

# 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**

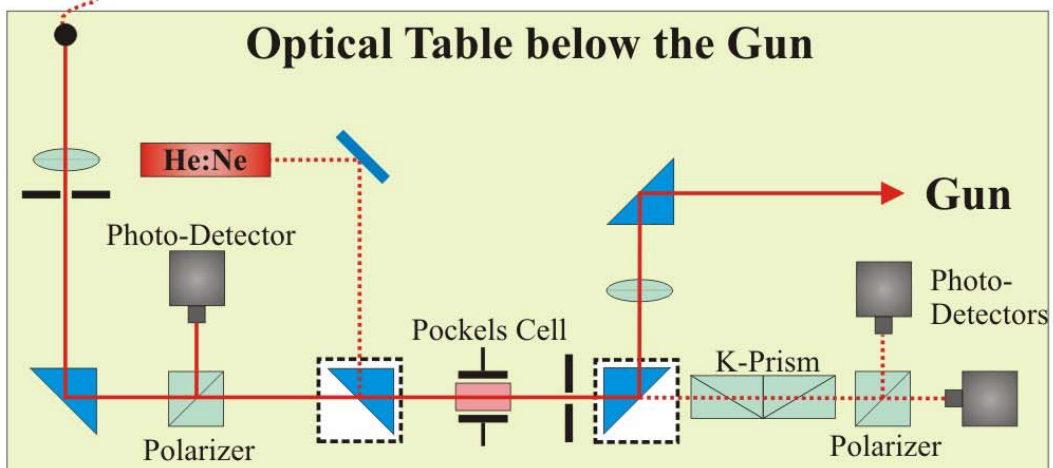
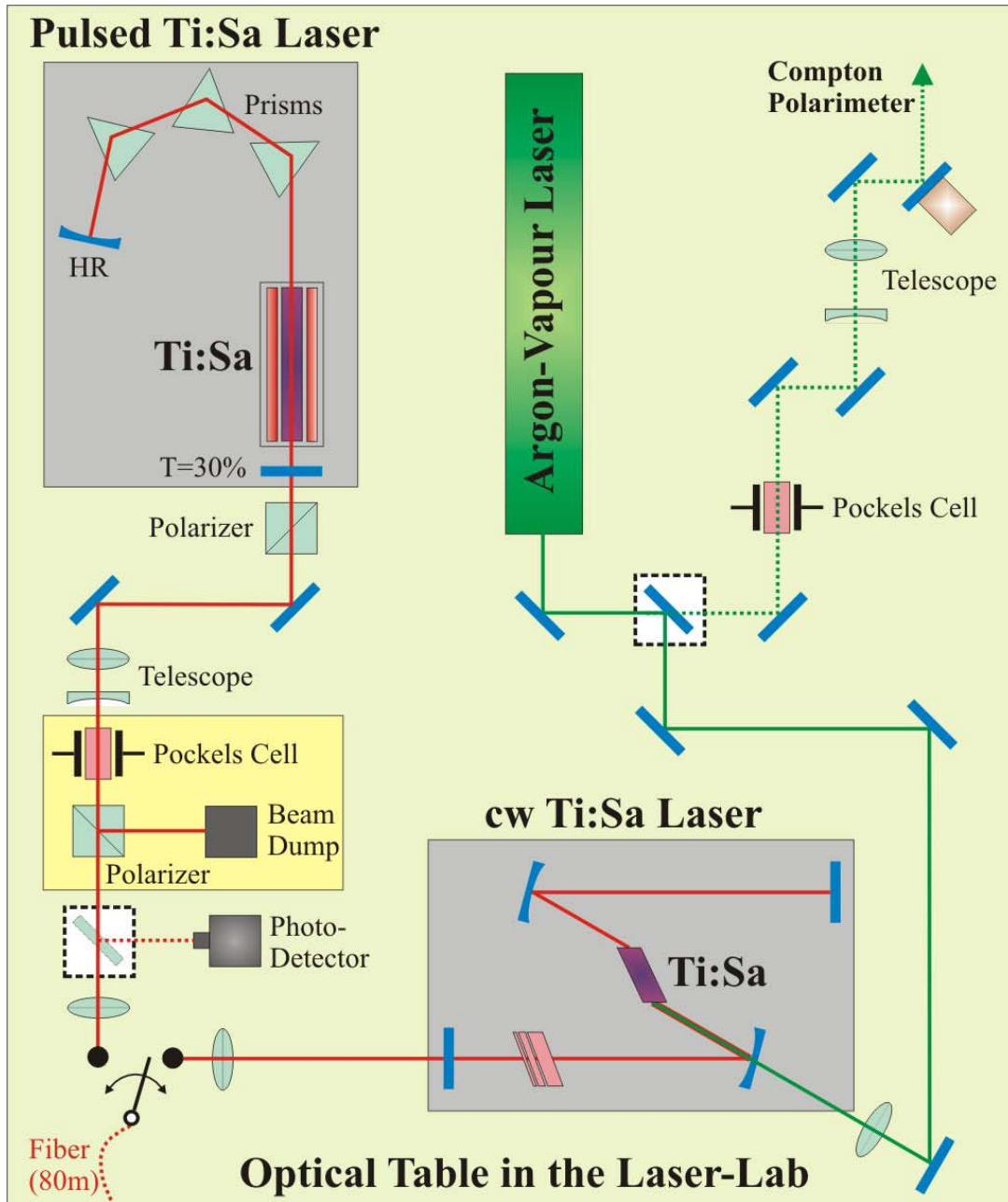
## Intrinsische Resonanzen:

- Aufbau zweier **Sprungquadrupol-Systeme**

## Polarimetrie:

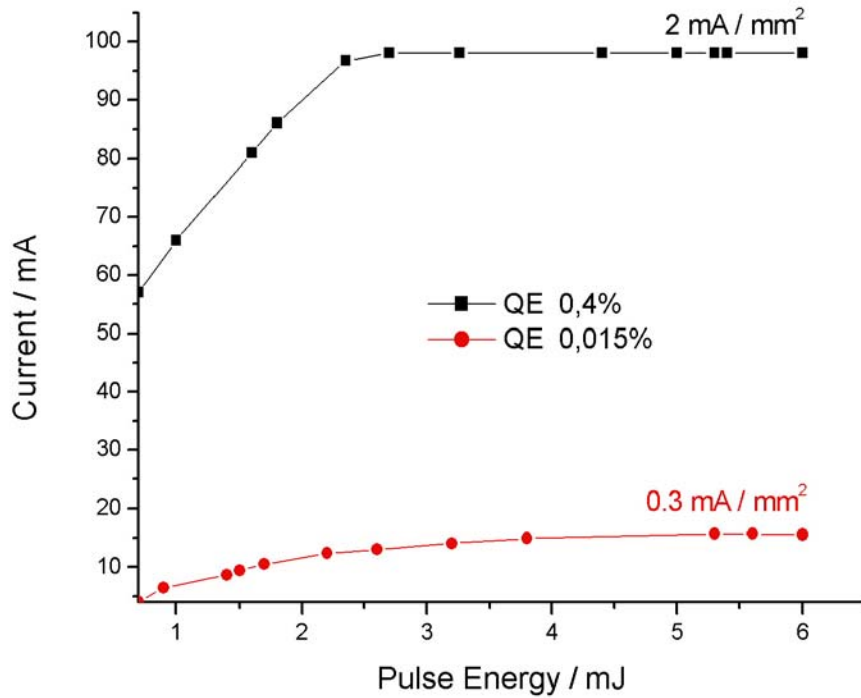
- Inbetriebnahme und Optimierung des **Compton-Polarimeters**

