

# BERICHT ZU MAMI UND MESA

Harald Merkel

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Jahrestagung Komitee für Hadronen- und Kernphysik

Bad Honnef, 02.12.2016

- „Luxusprobleme“

- ▶ Wie baut man einen neuen Beschleuniger und überlebt trotzdem?

- Ansätze für eine „nachhaltige Strategie“

(persönliche Auswahl)

- ▶ Präzisionsmessungen von Nukleon-Formfaktoren
- ▶ Paritätsverletzung
- ▶ Suche nach exotischen Teilchen

MAMI genießt großzügige Förderung, u.a.:

- Sonderforschungsbereich SFB1044 ⇒ MAMI
- Exzellenzcluster PRISMA und neuer Forschungsbau ⇒ MESA

Finanziell „ausgesorgt“, **aber**:

- Manpower bleibt begrenzt (insbesondere Werkstätten etc.)!
- Grundfinanzierung bleibt angespannt (Schuldenbremse!)
- Förderung ist zeitlich begrenzt (z.B. SFB1044: 2. FP bis 2019, 3. FP bis 2023)
  - ▶ Struktur des Instituts, so dass es auch **danach** überleben kann
  - ▶ Permanente Neuansträge
    - ⇐ nur „exzellente“ Wissenschaftler werden gefördert
    - ⇐ Wissenschaftler müssen permanent Physik-Ergebnisse veröffentlichen
    - ⇐ gleichzeitig neue Experimente aufbauen

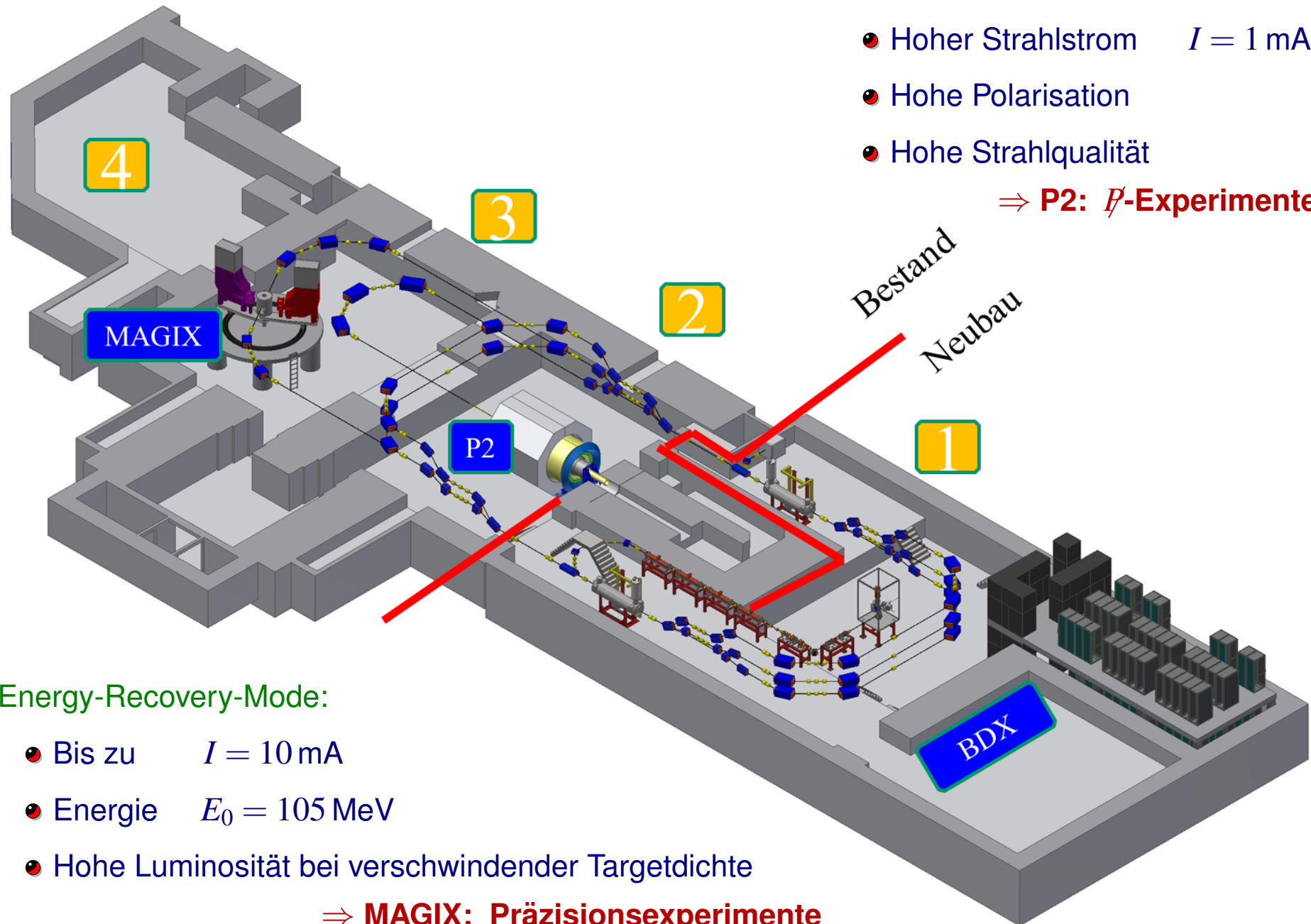
⇒ die Zeiten des ruhigen Aufbaus eines Beschleunigers sind vorbei

