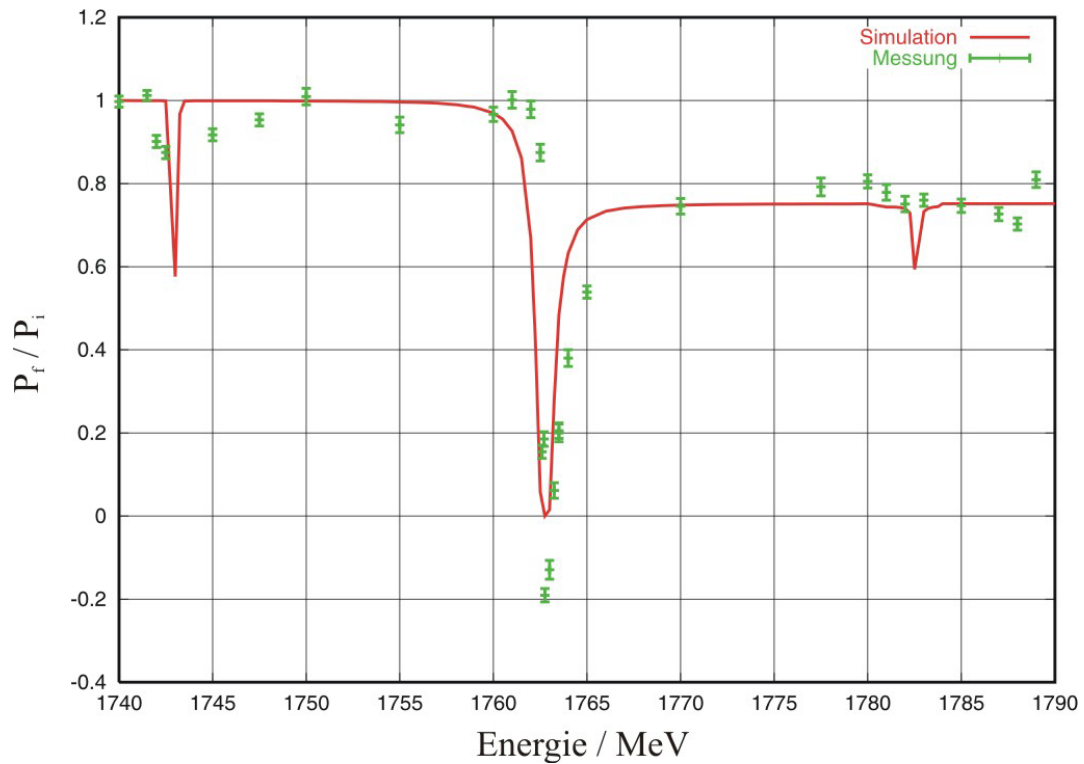
Korrektur der intrinsischen Resonanzen:



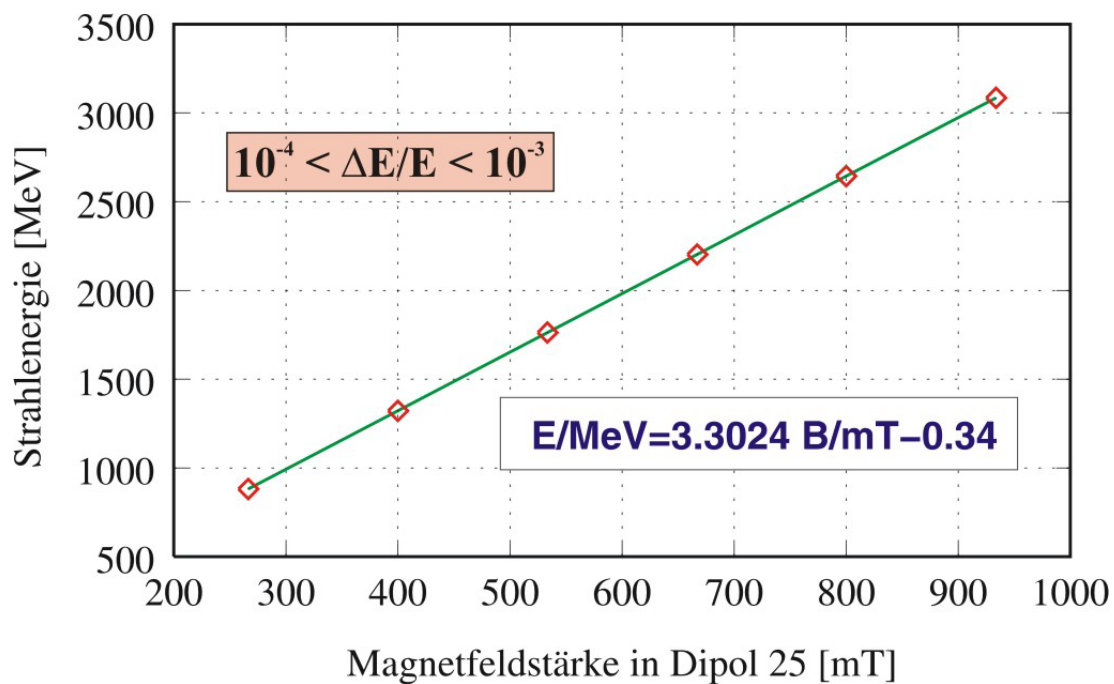
„Arbeitspunktspringen“

Energiekalibration

Kreuzung der Resonanz $\gamma a=4$:

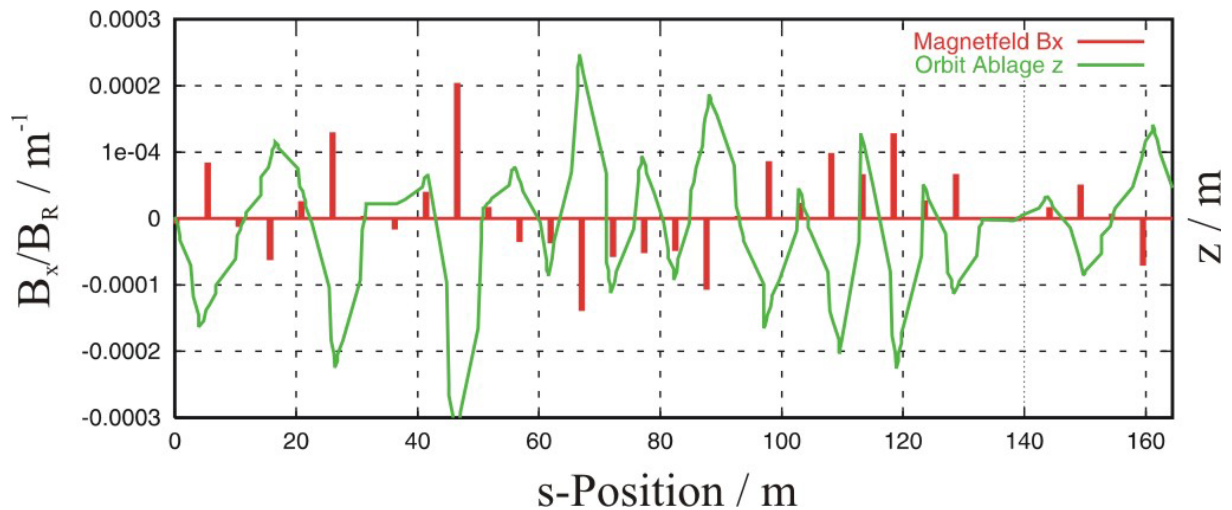


Zusammenhang zwischen E und B:

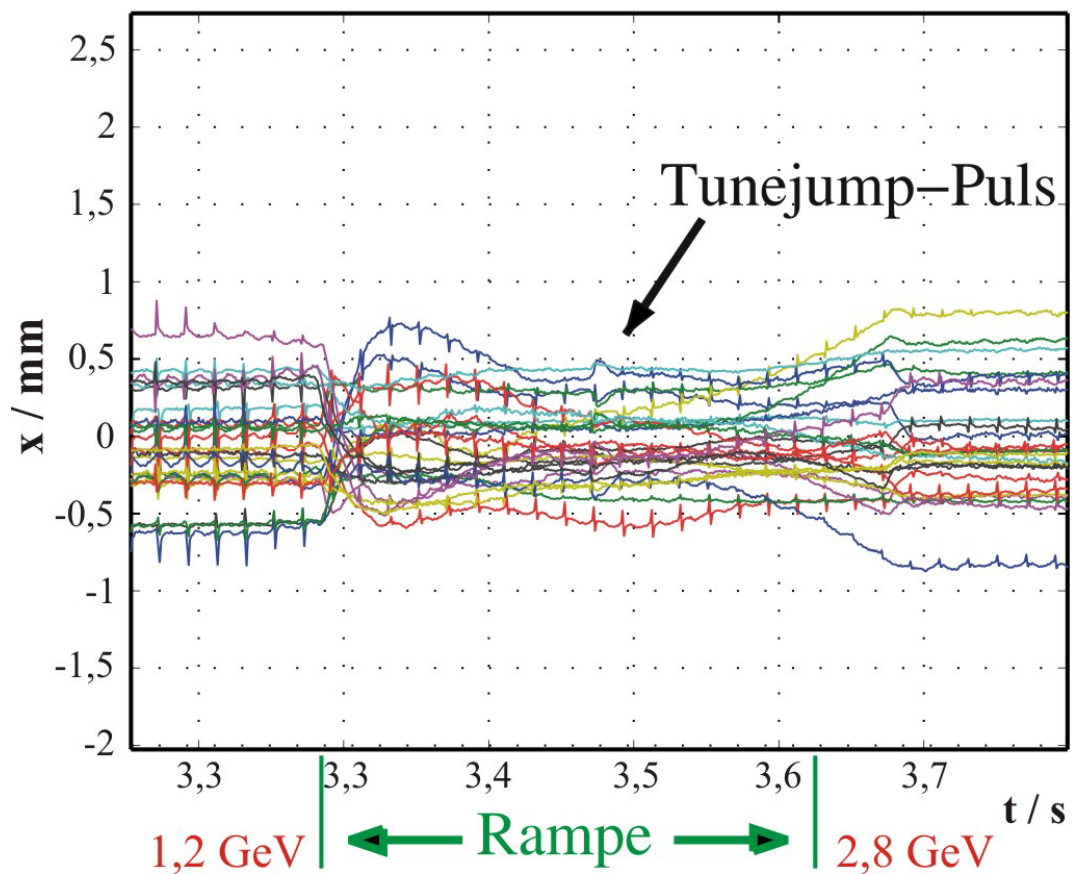


Gleichgewichtsbahn

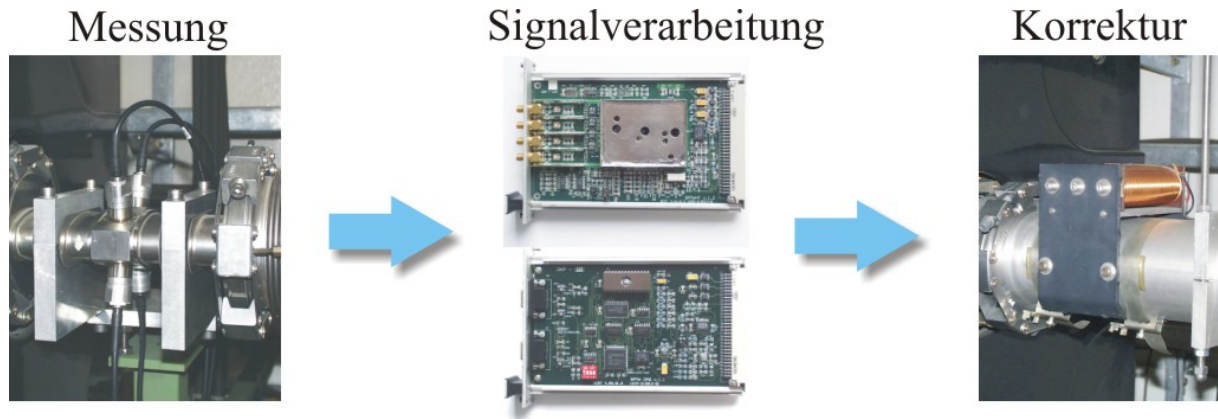
Statische Korrektur:



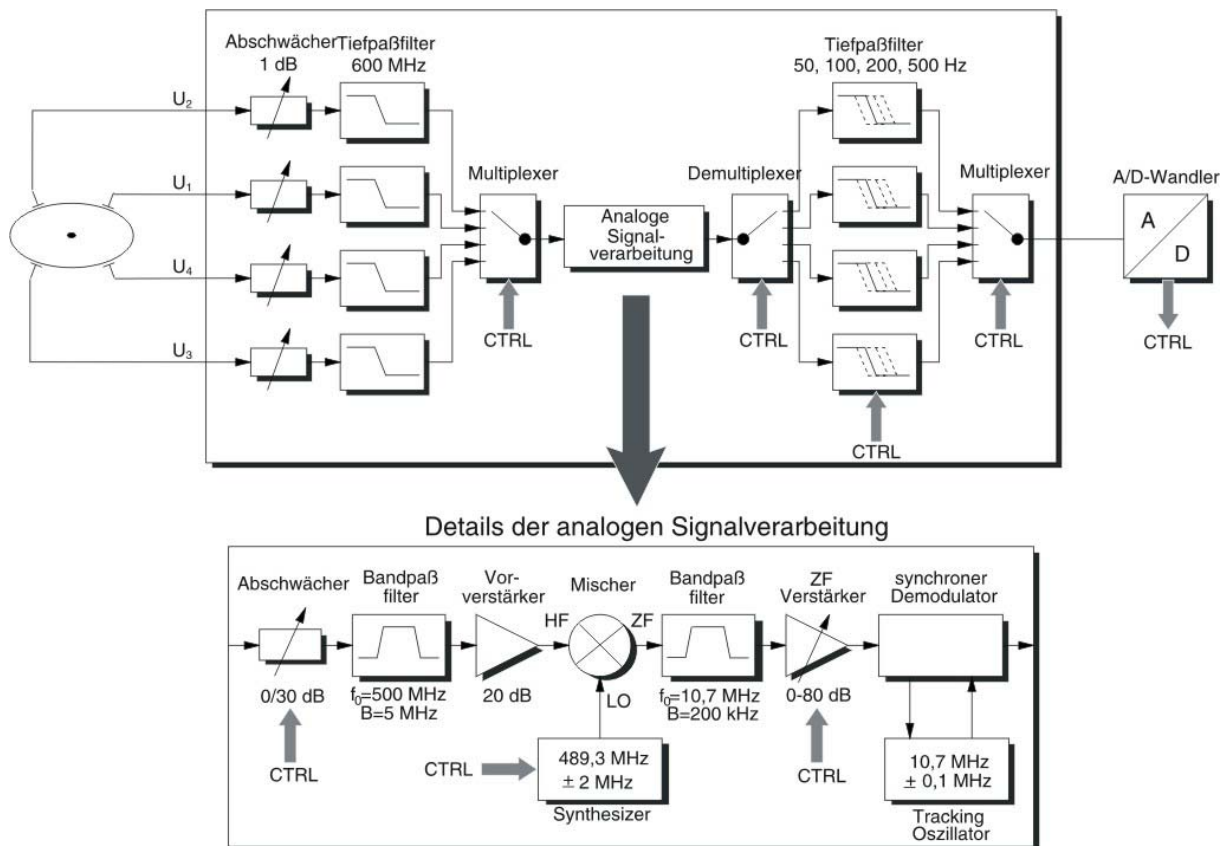
Dynamische Korrektur mit mehreren Stützstellen:



Monitorsystem



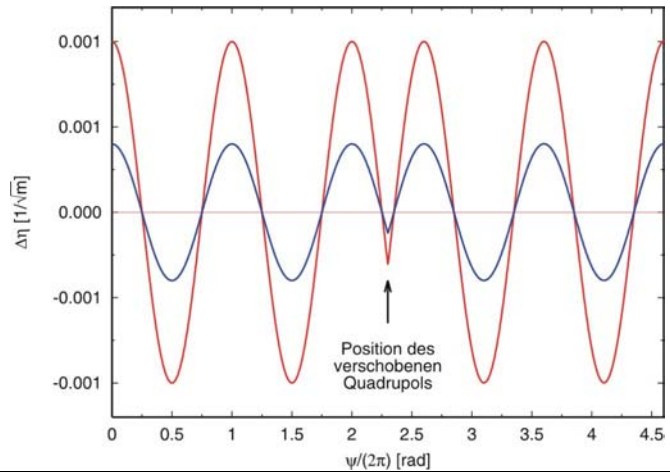
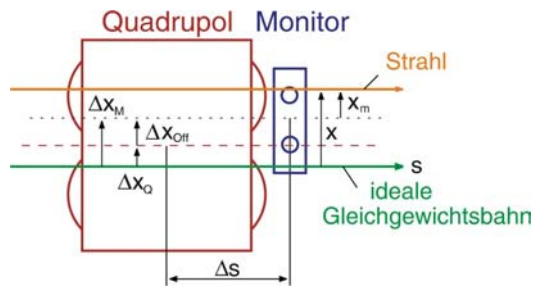
HF-Teil der Monitorelektronik:



Relative Messgenauigkeit: $\Delta x/x \approx \mu\text{m}$

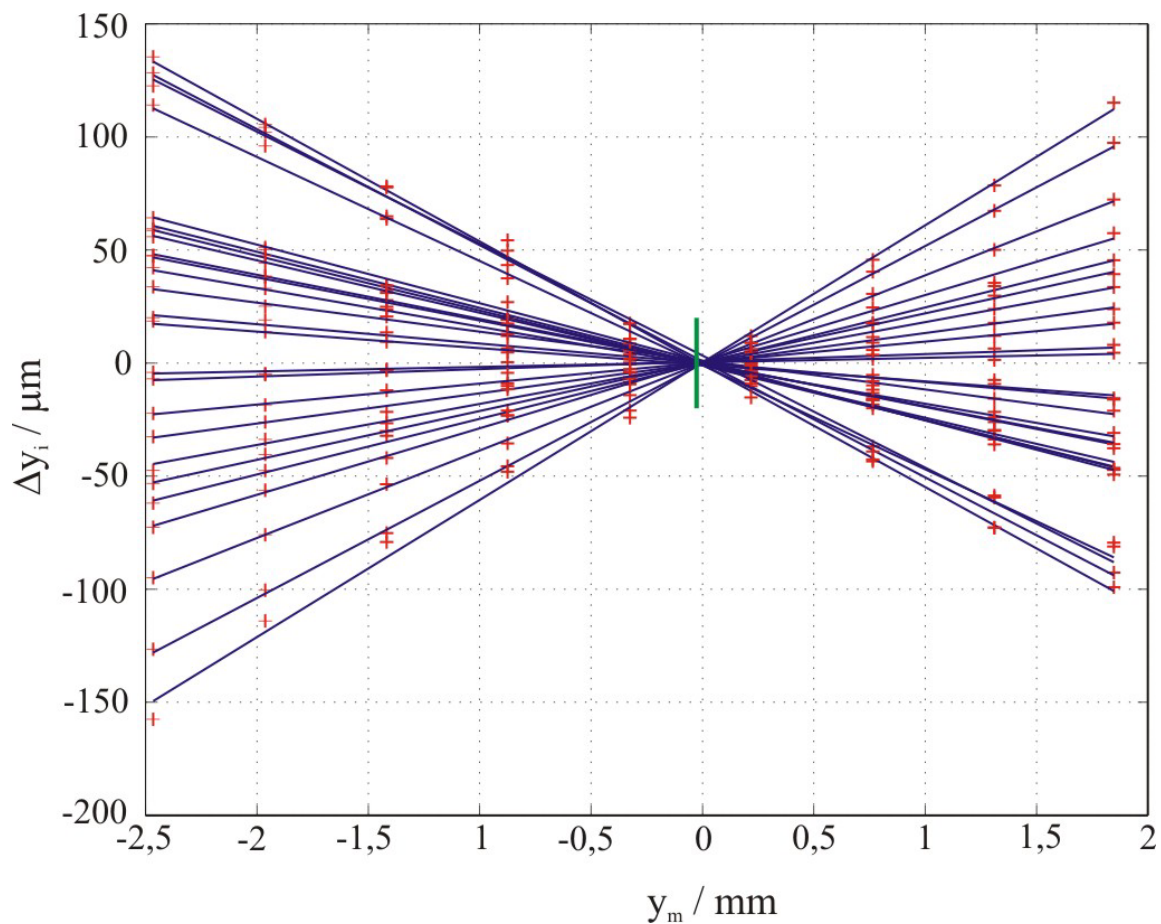
Kalibrierung

Kalibrationsprinzip:



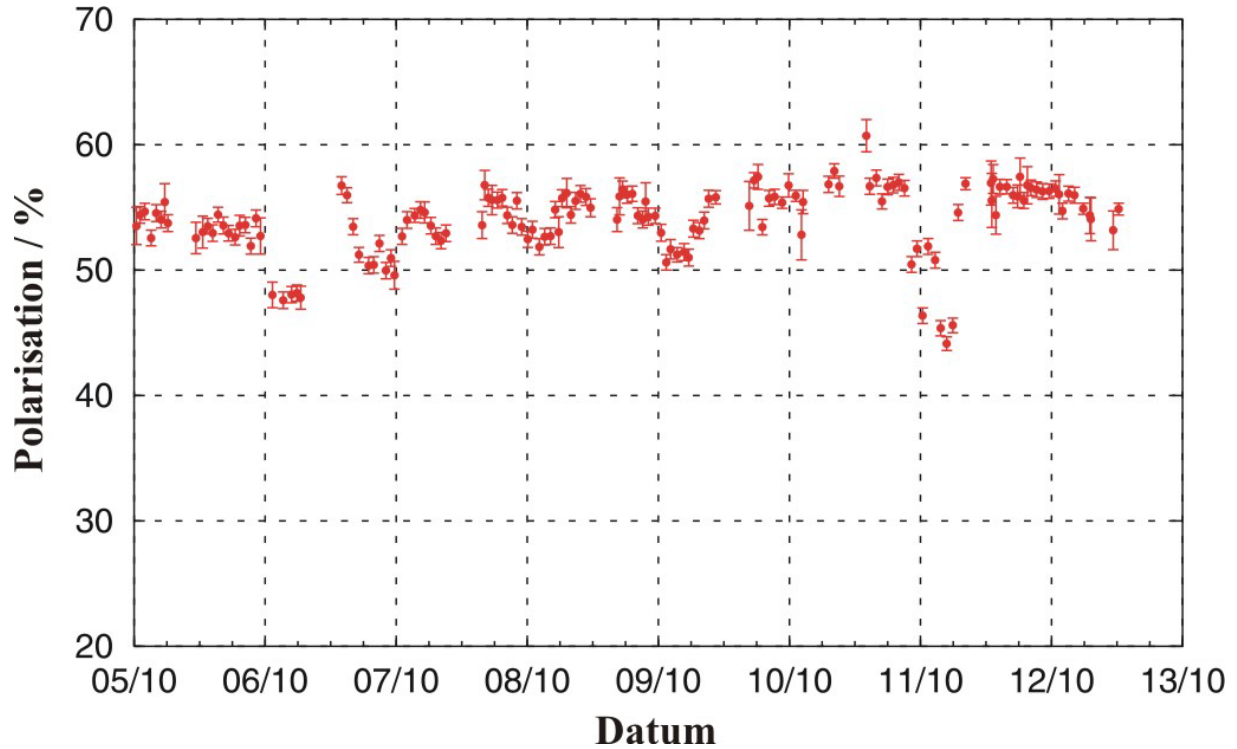
„Beam-Based Alignment“

Bestimmung des BPM-Nullpunktes:

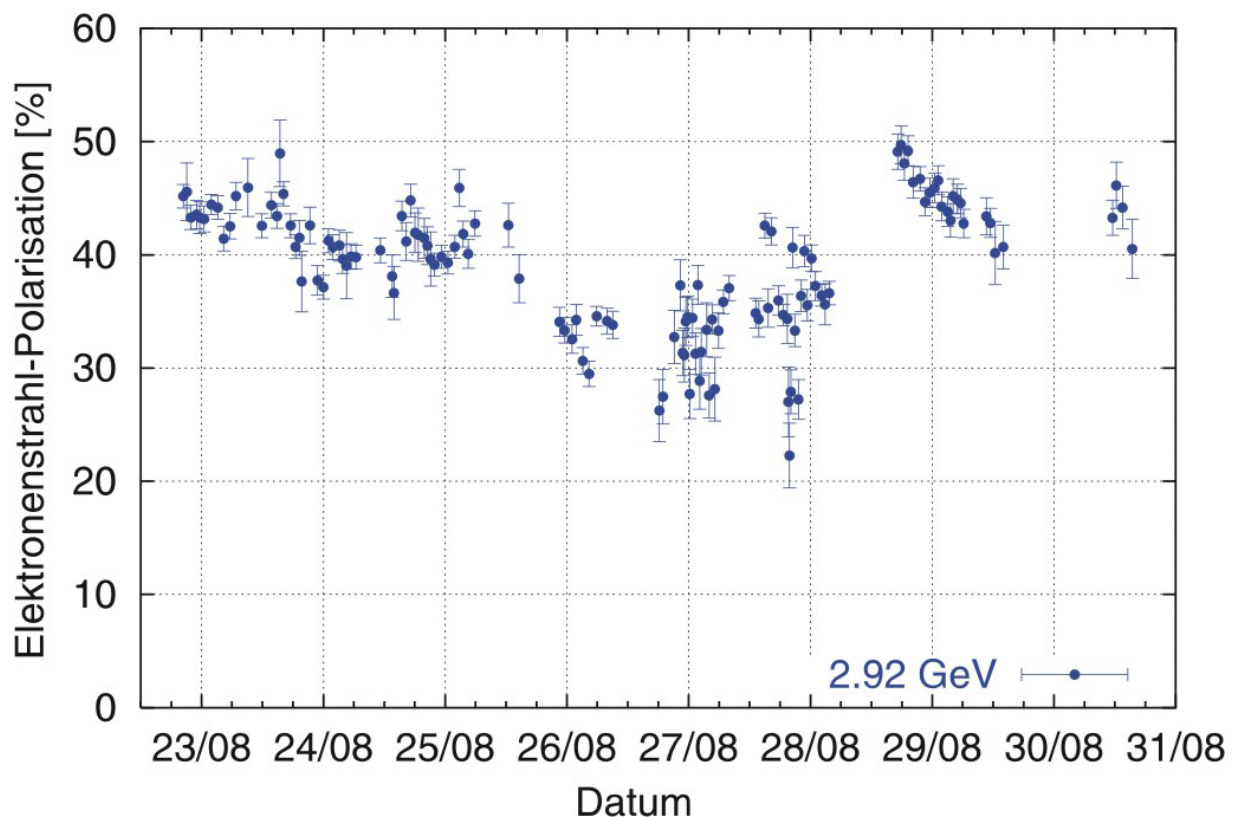


Langzeitstabilität

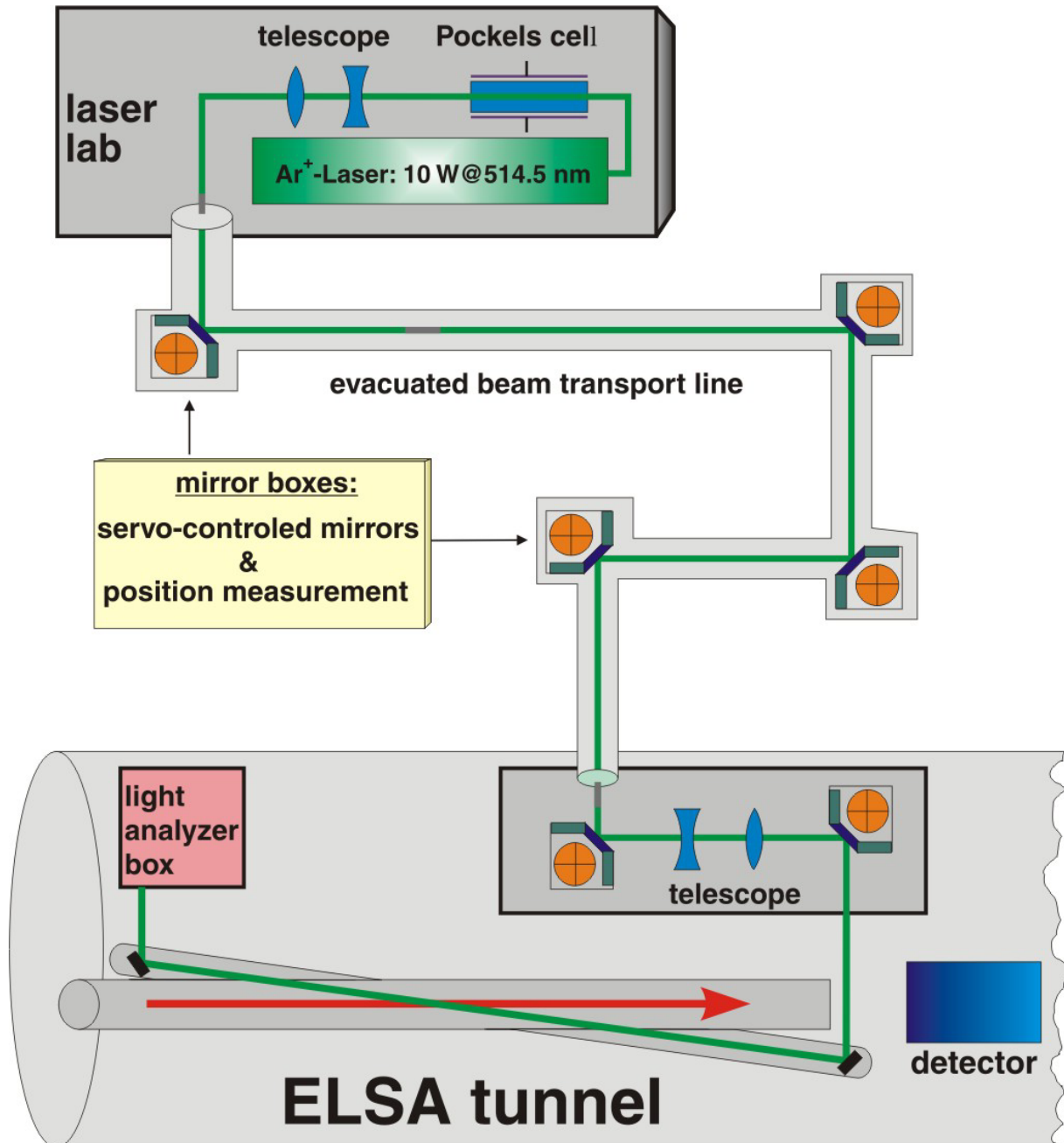
Polarisation des externen Strahls @ 2,4 GeV:



Polarisation des externen Strahls @ 2,92 GeV:

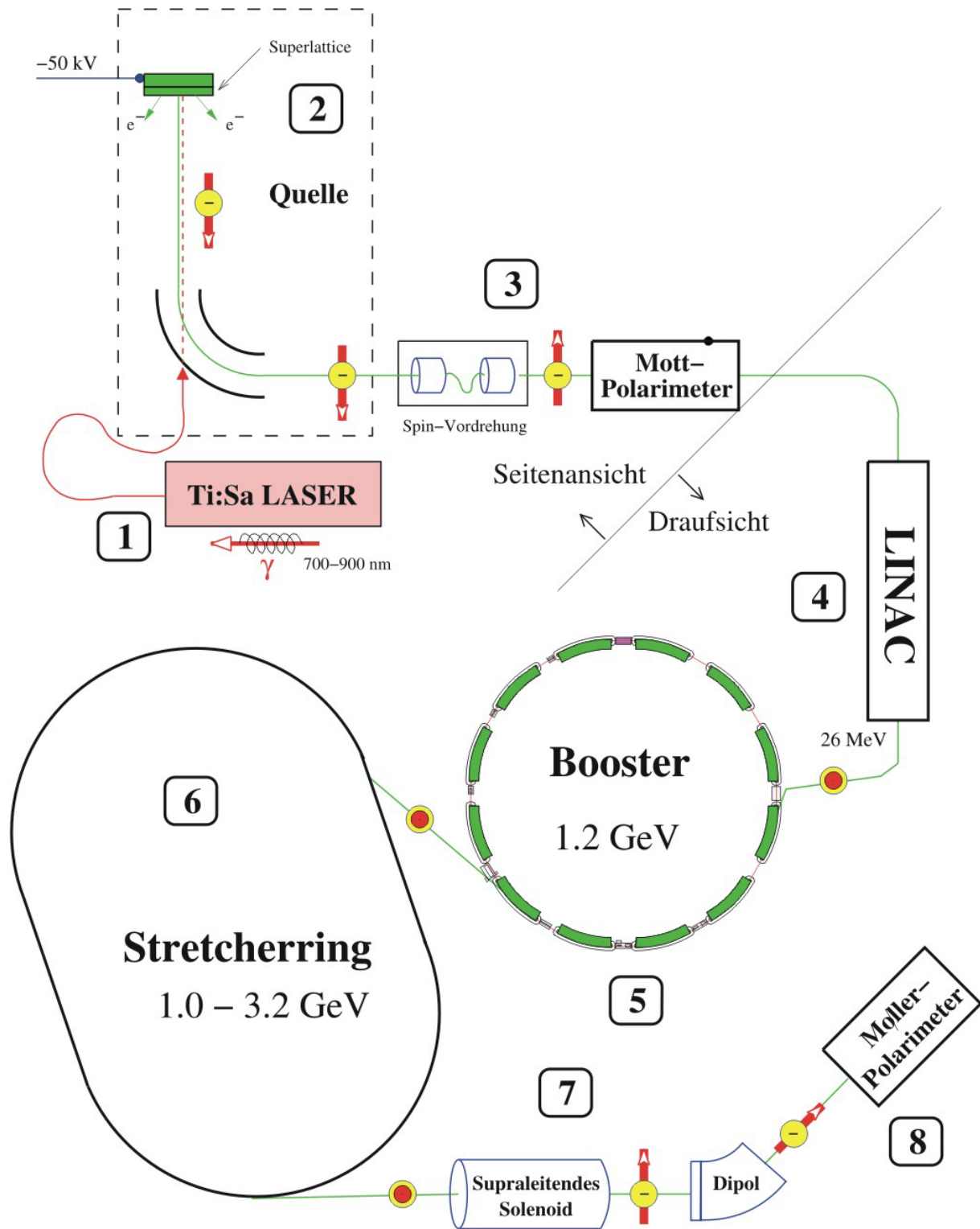


Compton-Polarimeter



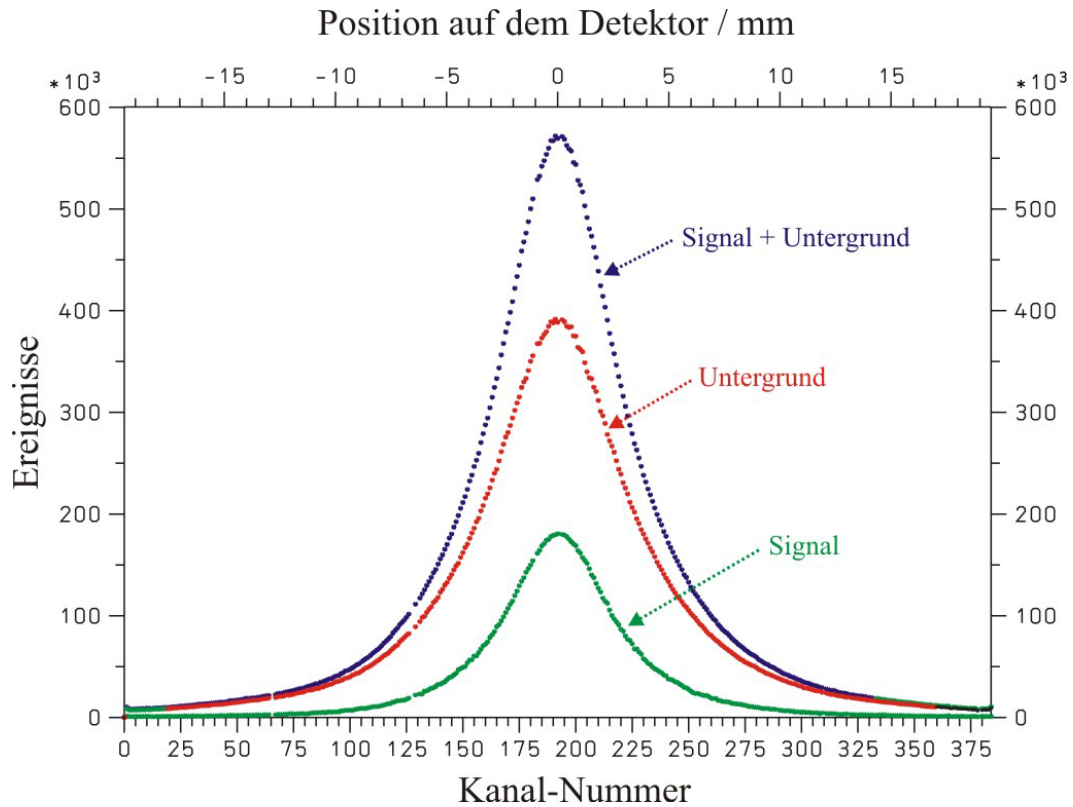
Aktive Stabilisierung des Laserstrahls
Si-Streifendetektor mit 384 ausgelesenen Kanälen

Polarisationstransport

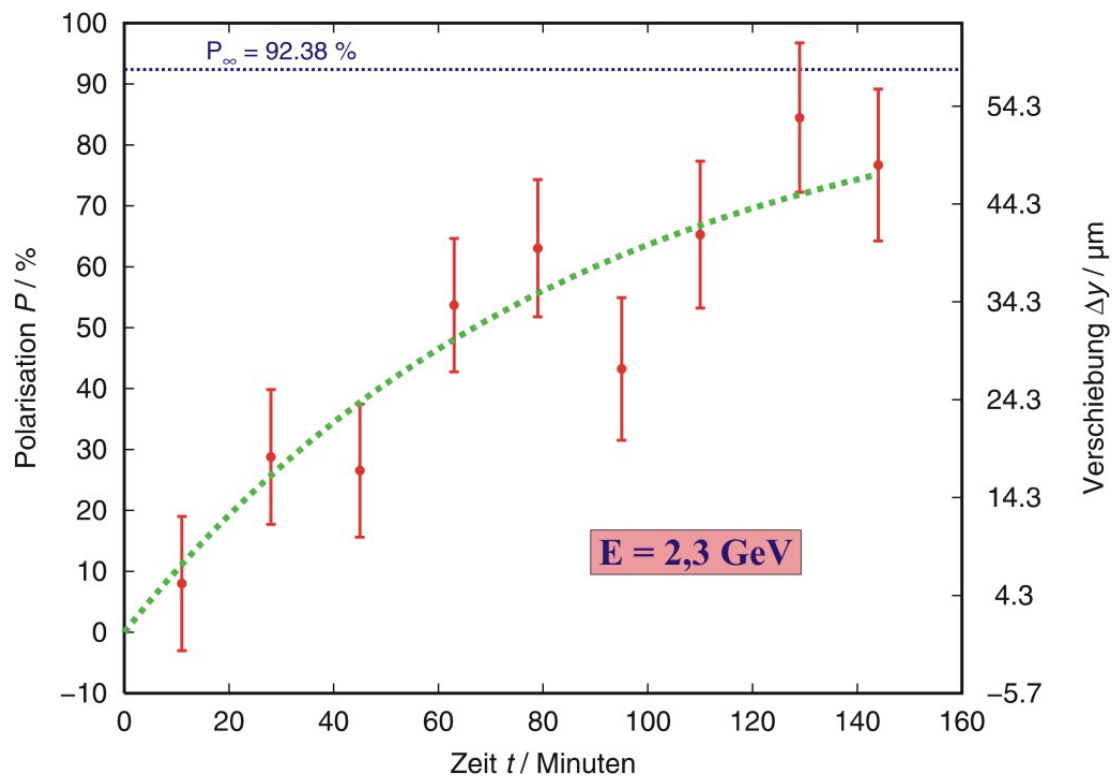


Messergebnisse

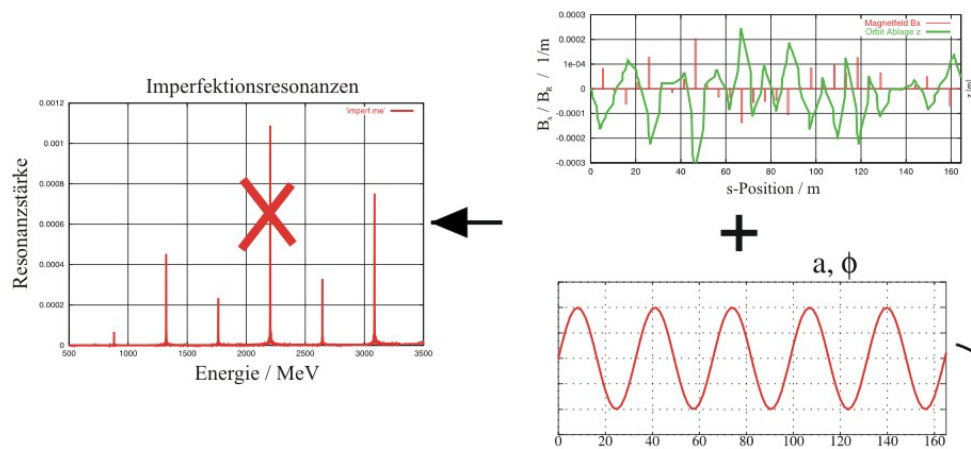
Intensitätsprofile Compton gestreuter Photonen:



Selbstpolarisation in ELSA:



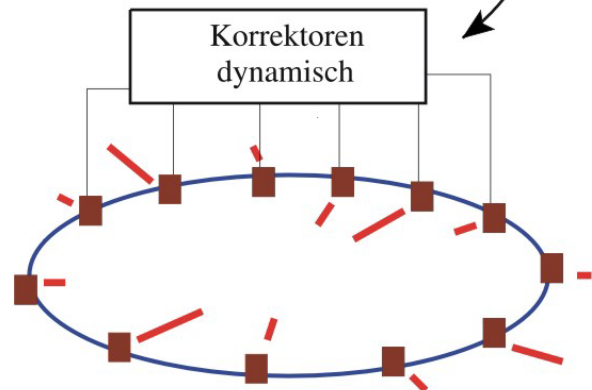
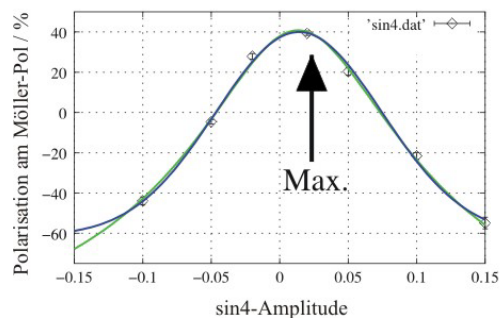
Harmonischen-Korrektur



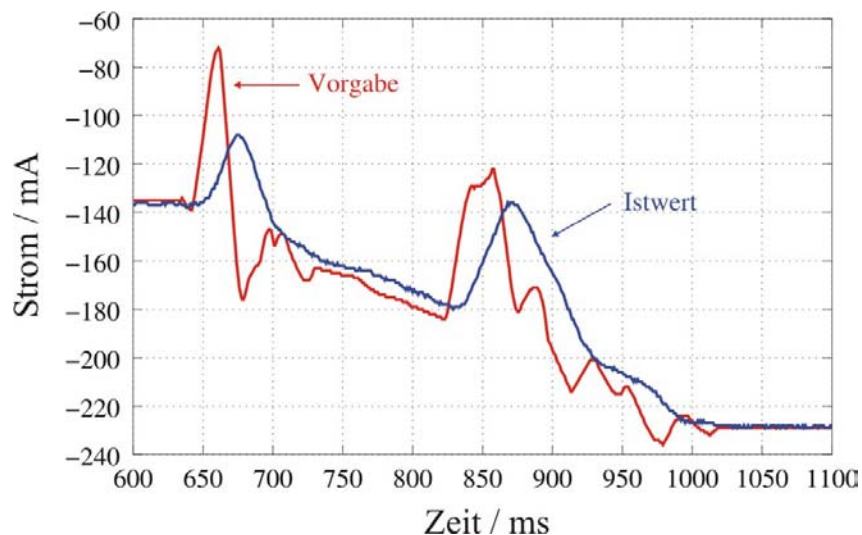
spezielle zusätzliche Magnetfelder entlang des Rings, immer dann, wenn eine Resonanz gekreuzt werden soll

$$B(s) = a \sin(Q_\varphi \vartheta) + b \cos(Q_\varphi \vartheta)$$

Empirische Bestimmung der Koeffizienten



Schleppfehler-Korrektur der Korrektoren:



Zusammenfassung

Quelle polarisierter Elektronen:

- Pulsstrom 100 mA, raumladungsbegrenzt
- Polarisation $P = (80 \pm 5) \%$
- Standzeit ≥ 3000 Stunden, hohe Verfügbarkeit

Polarisationserhaltende Beschleunigung:

- Dynamische Korrektur der Gleichgewichtsbahn
- Imperf. Resonanzen: Harmonischen Korrektur
- Intrins. Resonanzen: Arbeitspunktspringen

Externer Elektronenstrahl:

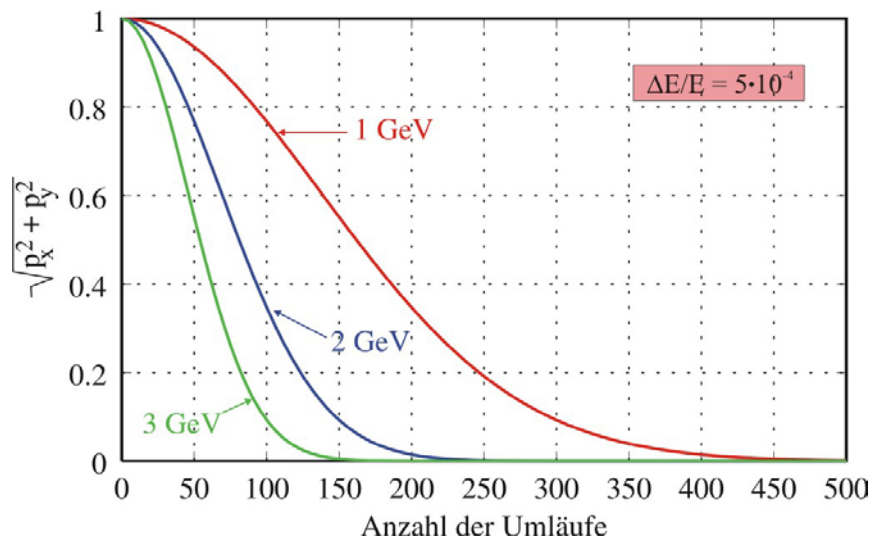
- Strahlstrom bis zu 3 nA im Dauerbetrieb
- Stabilisierung der Tagging-Rate
- Polarisation $P > 50 \%$ für Energien $E > 1,5 \text{ GeV}$
- Energiekalibration: $\Delta E \leq 1 \text{ MeV}$