# Laser-Systeme

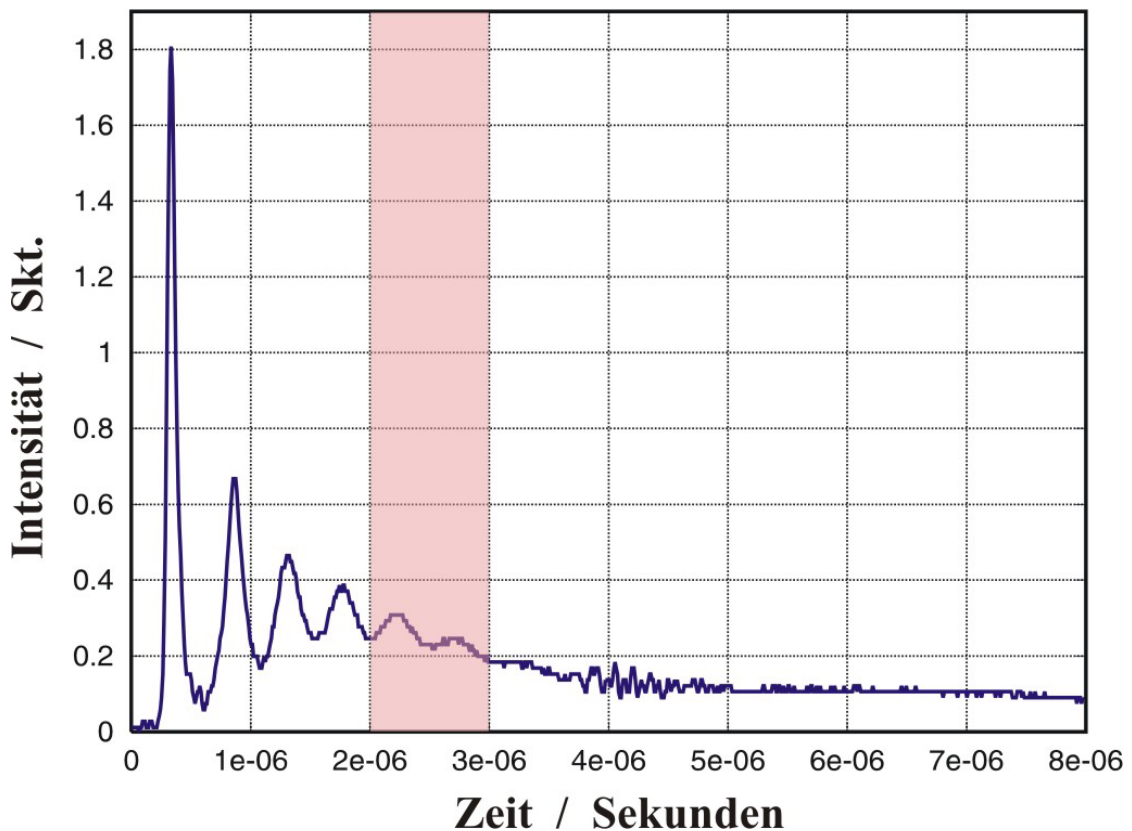


# Ti:Sa-Pulslaser

## Gemessene Ladungssättigung:

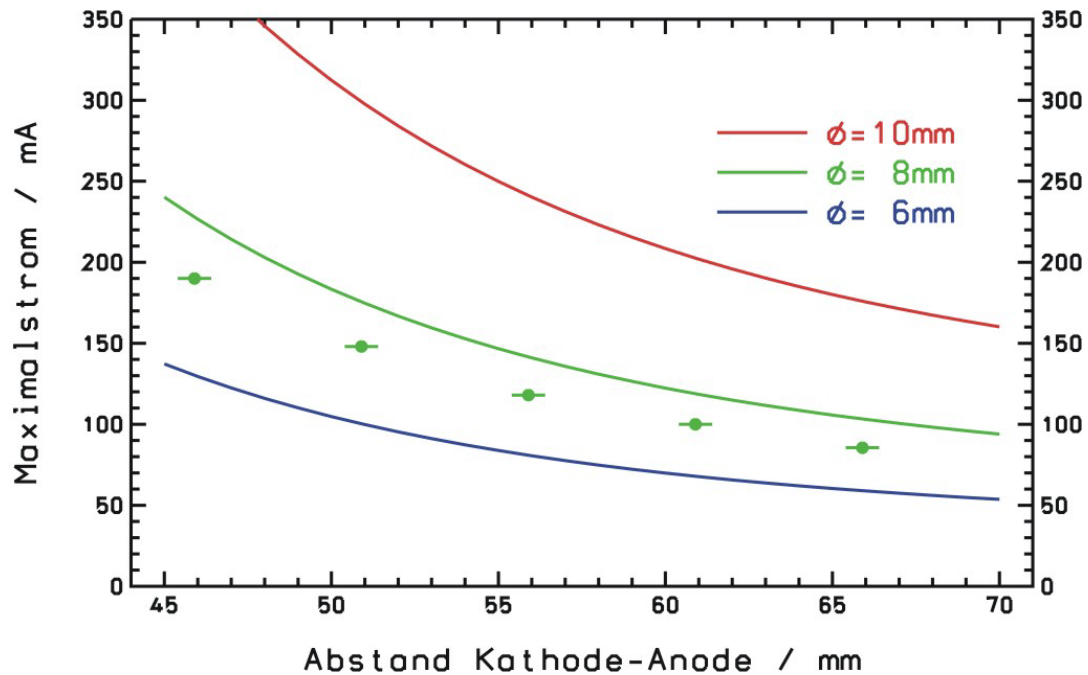


## „Freilaufender“ Ti:Sa-Laser, Pulsform:

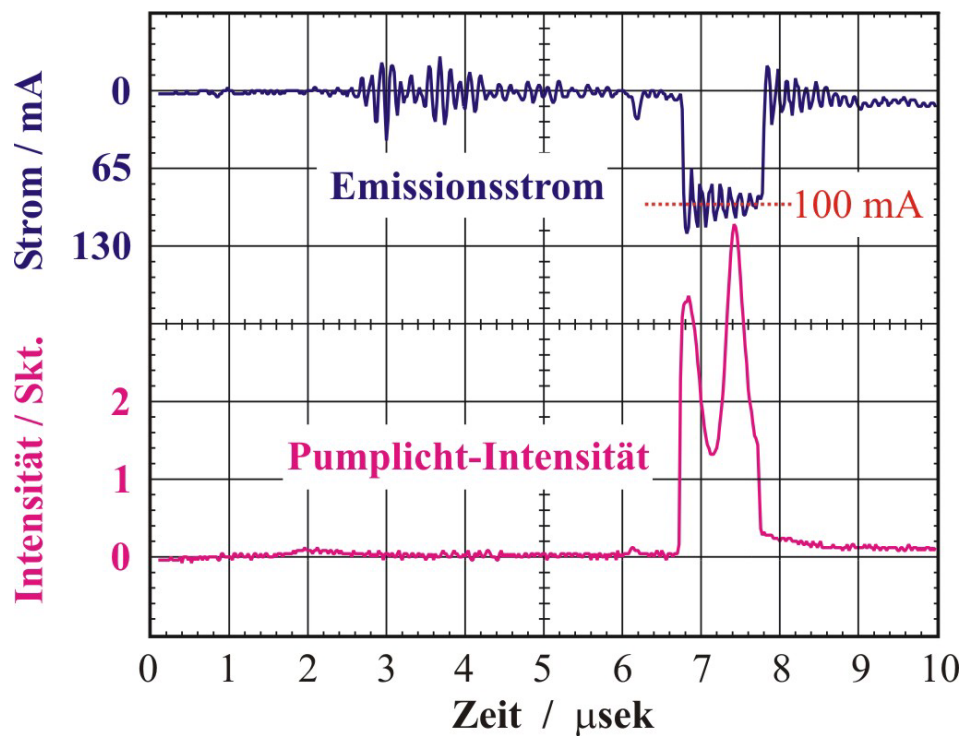


# Raumladungsbegrenzung

## Einstellbare Perveanz:

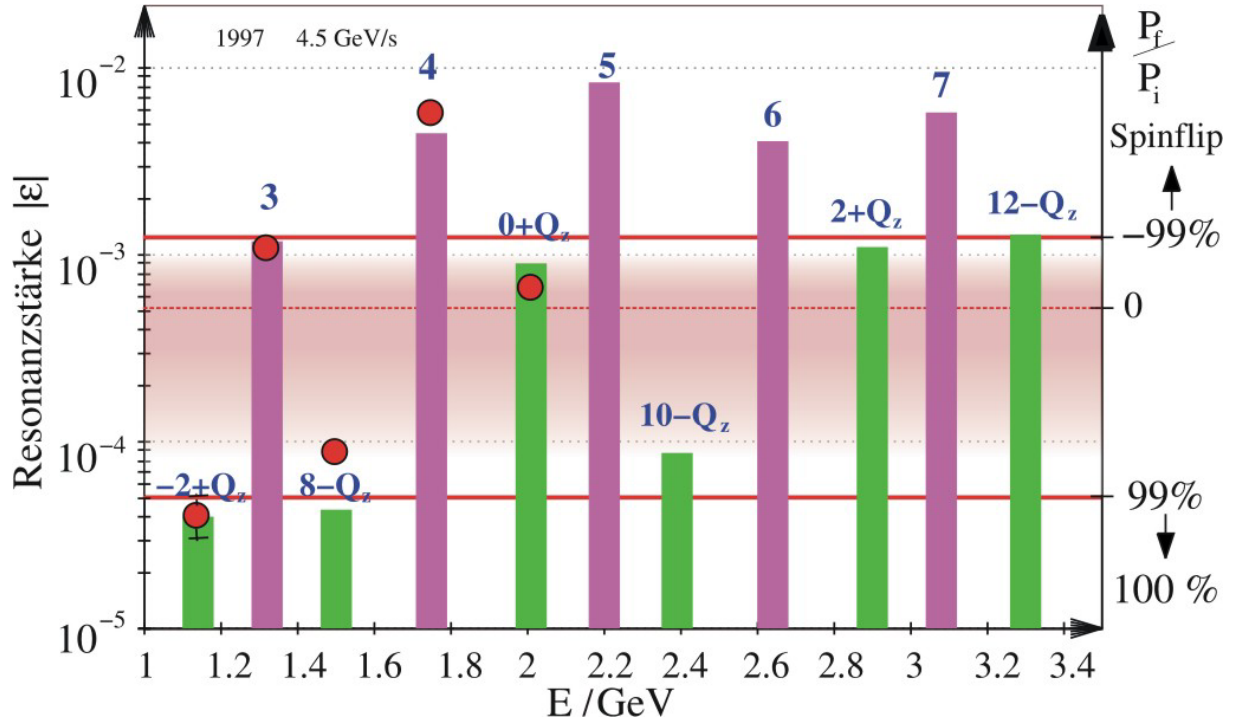


## Pulsform in Raumladungsbegrenzung:

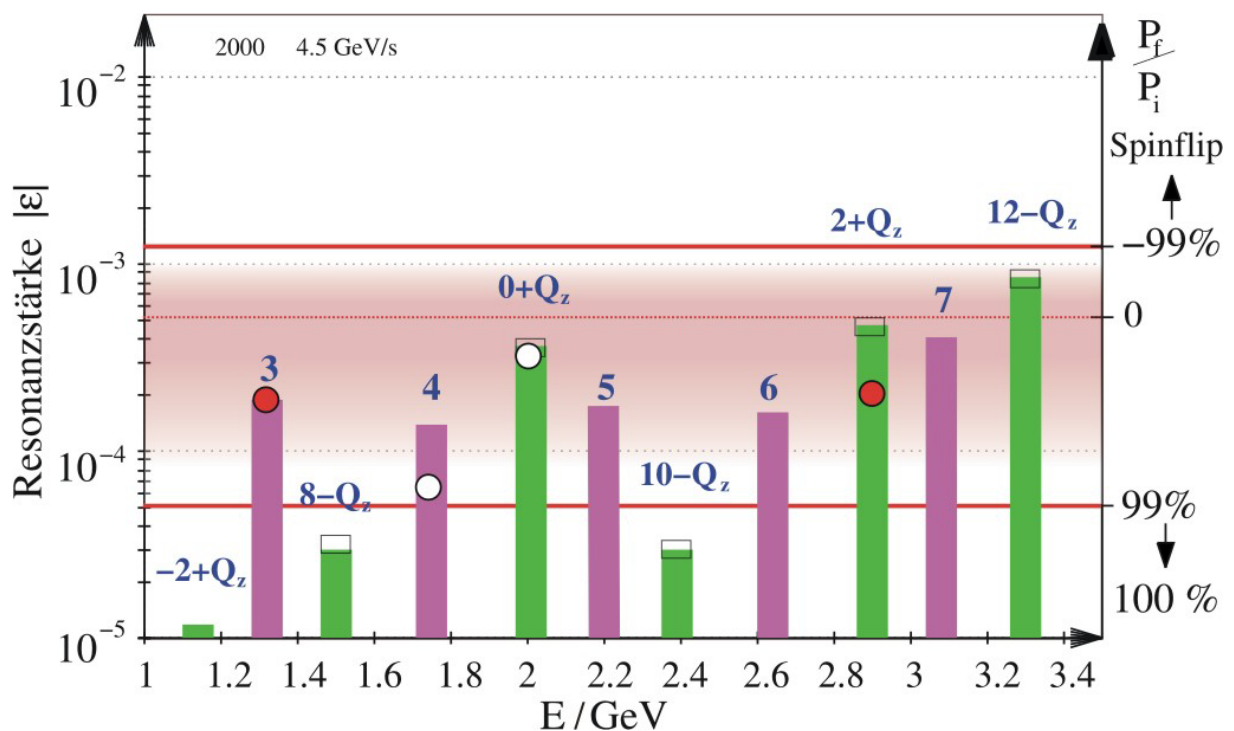


# Resonanzstärken

## Situation 1997:

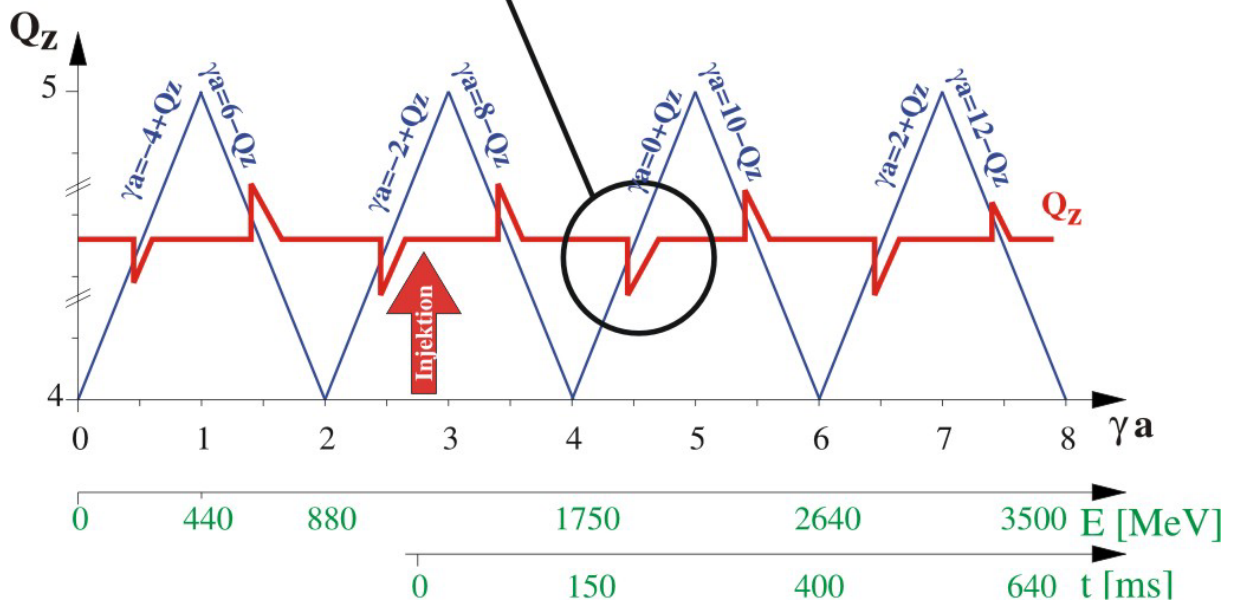
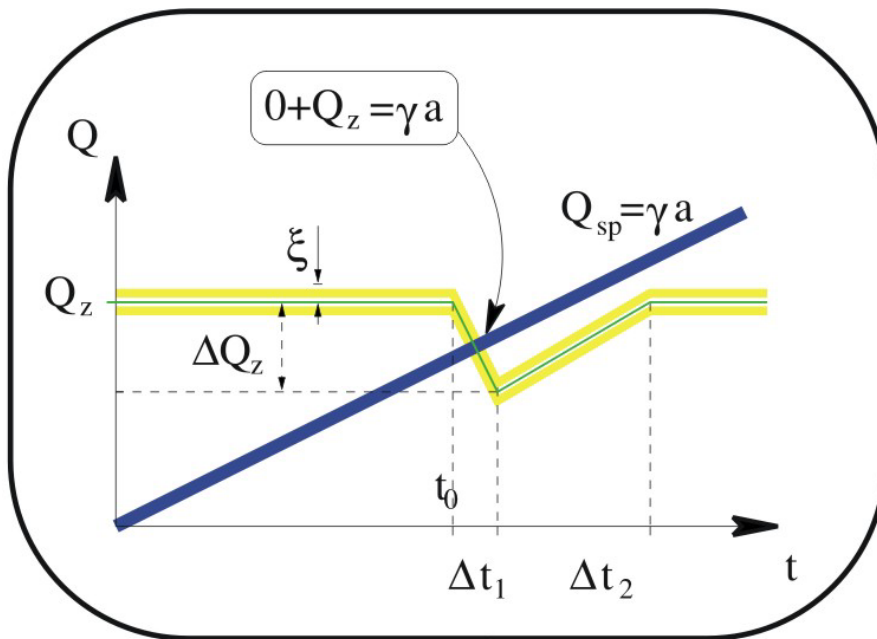


## Korrigierte Gleichgewichtsbahn und Reduzierung der Emittanzkopplung:



# Intrinsische Resonanzen

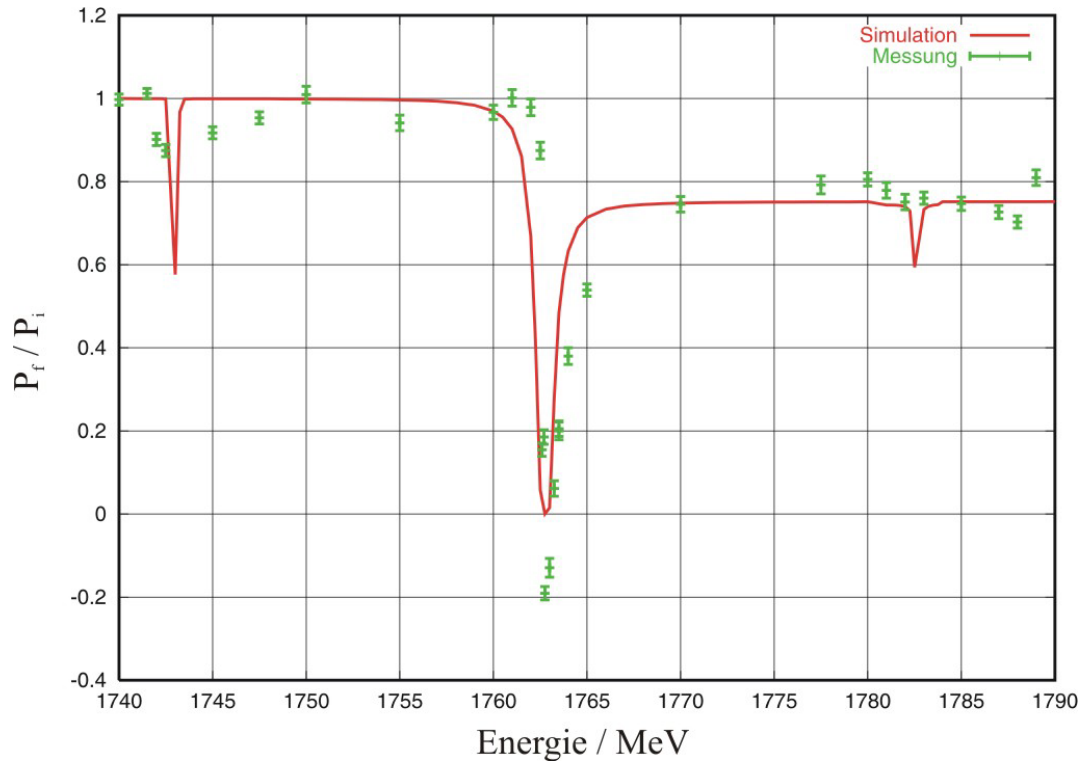
Korrektur der intrinsischen Resonanzen:



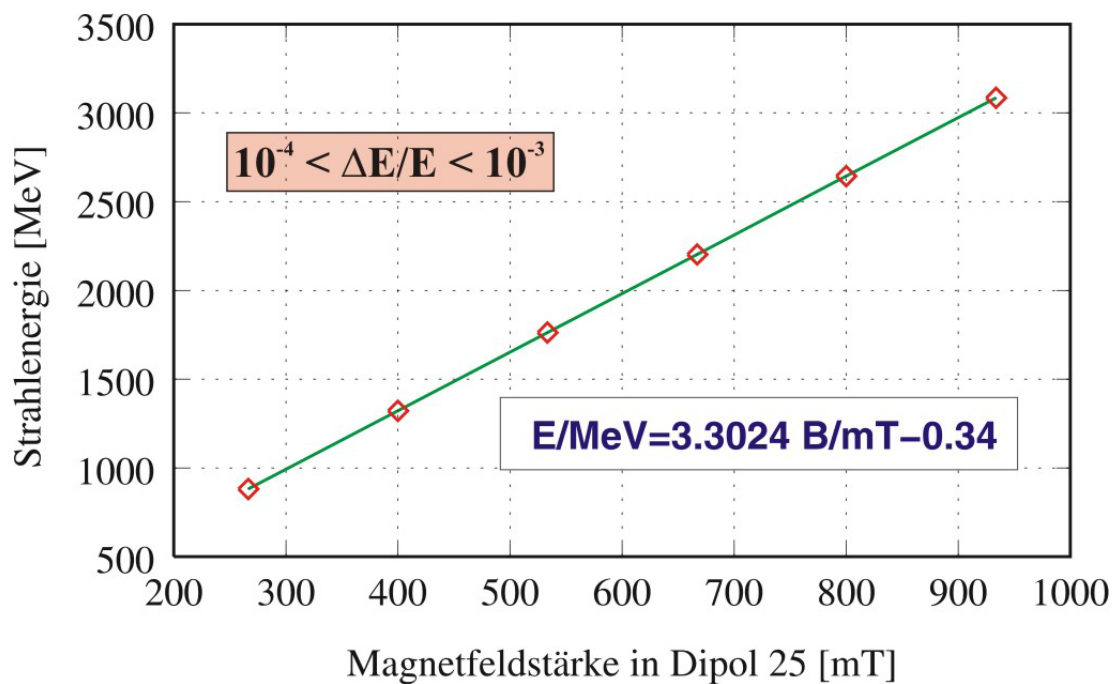
„Arbeitspunktspringen“

# Energiekalibration

## Kreuzung der Resonanz $\gamma a=4$ :



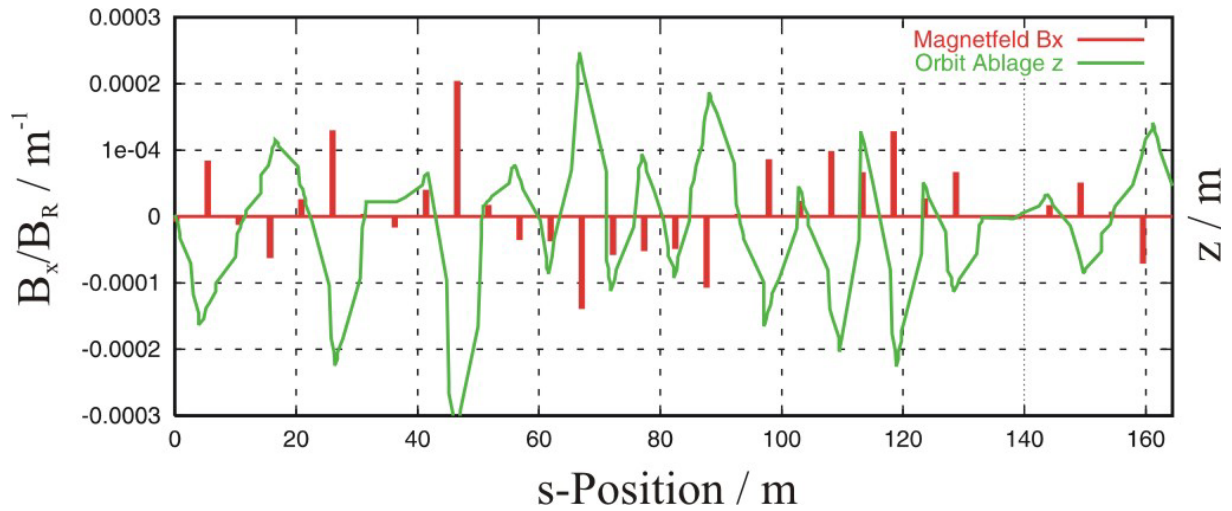
## Zusammenhang zwischen E und B:



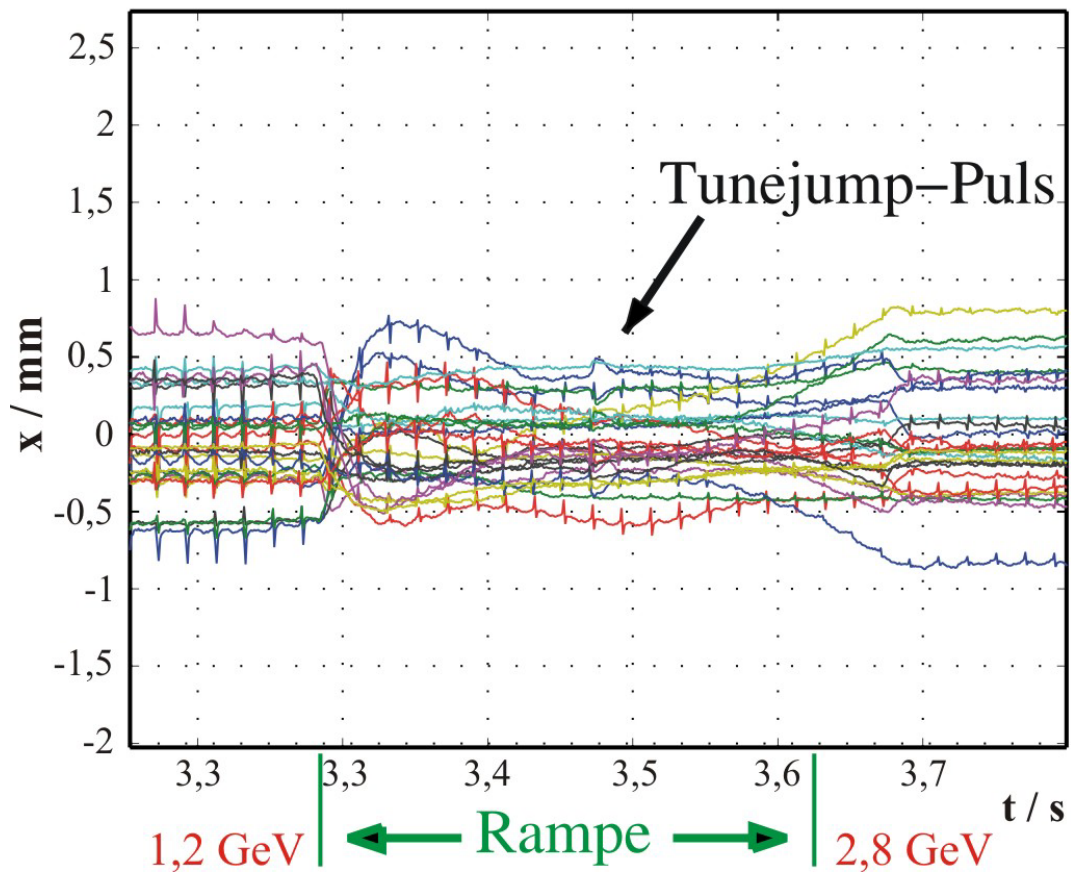


# Gleichgewichtsbahn

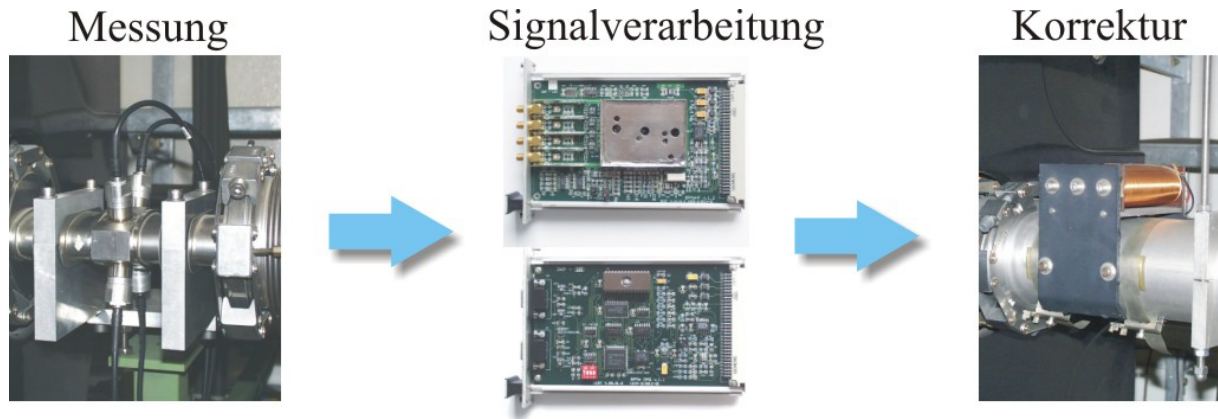
## Statische Korrektur:



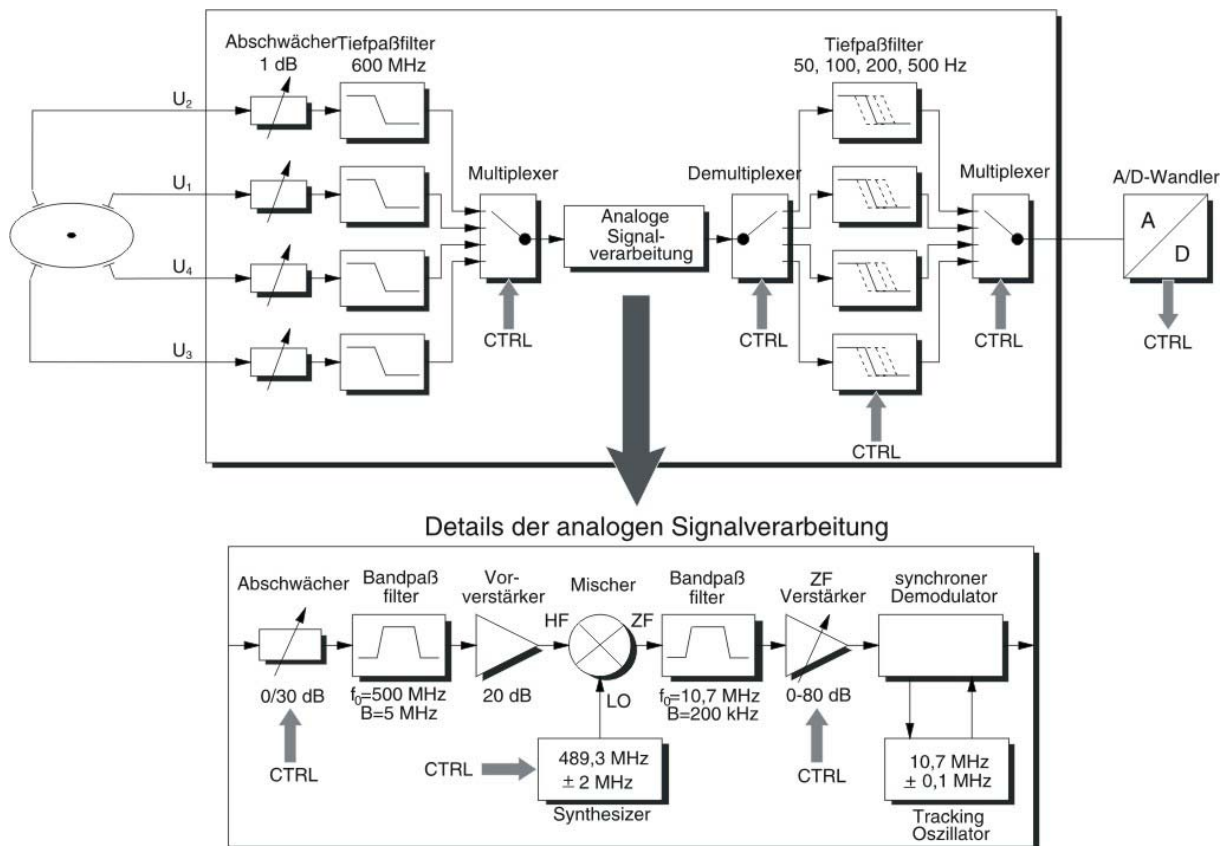
## Dynamische Korrektur mit mehreren Stützstellen:



# Monitorsystem



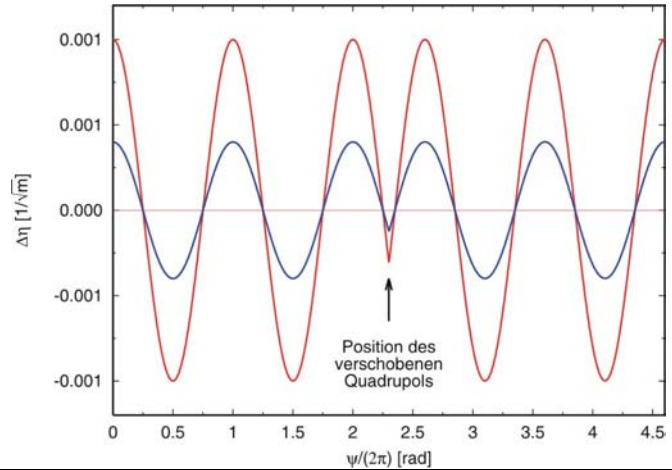
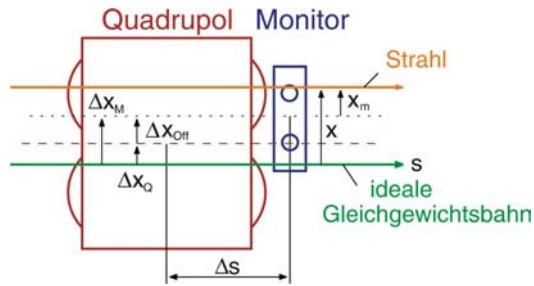
## HF-Teil der Monitorelektronik:



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

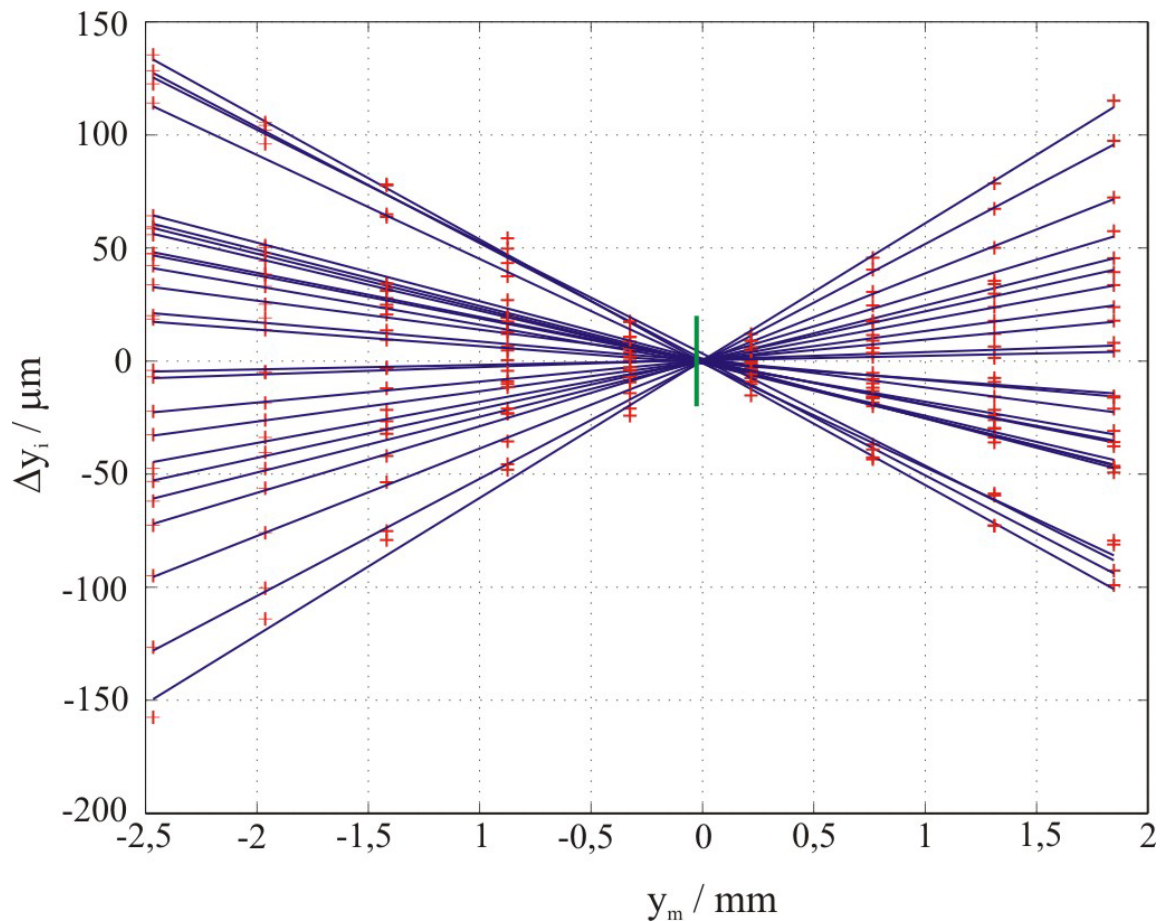
# Kalibrierung

## Kalibrationsprinzip:



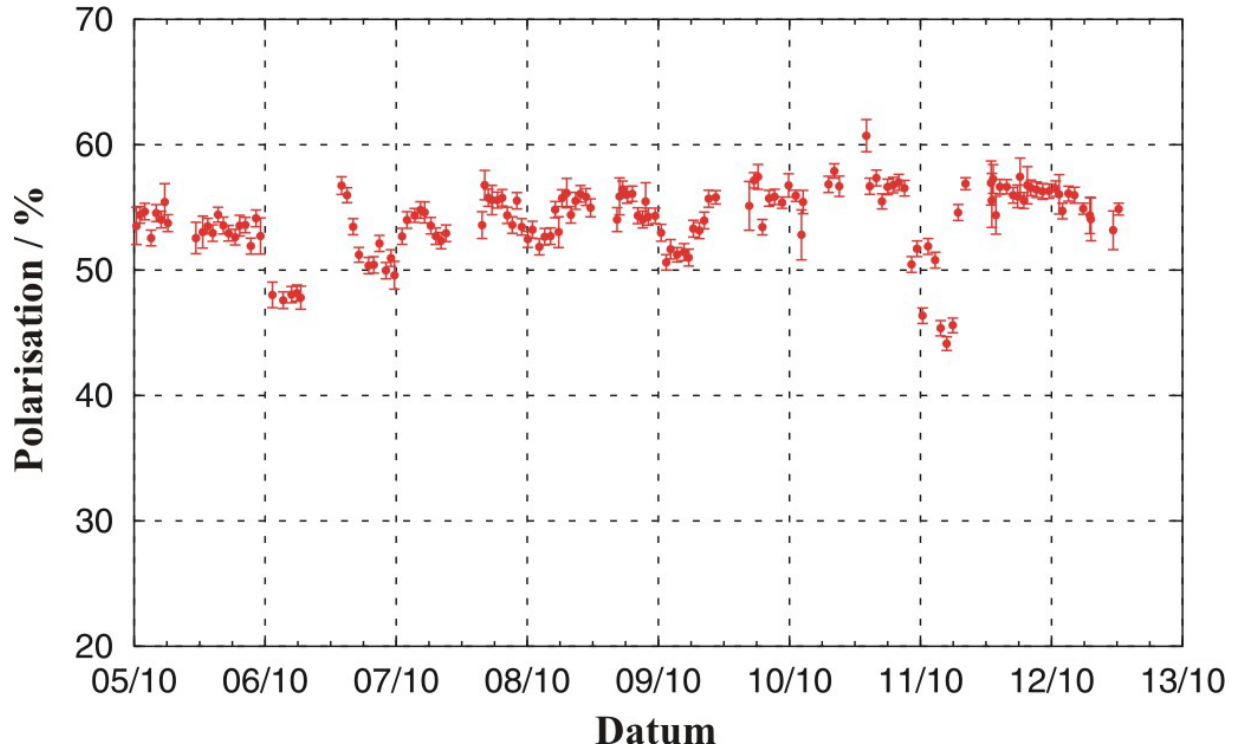
**„Beam-Based Alignment“**

## Bestimmung des BPM-Nullpunktes:

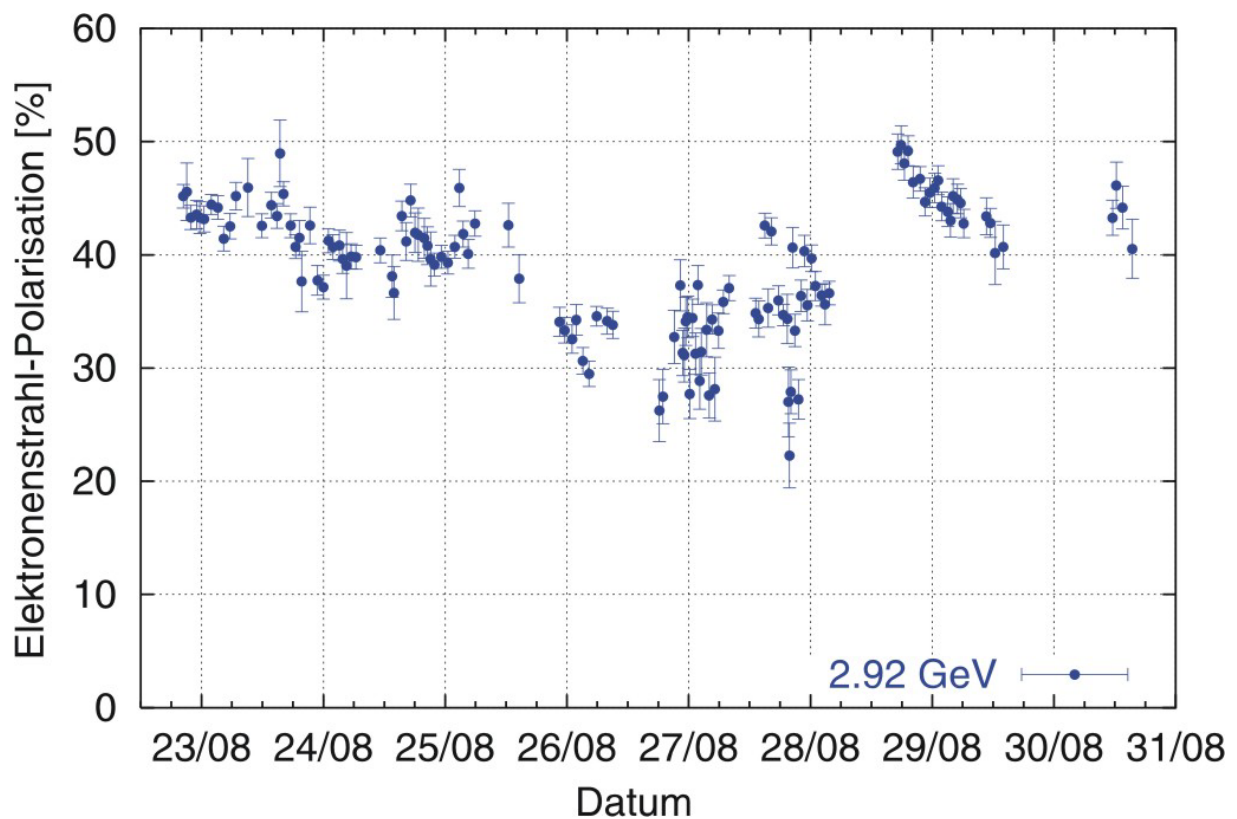


# Langzeitstabilität

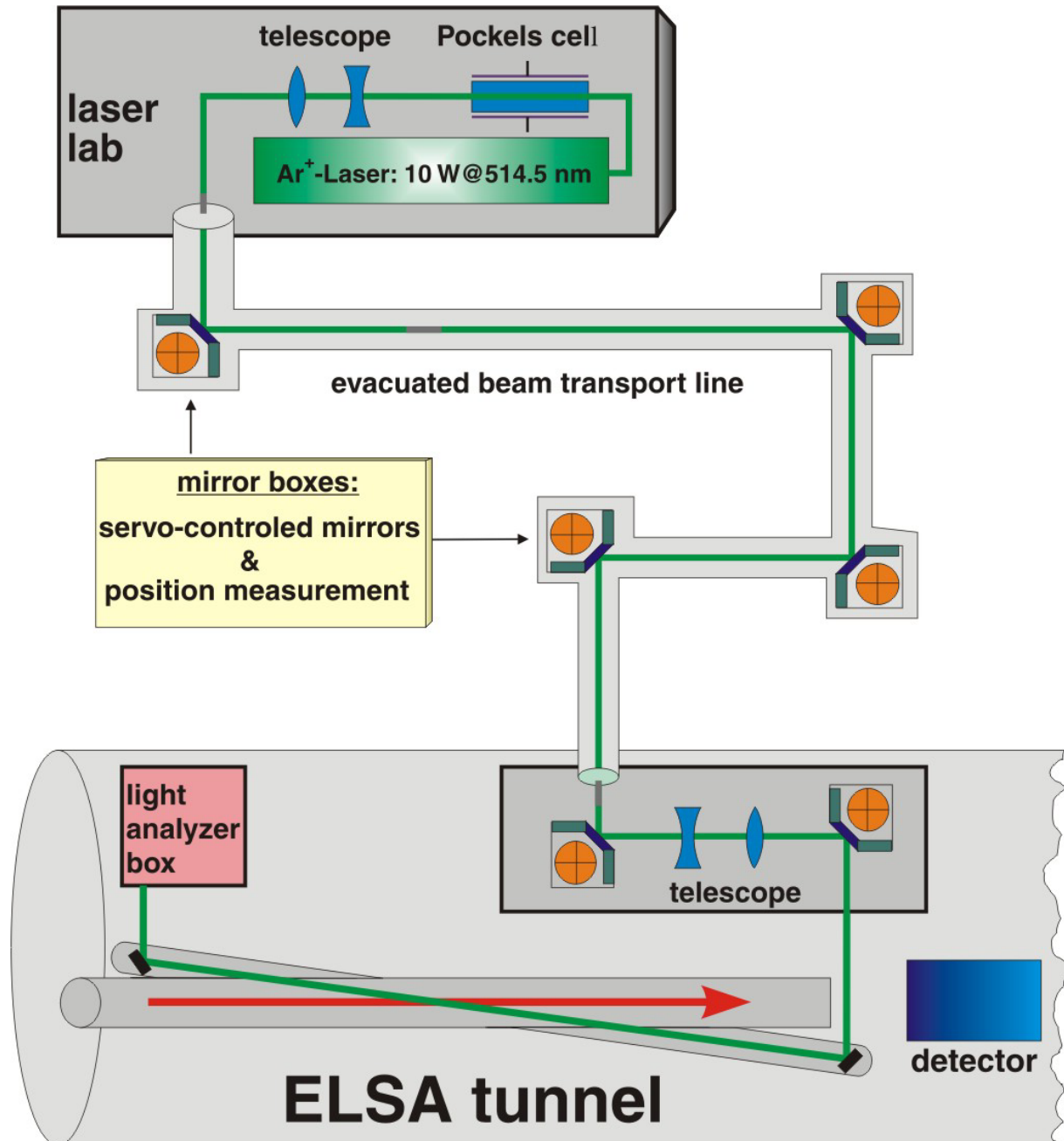
## Polarisation des externen Strahls @ 2,4 GeV:



## Polarisation des externen Strahls @ 2,92 GeV:

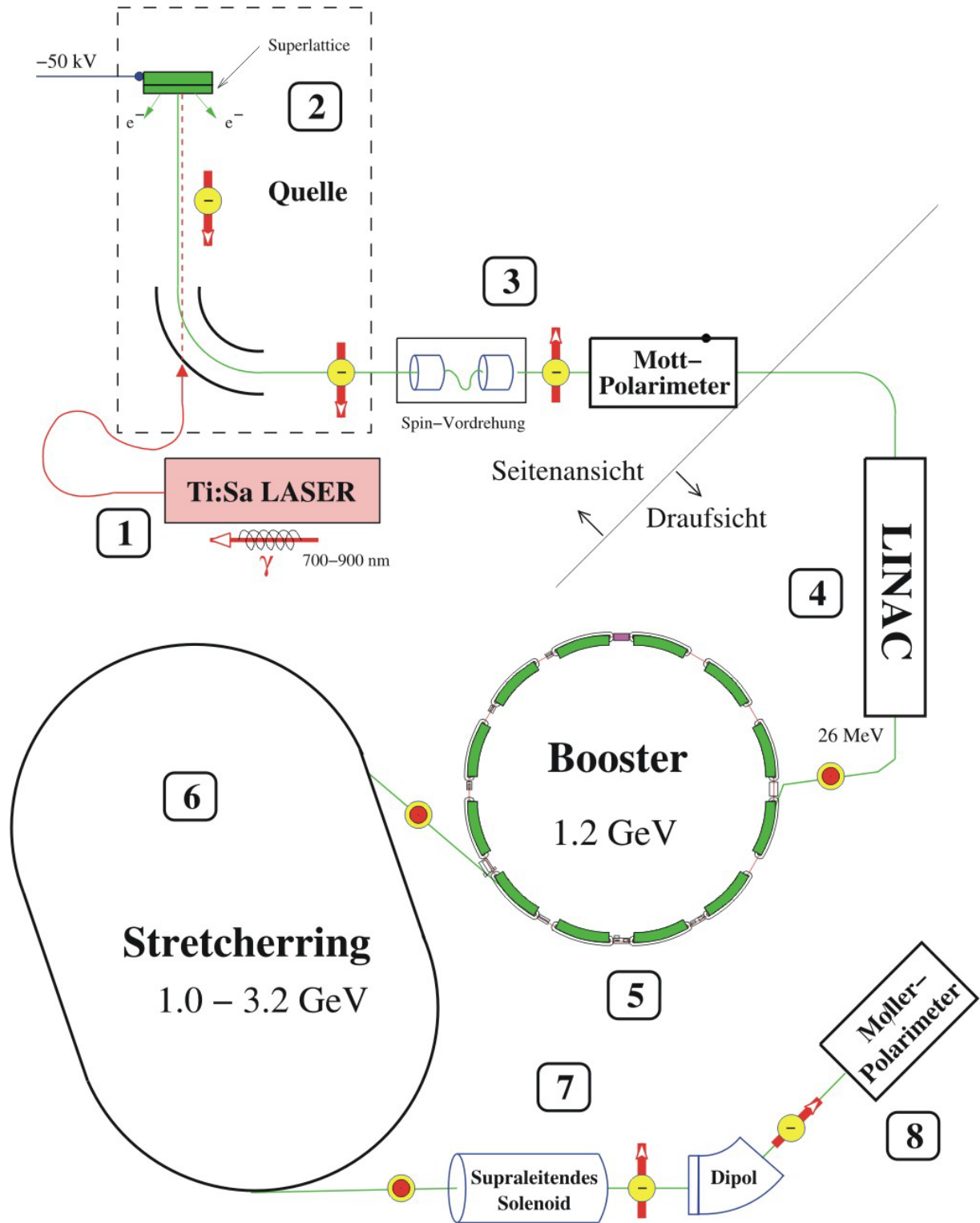


# Compton-Polarimeter



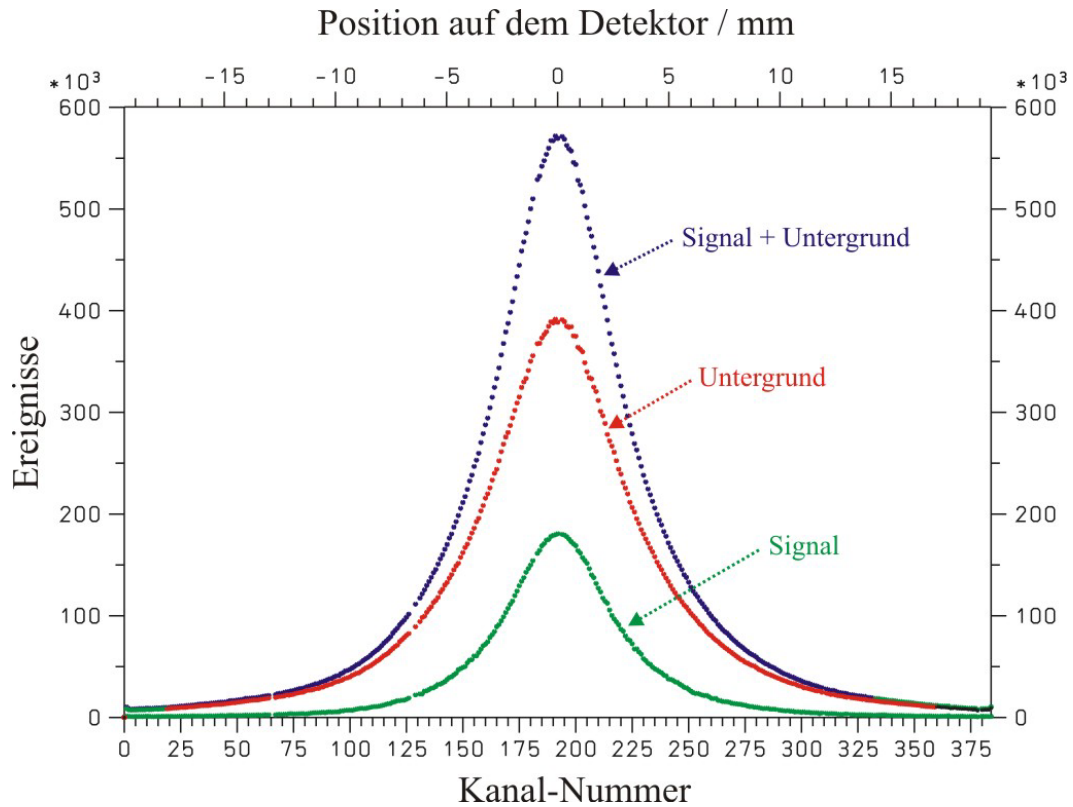
**Aktive Stabilisierung des Laserstrahls**  
**Si-Streifendetektor mit 384 ausgelesenen Kanälen**

# Polarisationstransport

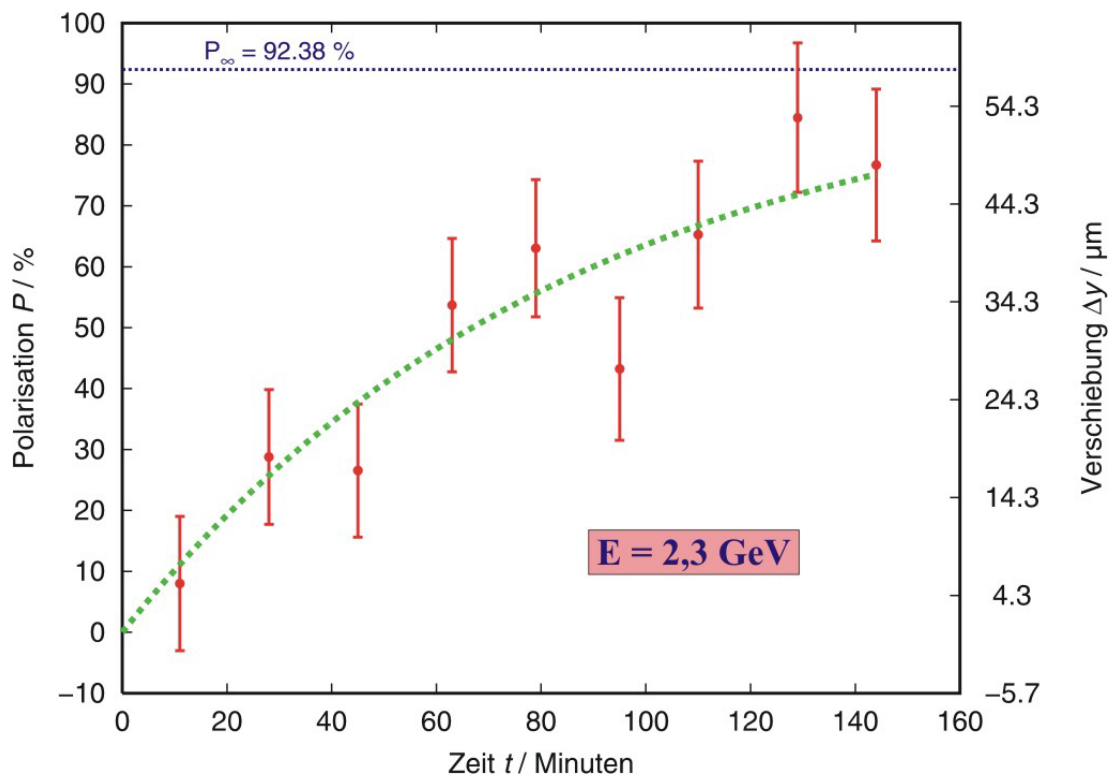


# Messergebnisse

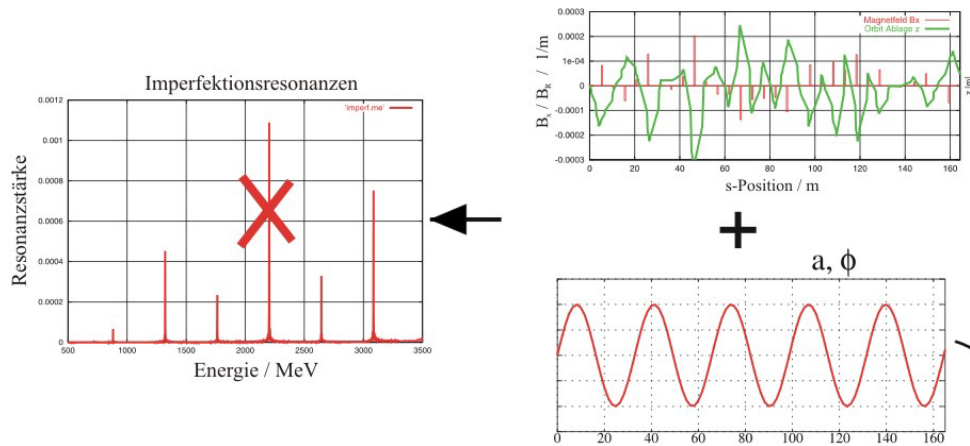
## Intensitätsprofile Compton gestreuter Photonen:



## Selbstpolarisation in ELSA:



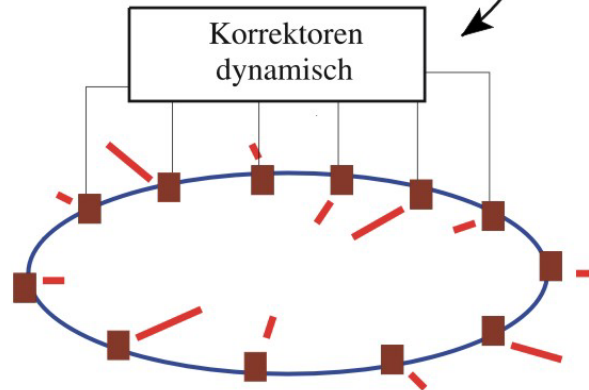
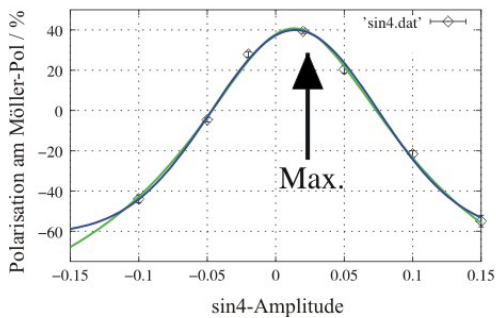
# Harmonischen-Korrektur



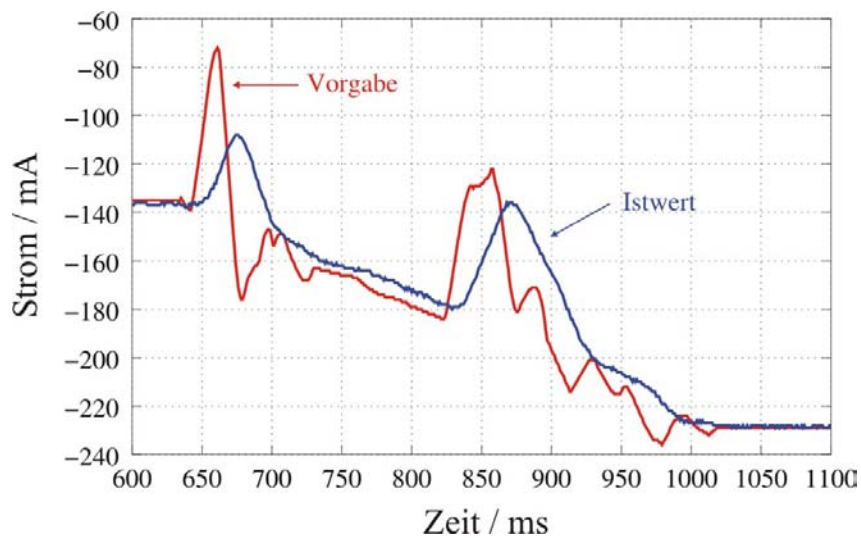
spezielle zusätzliche Magnetfelder entlang des Rings, immer dann, wenn eine Resonanz gekreuzt werden soll

$$\mathbf{B}(s) = a \sin(Q_{sp}\vartheta) + b \cos(Q_{sp}\vartheta)$$

Empirische Bestimmung der Koeffizienten



## Schleppfehler-Korrektur der Korrektoren:





# Zusammenfassung

---

## Quelle polarisierter Elektronen:

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

## Polarisationserhaltende Beschleunigung:

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

## Externer Elektronenstrahl:

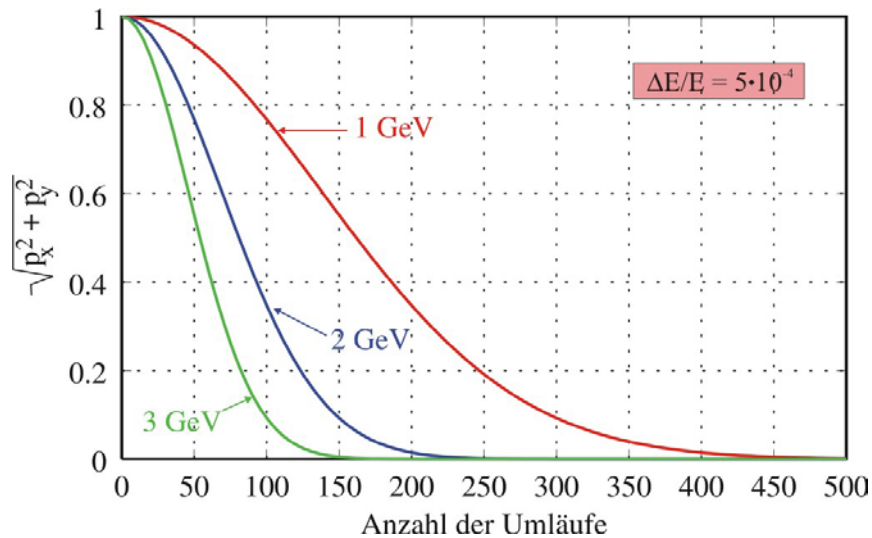
- Strahlstrom bis zu 3 nA im Dauerbetrieb
- Stabilisierung der Tagging-Rate
- Polarisation  $P > 50 \%$  für Energien  $E > 1,5$  GeV
- Energiekalibration:  $\Delta E \leq 1$  MeV

## Compton-Polarimeter:

- Erste Messung der Selbstpolarisation in ELSA
- Demnächst verbesserte Untergrundbedingungen

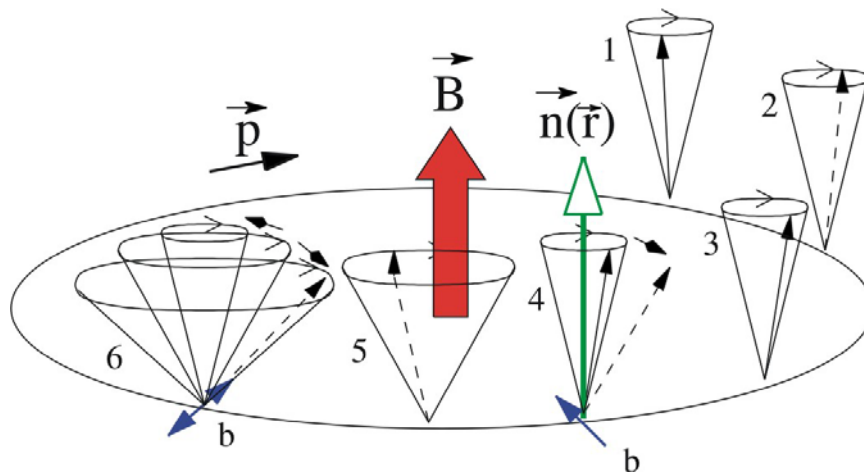
# Depolarisation

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



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

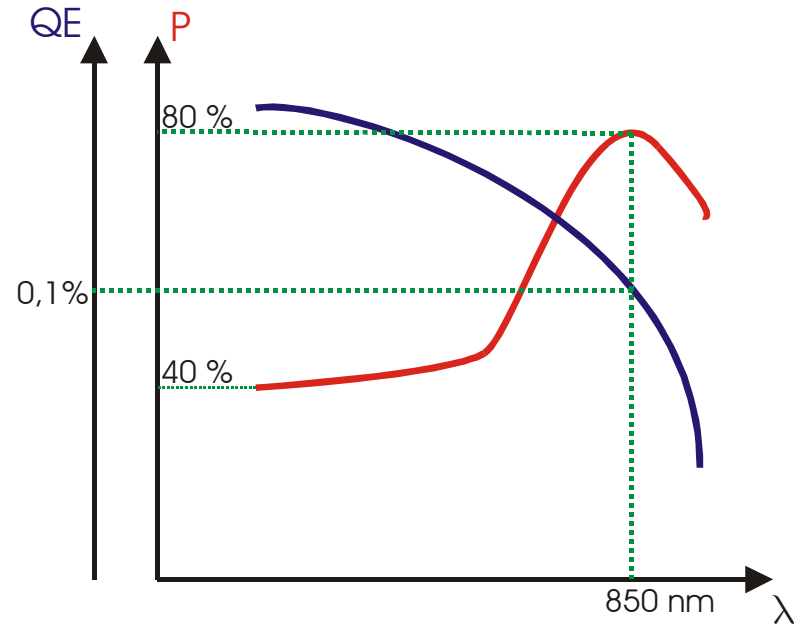
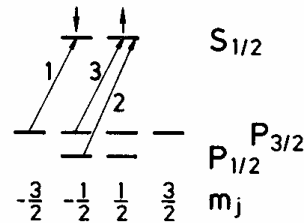
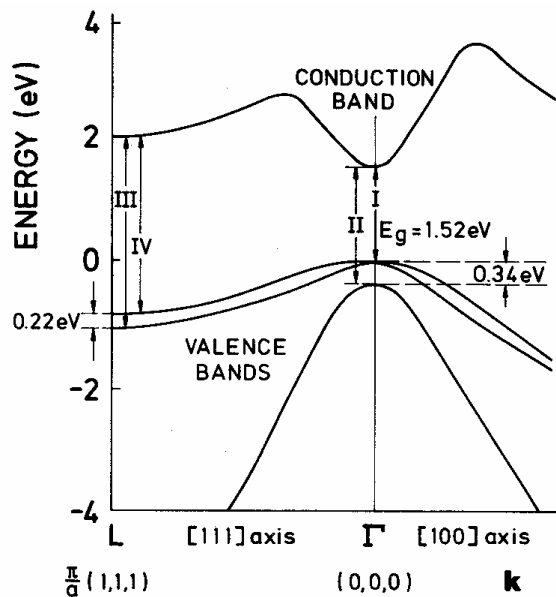
**Spinpräzession unter Einfluss von Störfeldern:**



**Klassifikation der Resonanzen:**

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

# Photoeffekt am GaAs



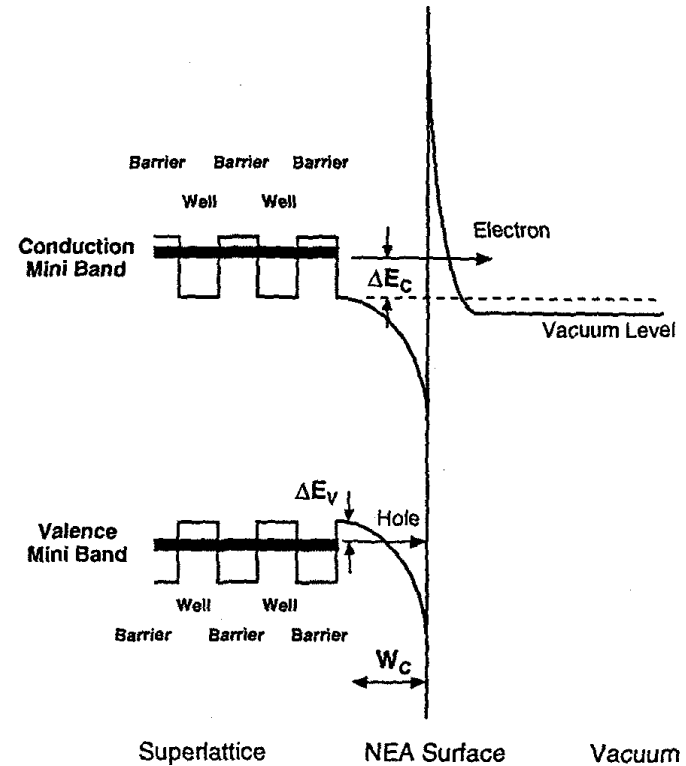
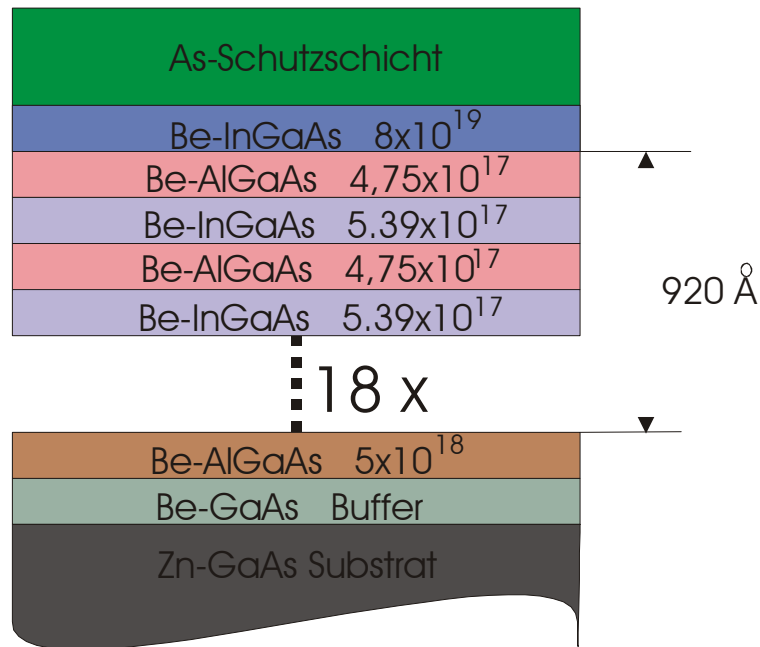
erreichbare Polarisation:

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

Aufhebung der Bandentartung:

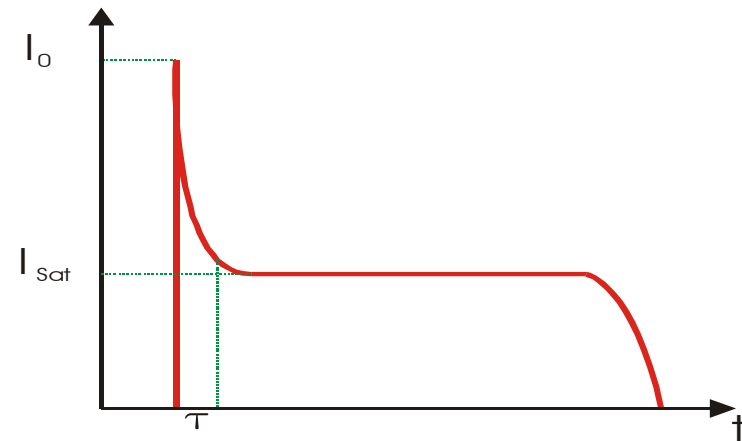
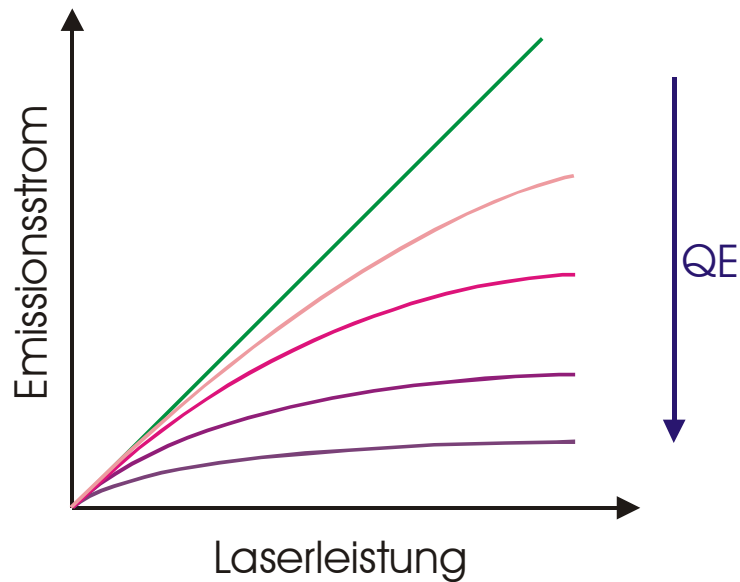
„strained layer“, „superlattice“

# Superlattice-Kristalle



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

# Ladungssättigung



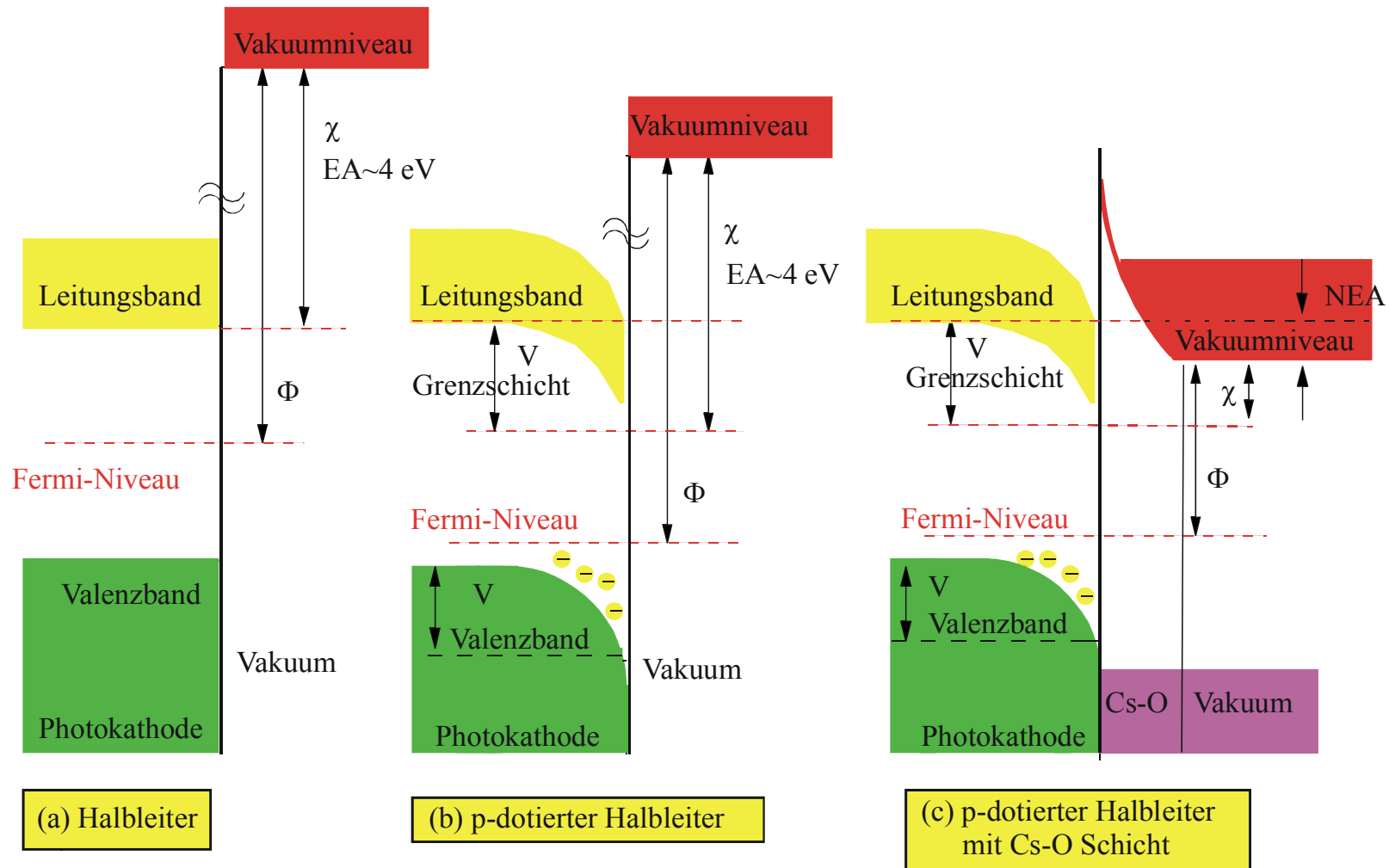
$$I_{sat} = I_0 \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ 1 - A \cdot \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \cdot e^{-\frac{i \Delta t}{n \tau}} \right\}$$