Compton-Polarimeter:

- Erste Messung der Selbstpolarisation in ELSA
- Demnächst verbesserte Untergrundbedingungen

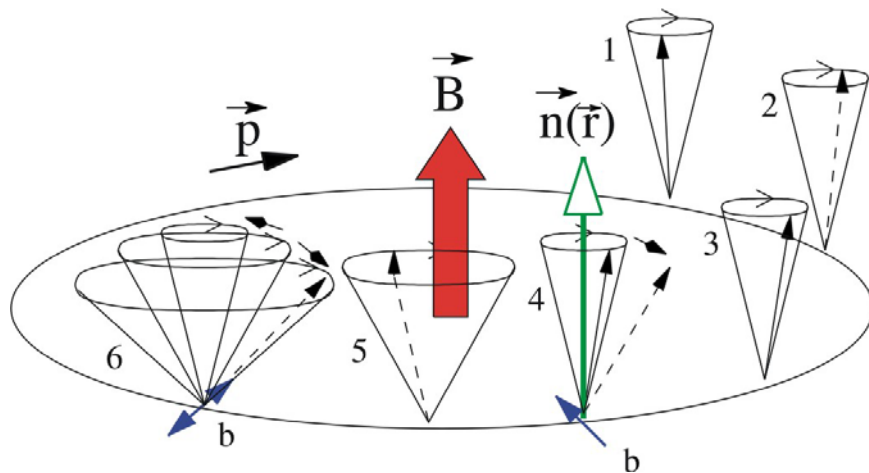
Depolarisation

Spin-Arbeitspunkt: $Q_{Sp} = \gamma \cdot a$



$Q_s \approx 0,04$ Spinkohärenzzeit > 2000 Umläufe

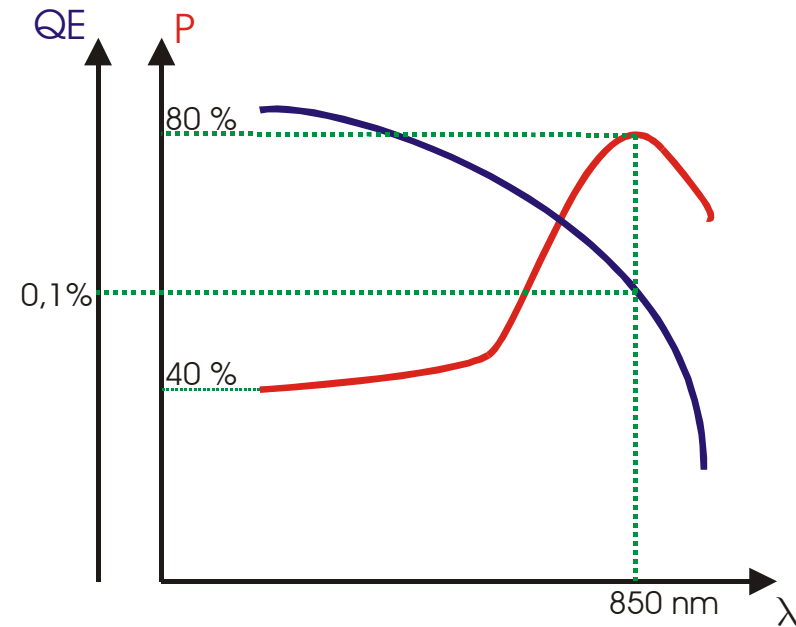
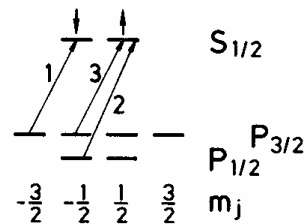
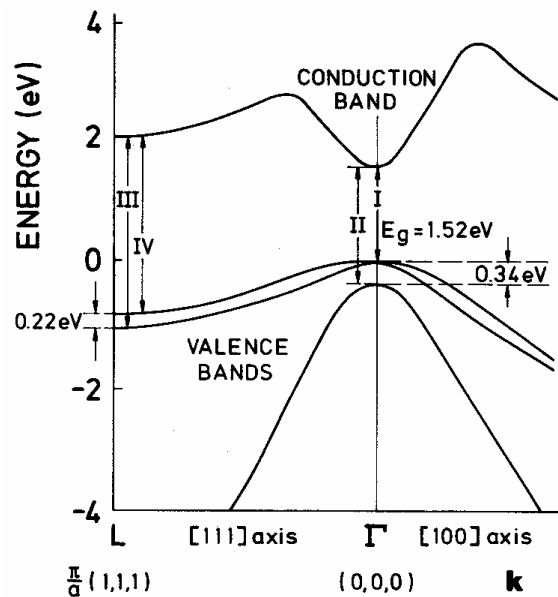
Spinpräzession unter Einfluss von Störfeldern:



Klassifikation der Resonanzen:

- Imperfektionsresonanzen: $Q_{Sp} = \gamma a = n$
- Intrinsische Resonanzen: $Q_{Sp} = n \cdot P \pm Q_z$

Photoeffekt am GaAs

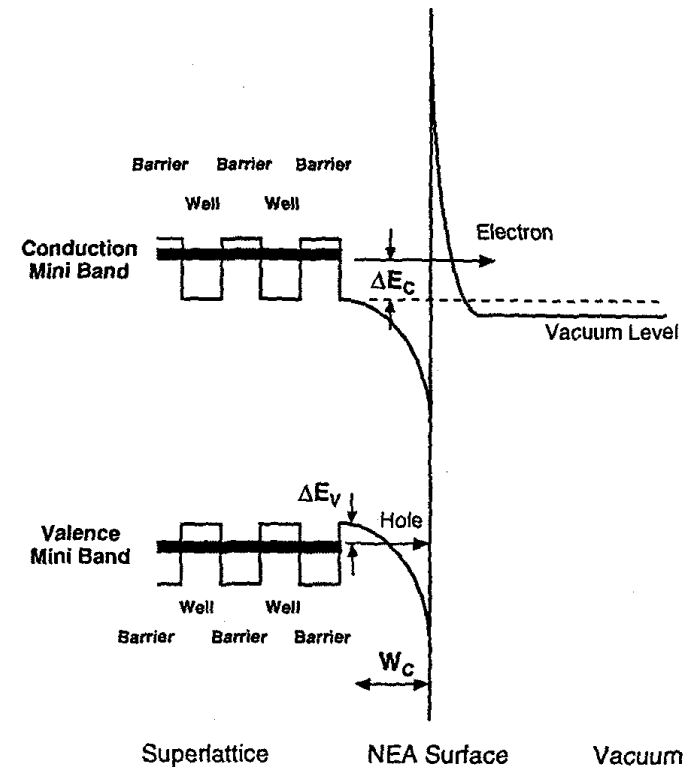
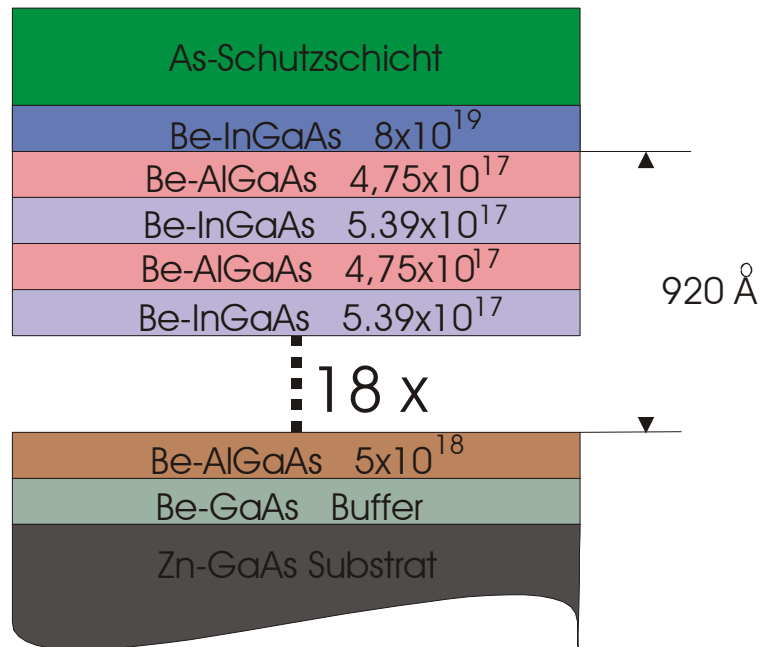


erreichbare Polarisation: $P = \frac{1-3}{1+3} = -0,5$

Aufhebung der Bandentartung:

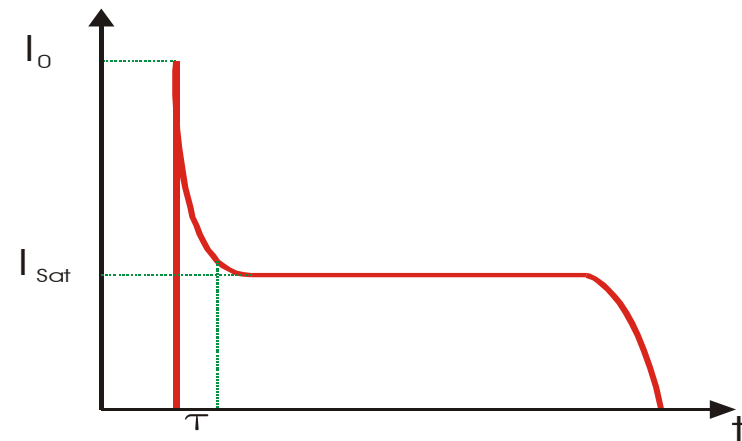
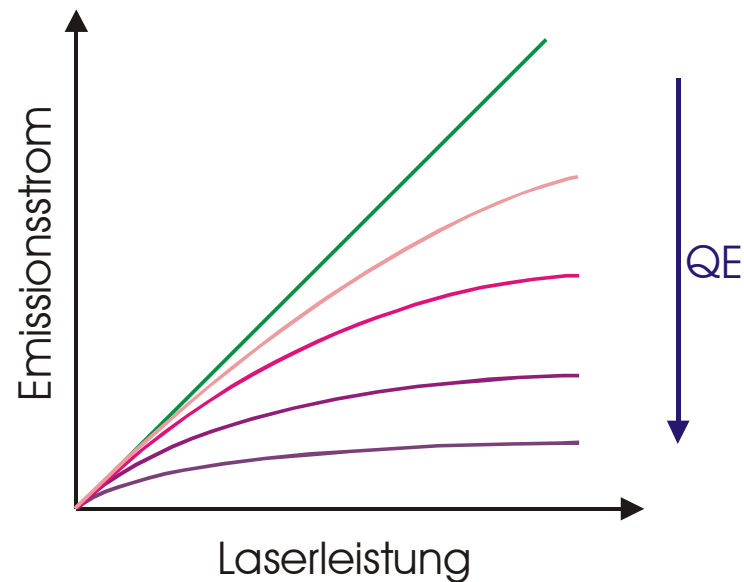
„strained layer“, „superlattice“