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

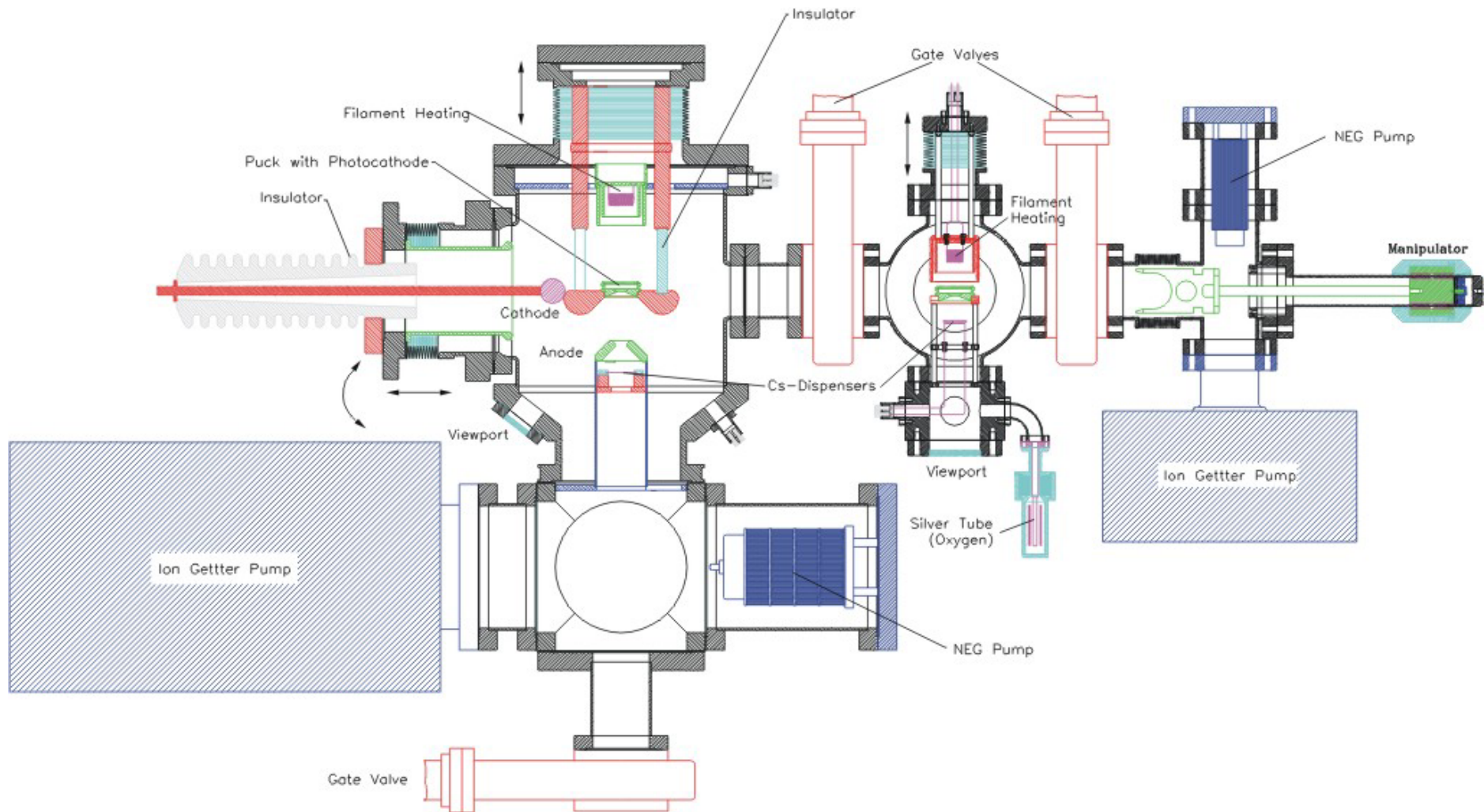
**PES Bonn: höchster Emissionsstrom / Kathodenfläche weltweit !**

**Keine Verschiebung des Laserflecks auf der Kathode möglich!**

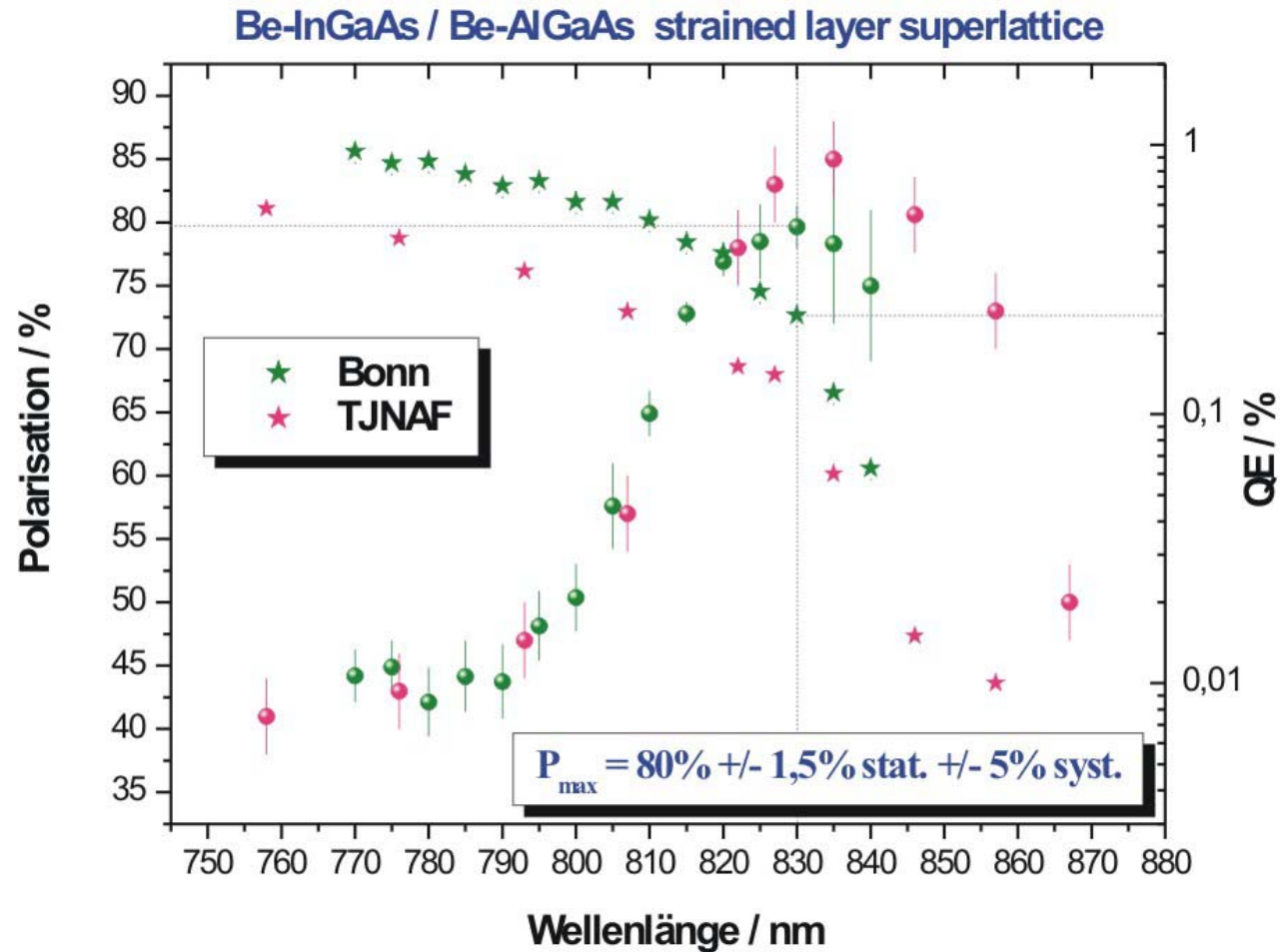
# Überwindung der Austrittsarbeit



# Quelle und Vakuumschleuse

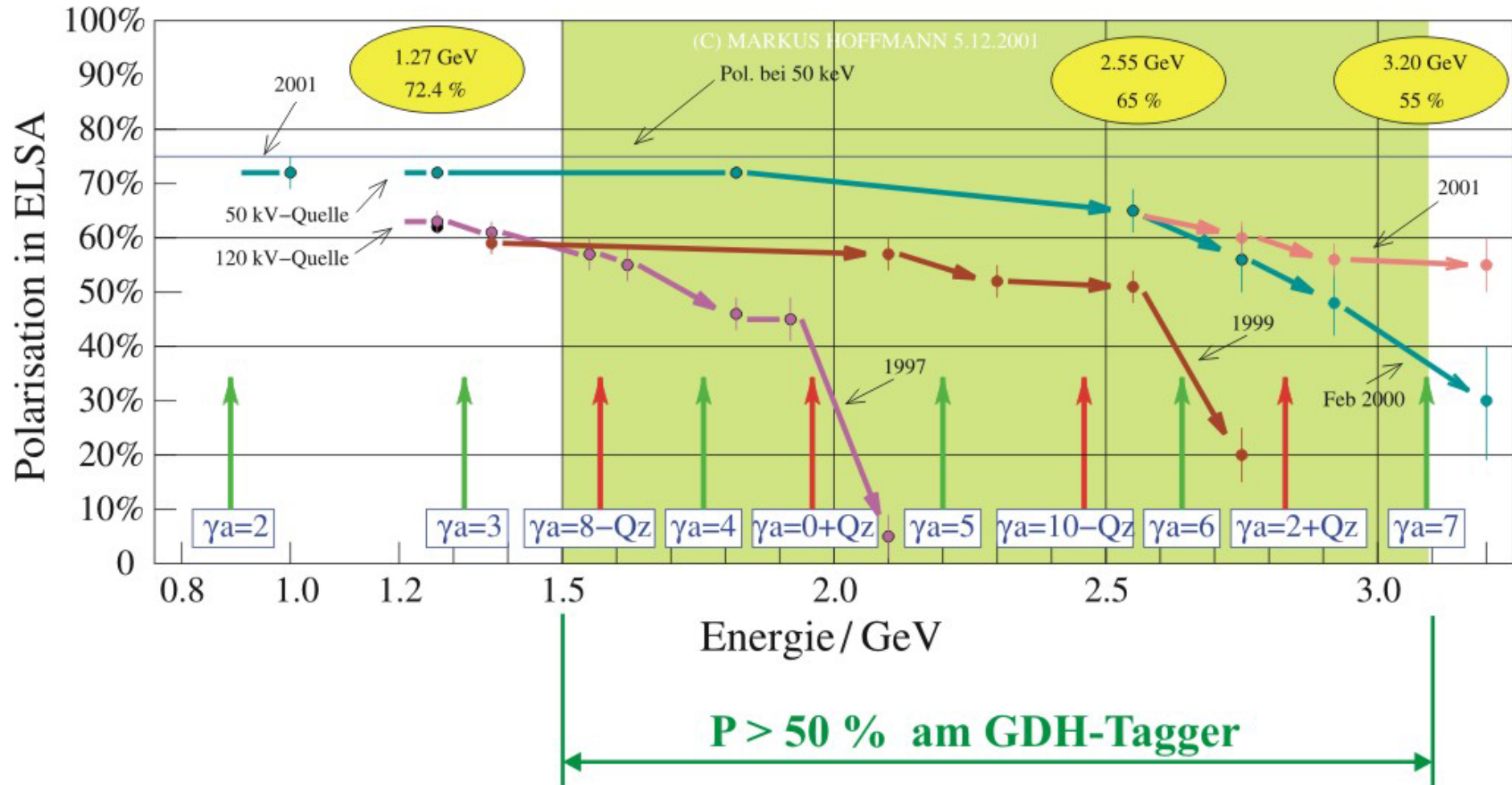


# Eigenschaften der Photokathode

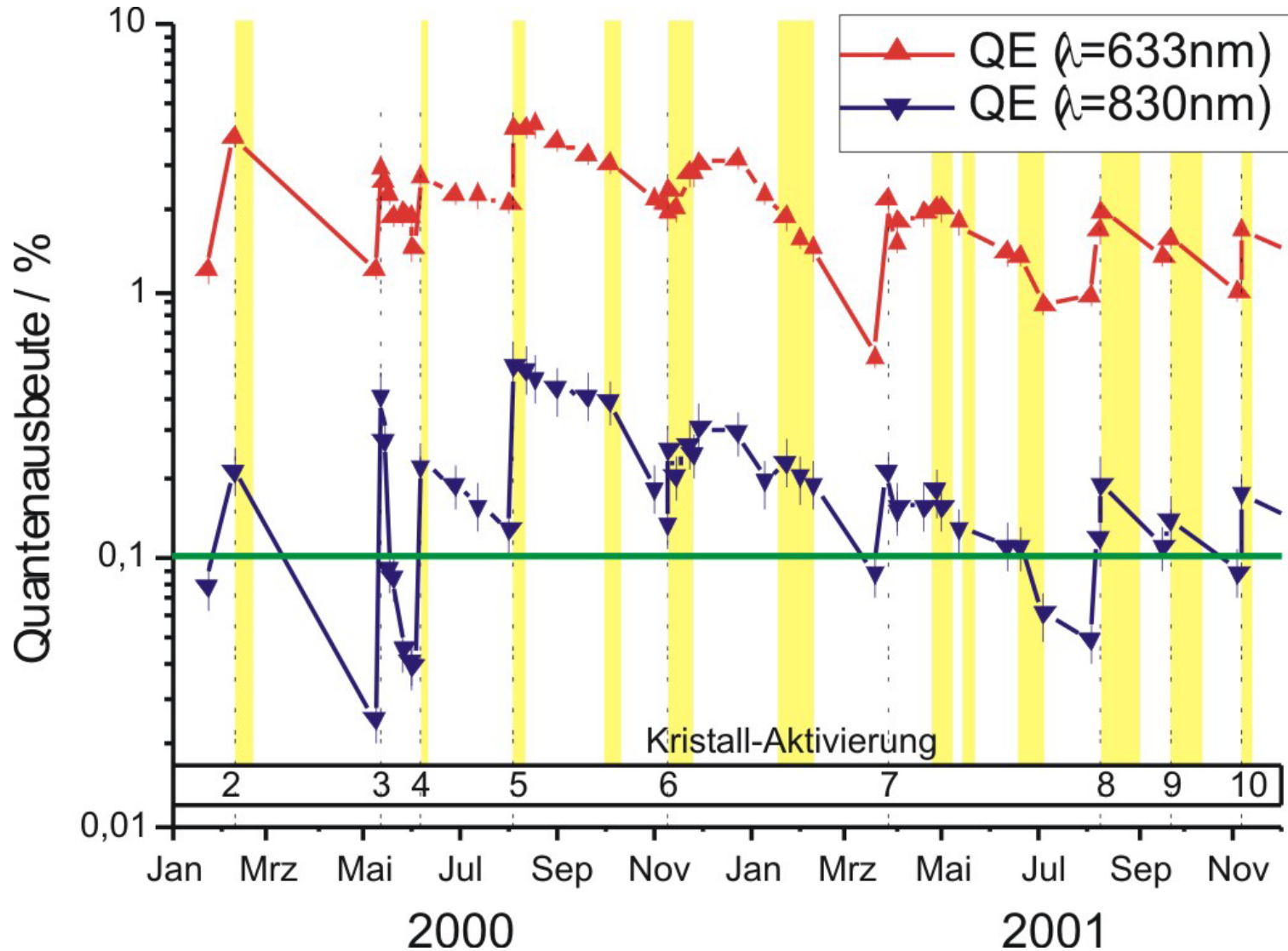




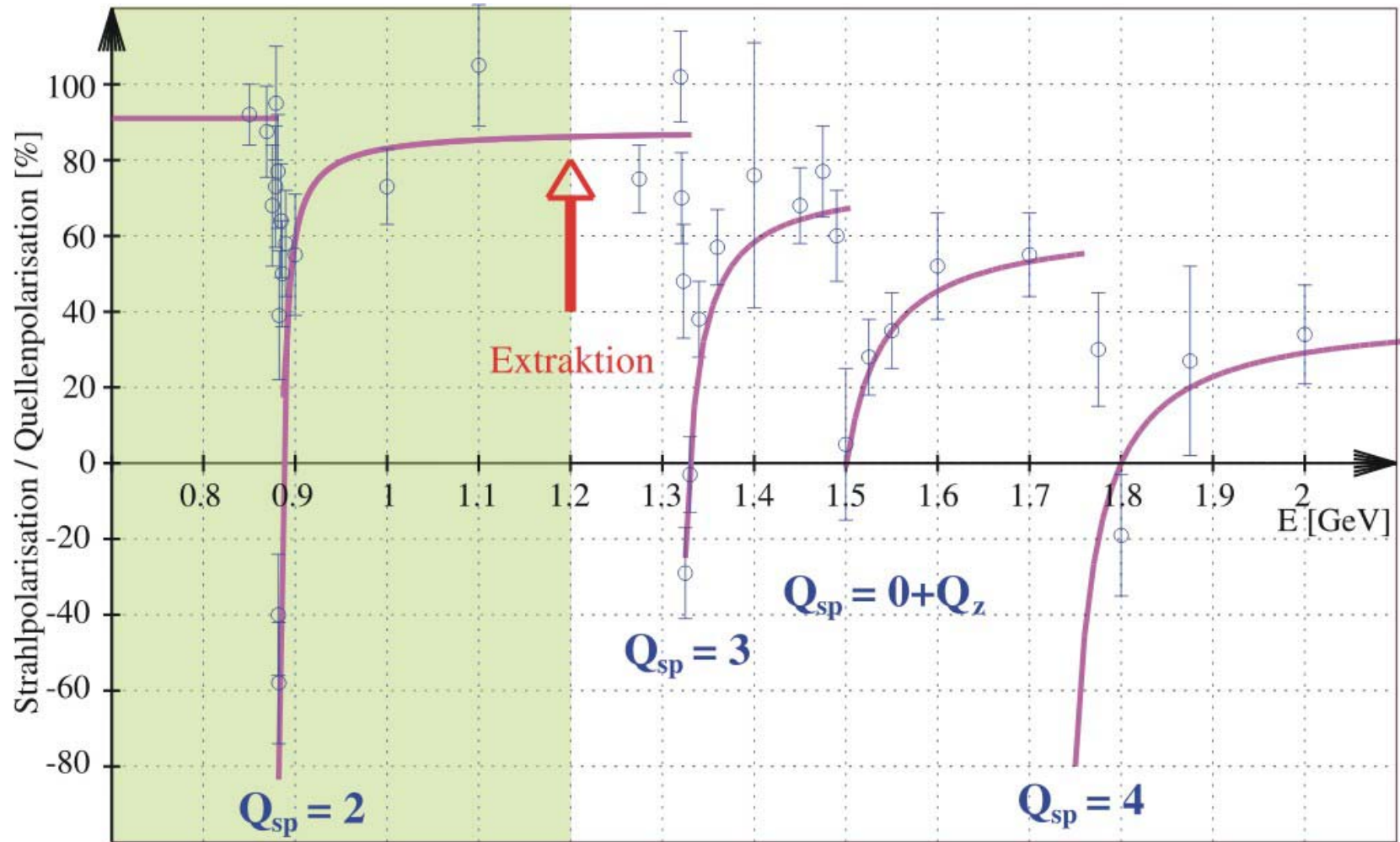
# Erreichte Polarisation in ELSA



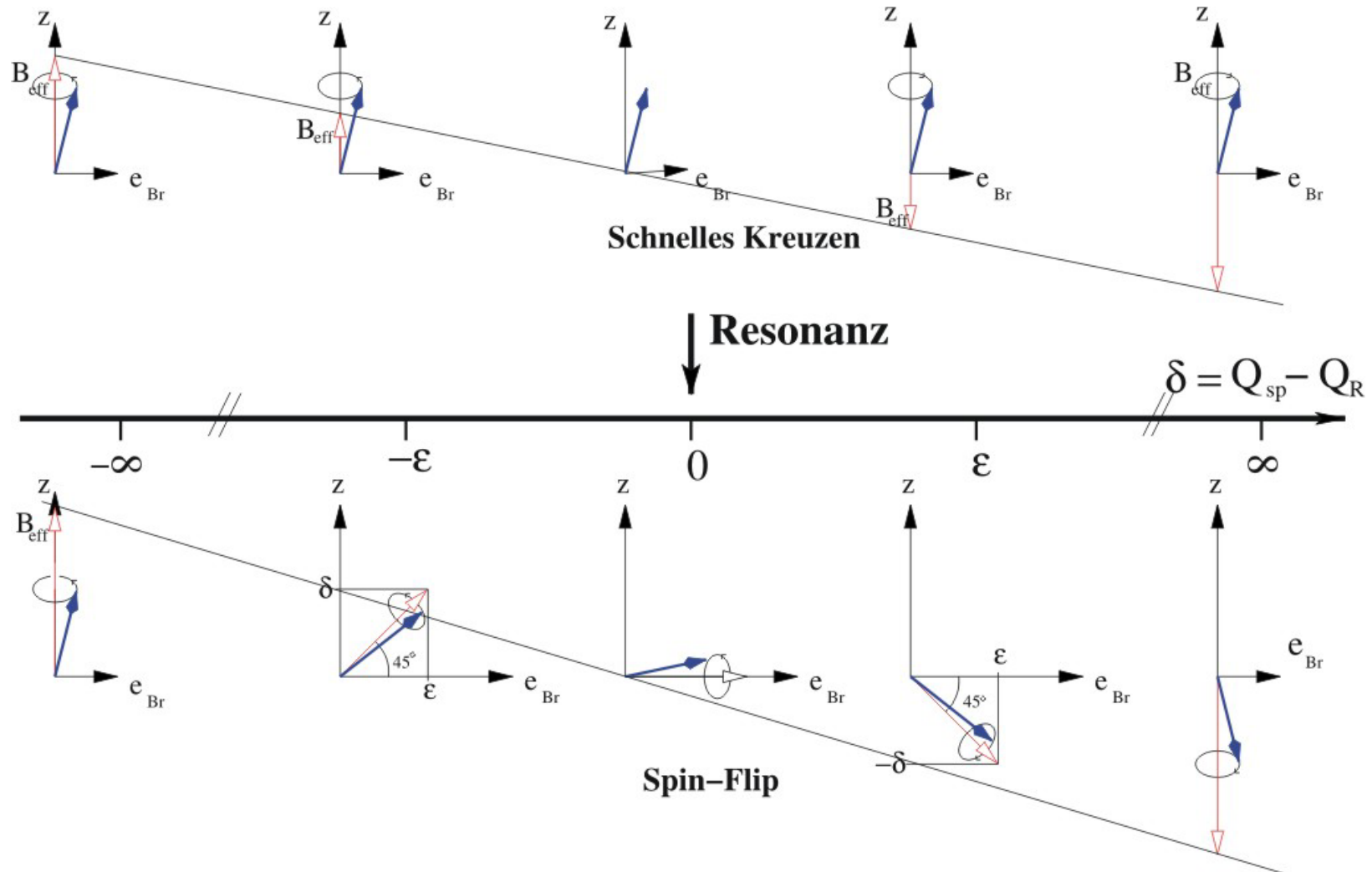
# Verfügbarkeit der 50-keV-Quelle



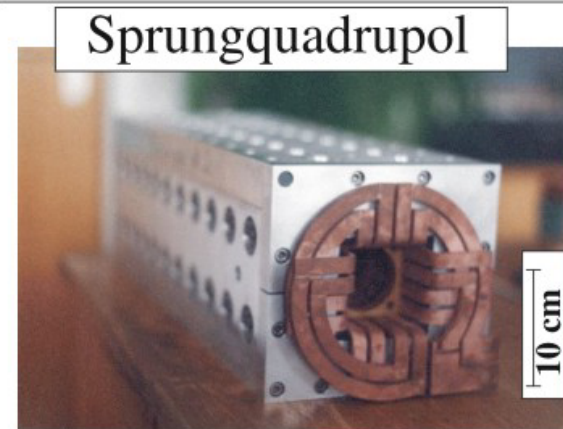
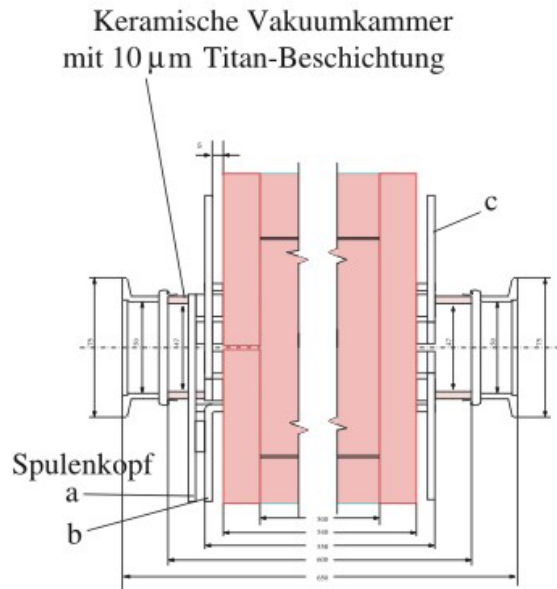
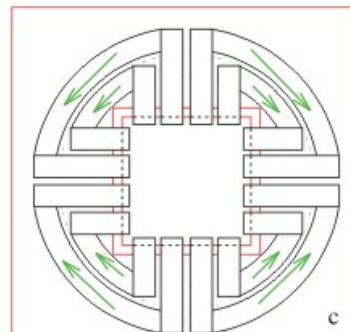
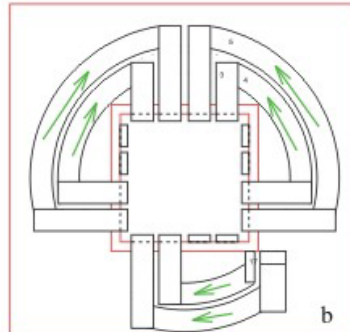
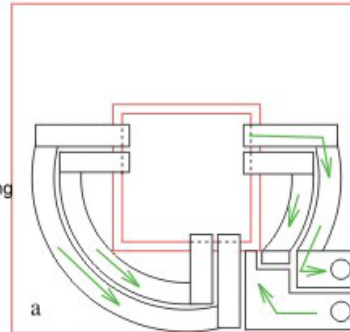
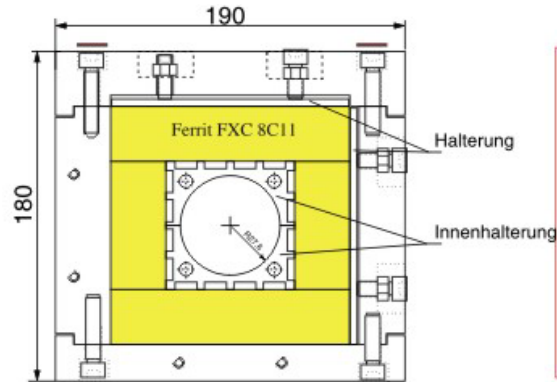
# Depolarisation im Synchrotron



# Kreuzen einer Resonanz



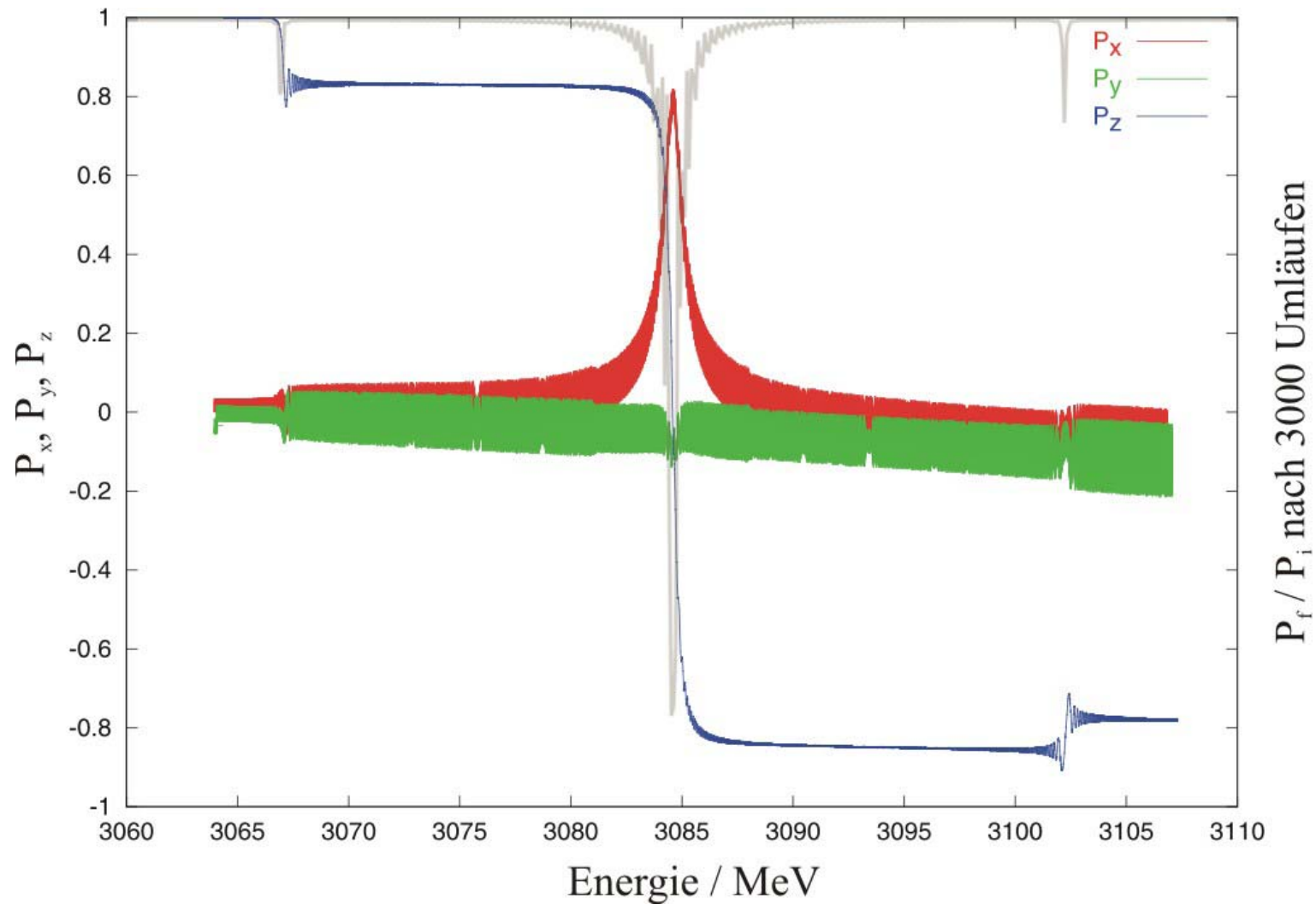
# Sprungquadrupole



Panofsky-Typ Quadrupol mit Ferrit-Joch

Vakuumkammer:	$\text{Al}_2\text{O}_3$ Keramik mit 10 $\mu\text{m}$ Titan-Beschichtung
Widerstand:	$(4.298 \pm 0.001) \text{ m}\Omega$ (DC)
Induktivität:	$(9.0 \pm 0.1) \mu\text{H}$ (DC)
max. Pulsstrom:	500 A
max. Feldgradient:	$(1.1241 \pm 0.005) \text{ T/m}$
steigende Flanke:	4 bis 14 $\mu\text{s}$
fallende Flanke:	4 bis 20 ms

# Einfluss von Synchrotronsatelliten



# Unvollständiger Spinflip