Superlattice-Kristalle



T. Nakanishi et al., Polarized Gas Targets and Polarized Beams, 1998

Ladungssättigung



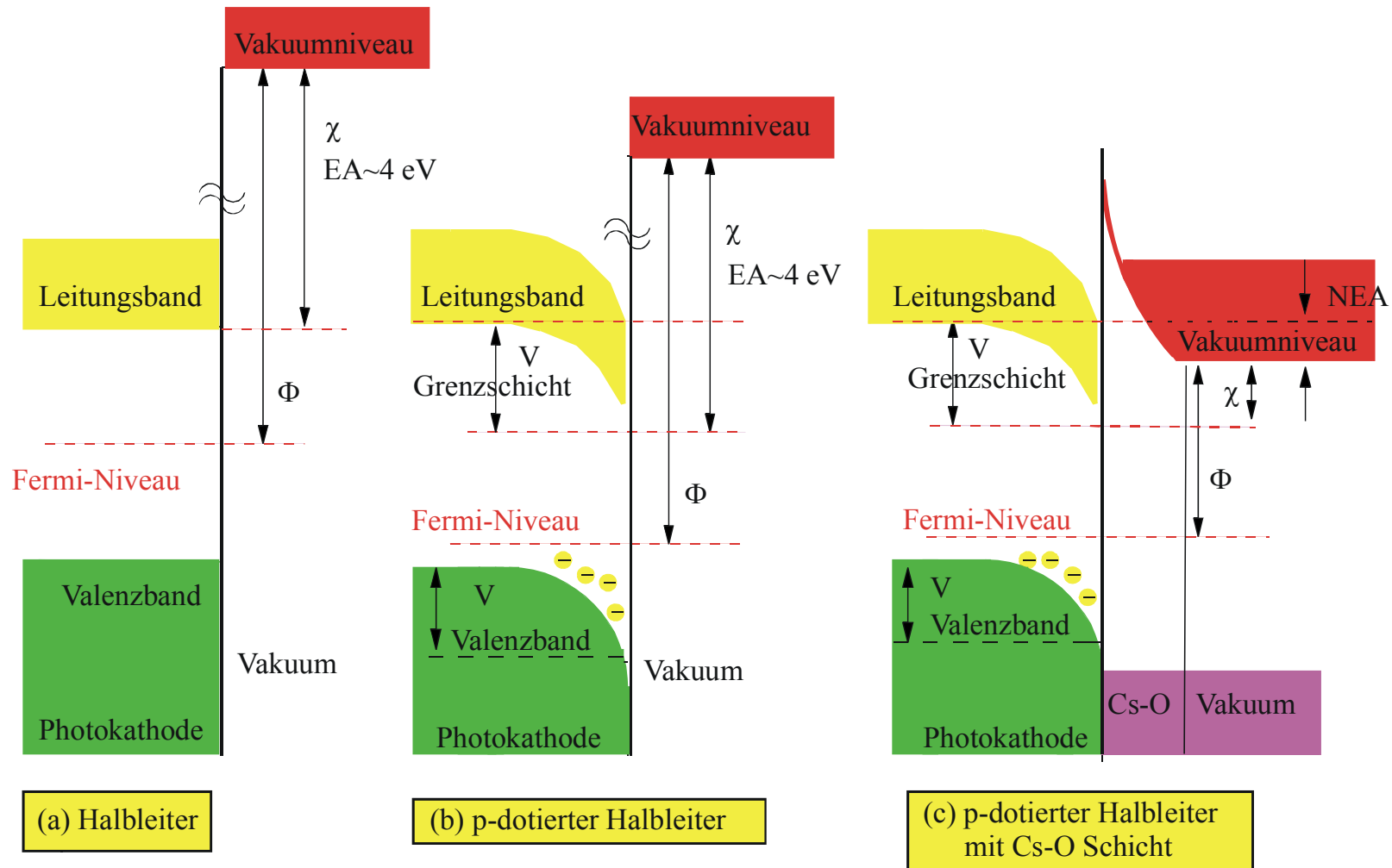
$$I_{sat} = I_0 \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ 1 - A \cdot \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \cdot e^{-\frac{i \cdot \Delta t}{n \cdot \tau}} \right\}$$

Hohe Dotierung ($> 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) $\leftrightarrow$ Verminderung der Polarisation?

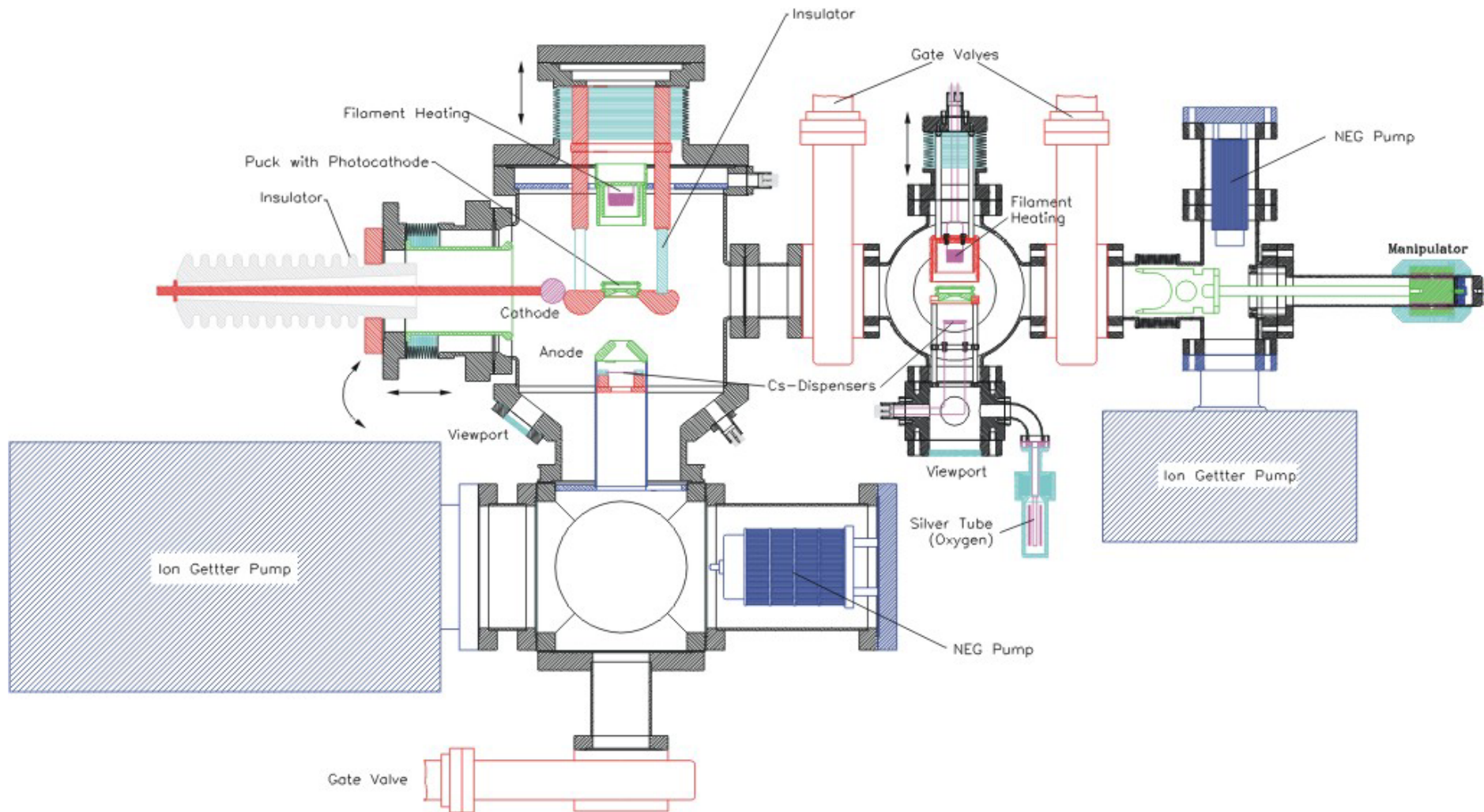
PES Bonn: höchster Emissionsstrom / Kathodenfläche weltweit !

Keine Verschiebung des Laserflecks auf der Kathode möglich!

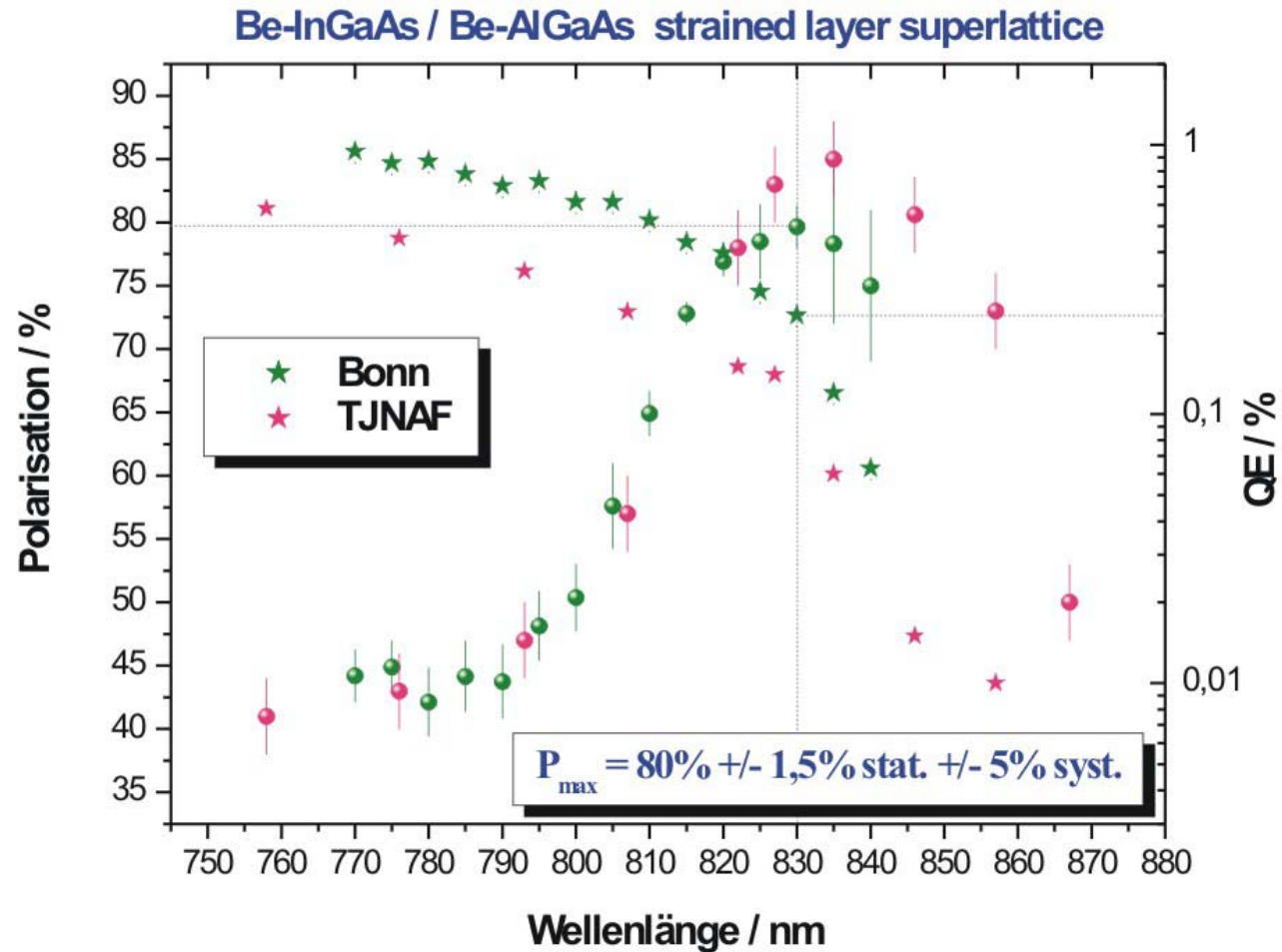
Überwindung der Austrittsarbeit



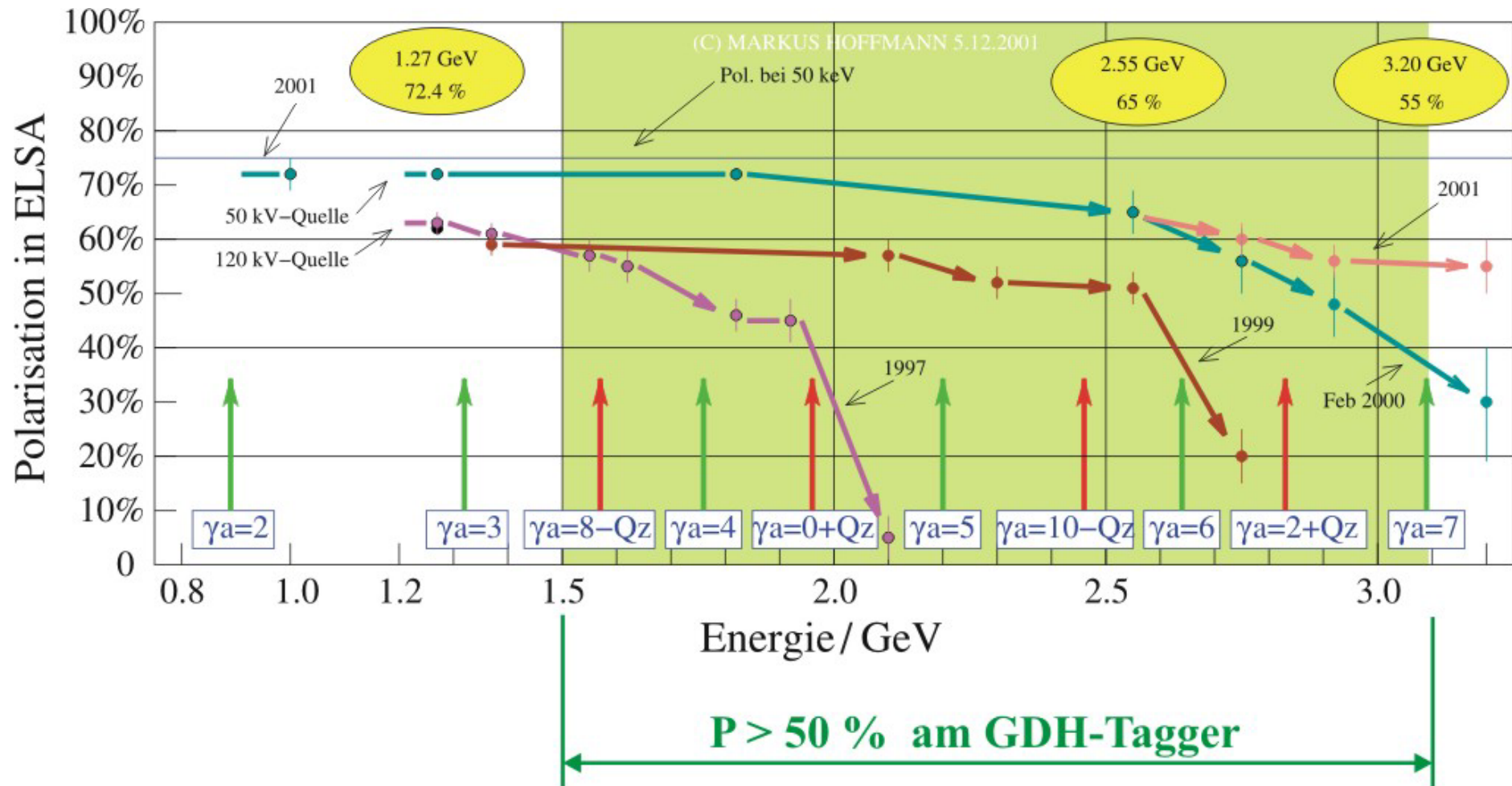
Quelle und Vakuumschleuse



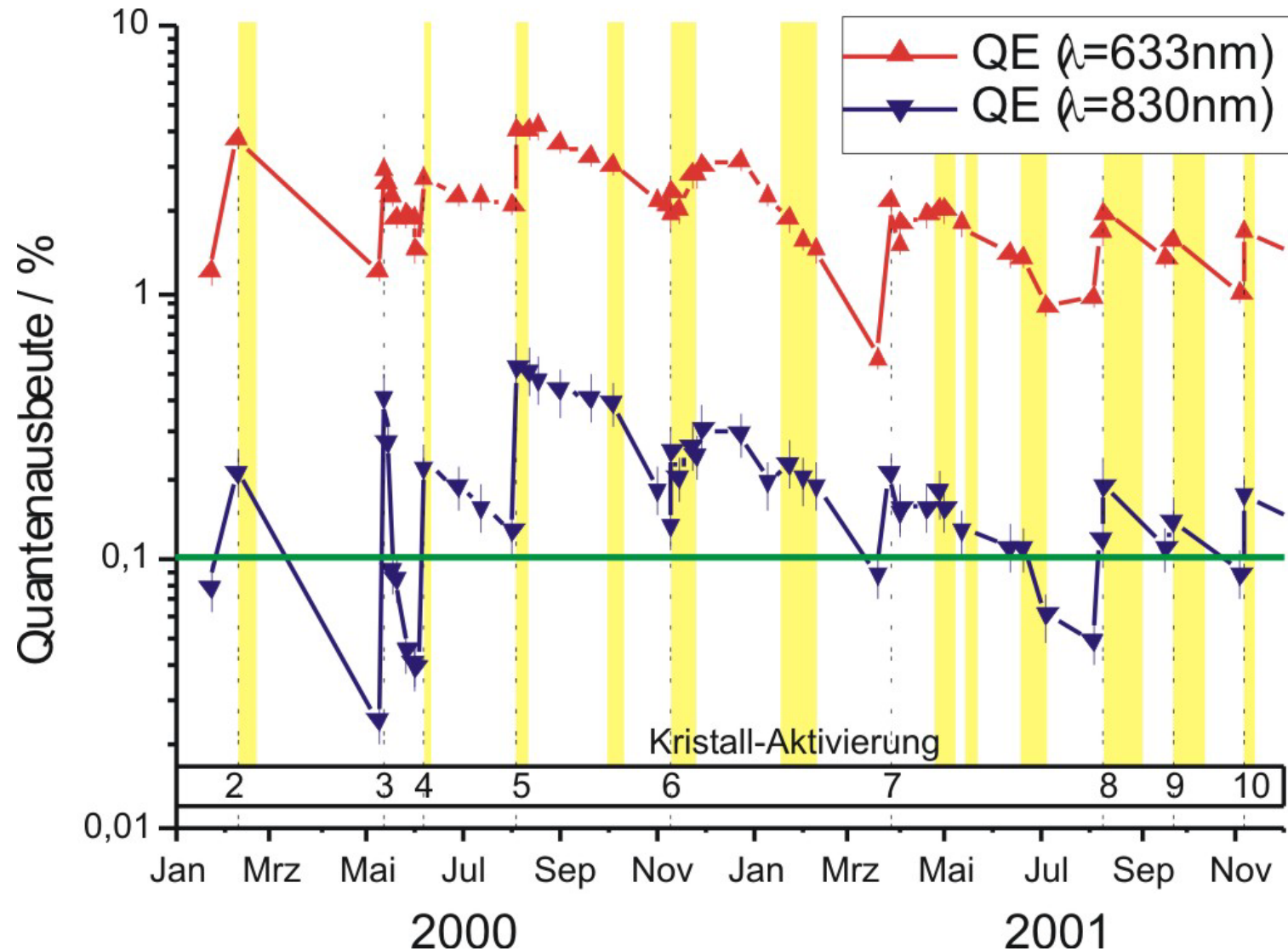
Eigenschaften der Photokathode



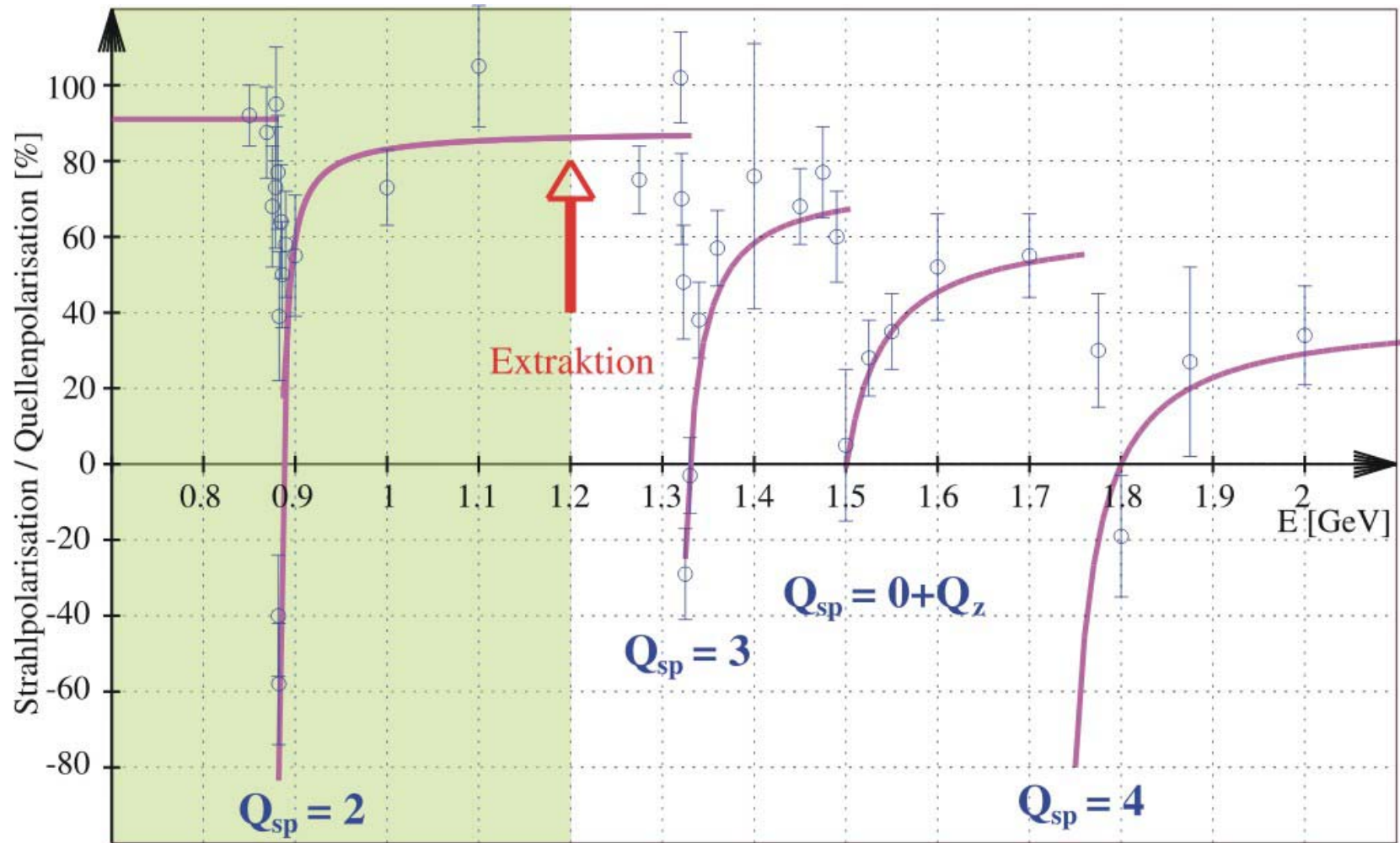
Erreichte Polarisation in ELSA



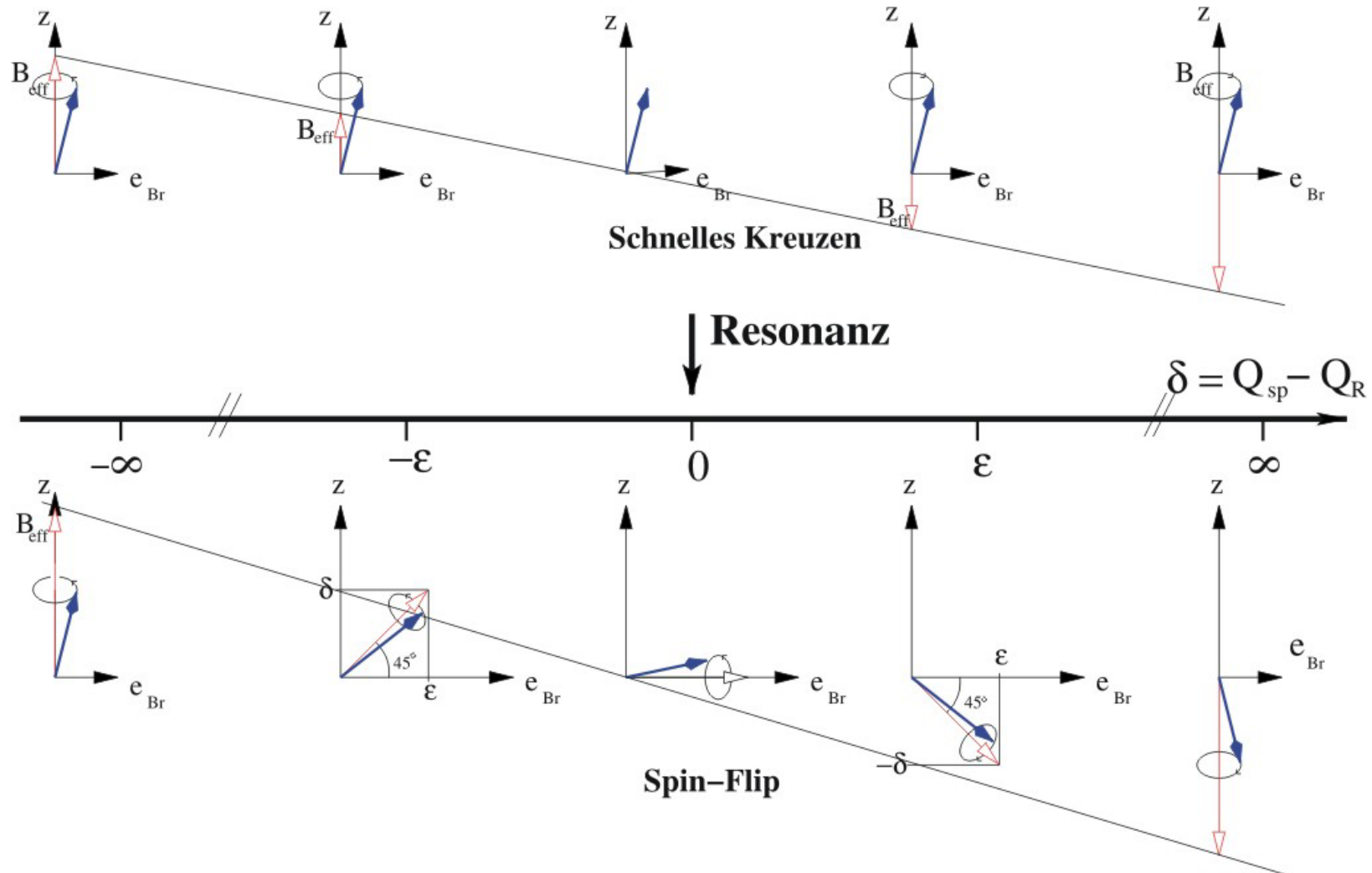
Verfügbarkeit der 50-keV-Quelle

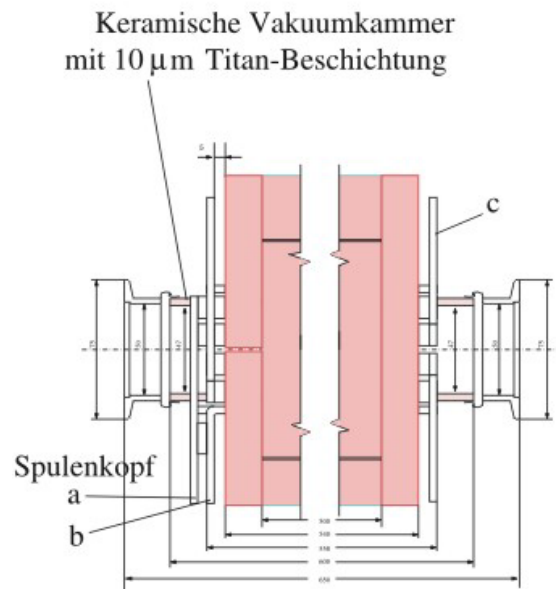
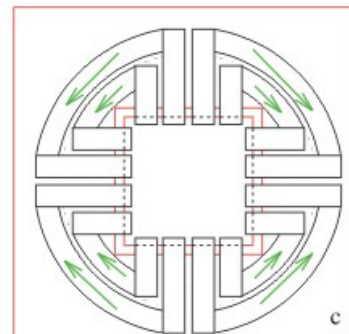
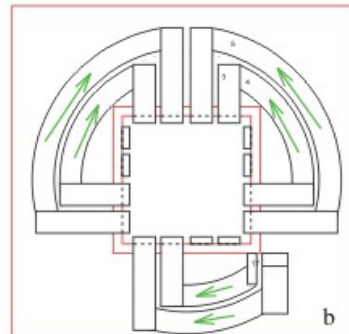
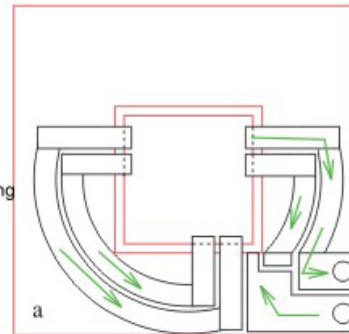
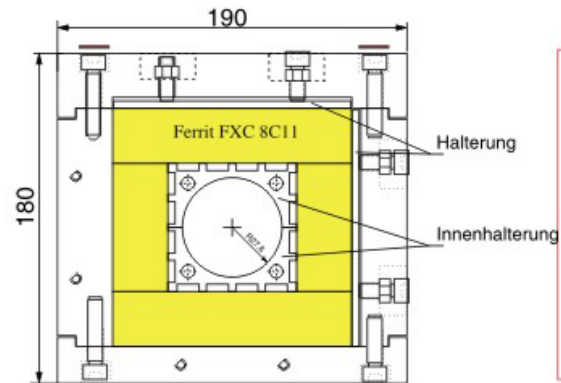


Depolarisation im Synchrotron



Kreuzen einer Resonanz





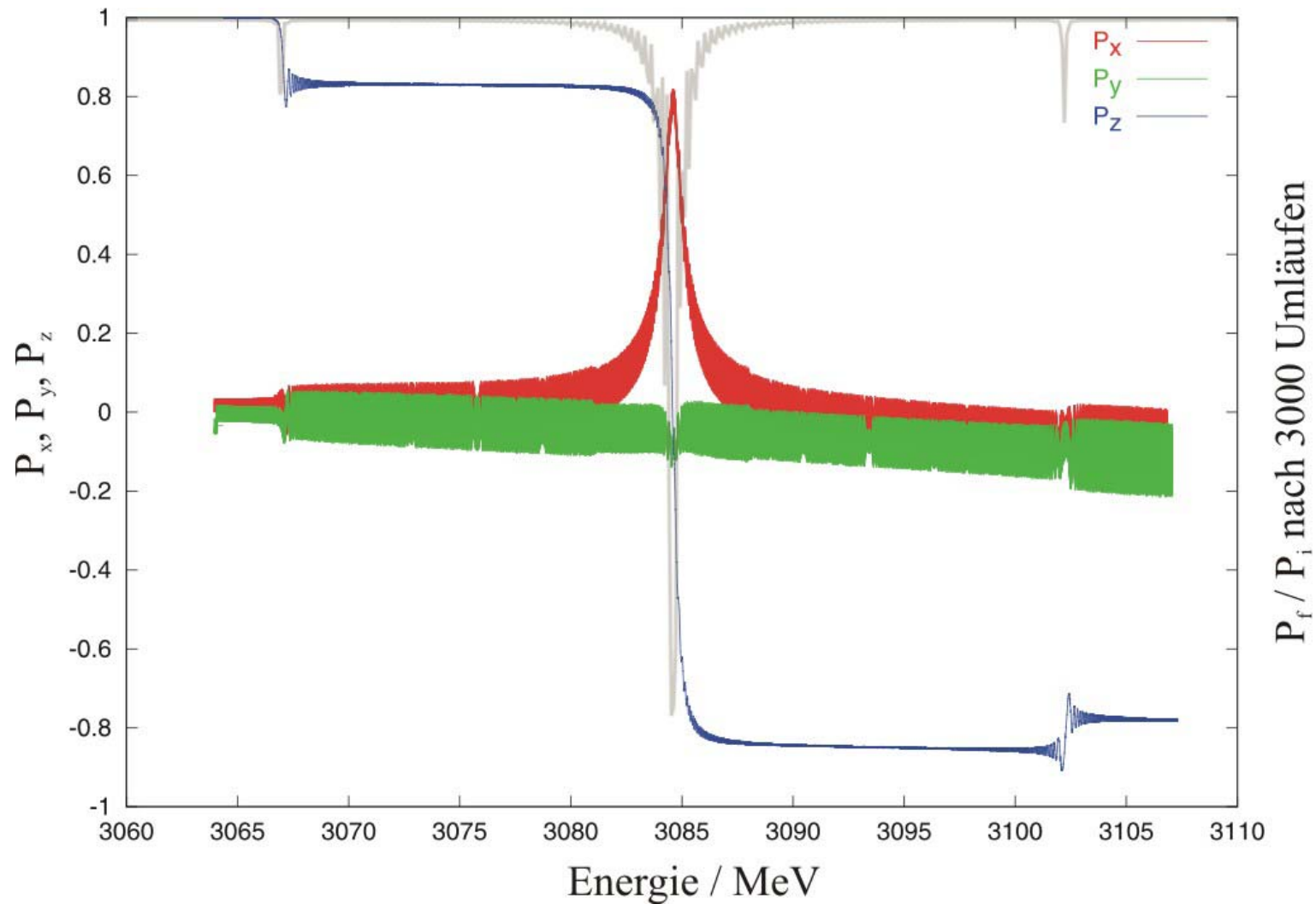
Sprungquadrupol



Panofsky-Typ Quadrupol mit Ferrit-Joch

Vakuumkammer:	Al ₂ O ₃ Keramik mit 10 μm Titan-Beschichtung
Widerstand:	(4.298 ± 0.001) m Ω (DC)
Induktivität:	(9.0 ± 0.1) μH (DC)
max. Pulsstrom:	500 A
max. Feldgradient:	(1.1241 ± 0.005) T/m
steigende Flanke:	4 bis 14 μs
fallende Flanke:	4 bis 20 ms

Einfluss von Synchrotronsatelliten



Unvollständiger Spinflip