# MESA – Warum ein neuer Beschleuniger?

Supraleitender Linac  $E_0 = 155 \text{ MeV}$

- Hoher Strahlstrom  $I = 1 \text{ mA}$
- Hohe Polarisation
- Hohe Strahlqualität

⇒ **P2:  $\mathcal{P}$ -Experimente**

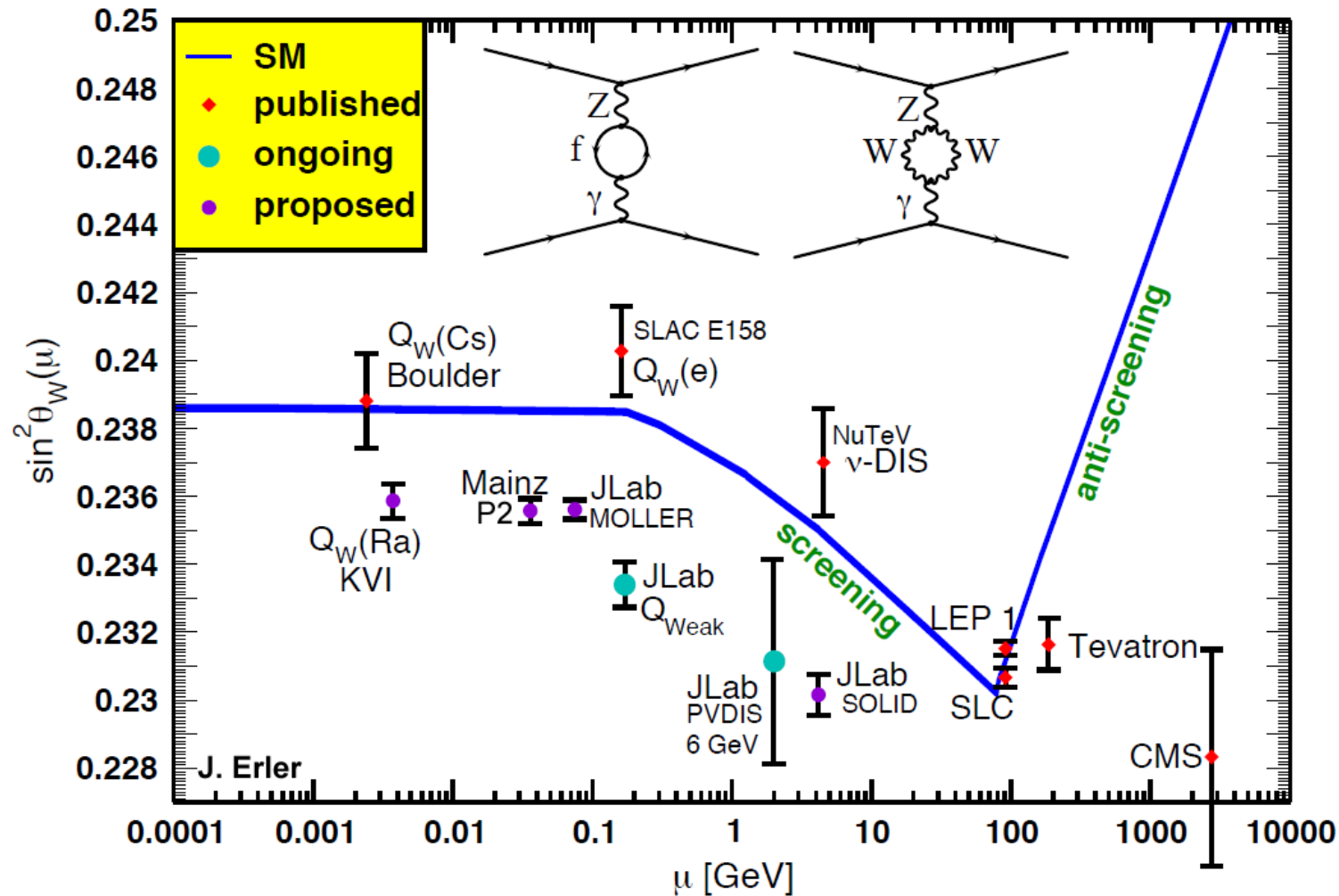


Energy-Recovery-Mode:

- Bis zu  $I = 10 \text{ mA}$
- Energie  $E_0 = 105 \text{ MeV}$
- Hohe Luminosität bei verschwindender Targetdichte

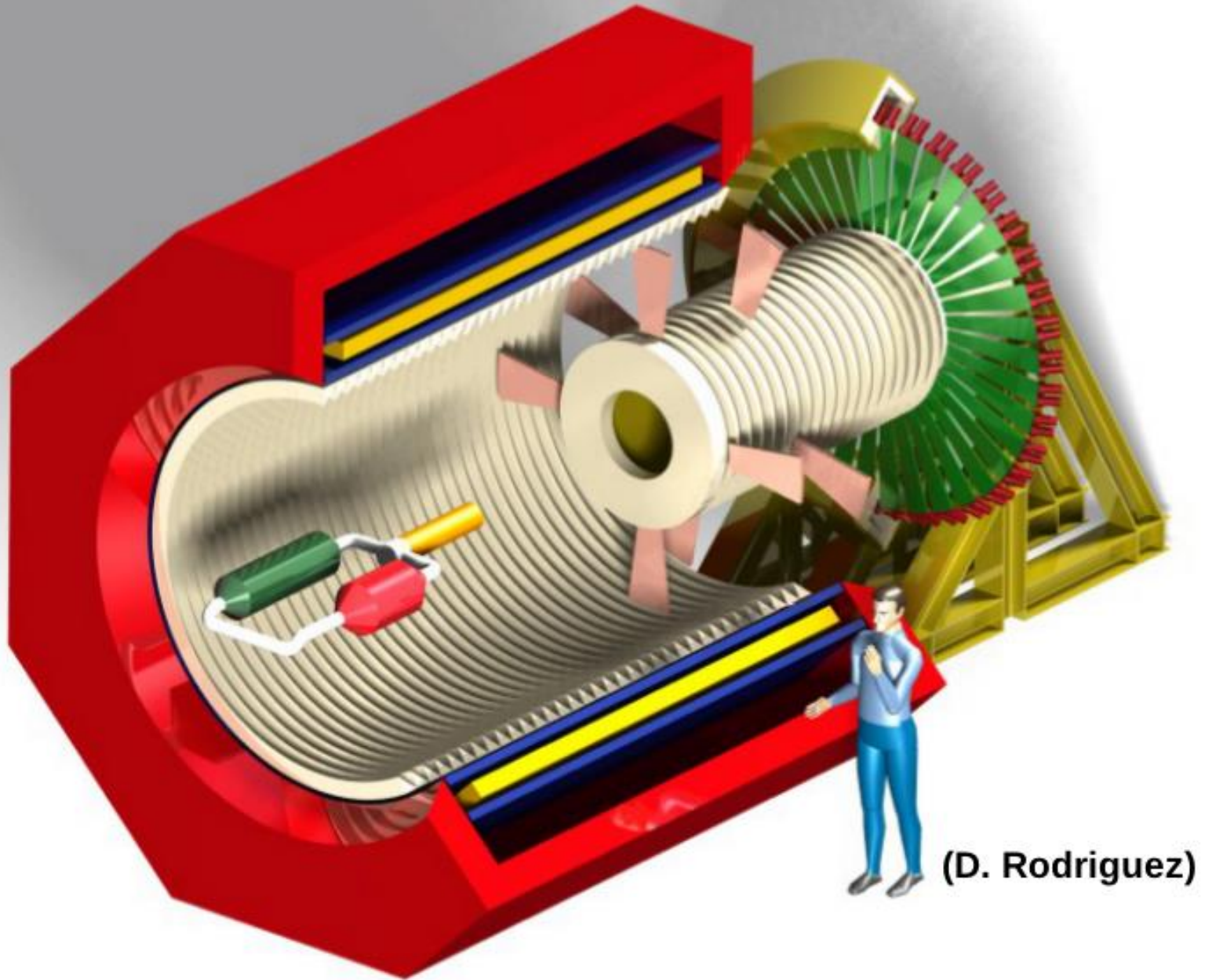
⇒ **MAGIX: Präzisionsexperimente**

# Paritätsverletzende Elektronenstreuung



- Beste Messung bisher: Z-Pol
- $3\sigma$  Diskrepanz
- Messung bei niedrigen Energien erreicht gleiche Signifikanz
- Herausforderndes Experiment!

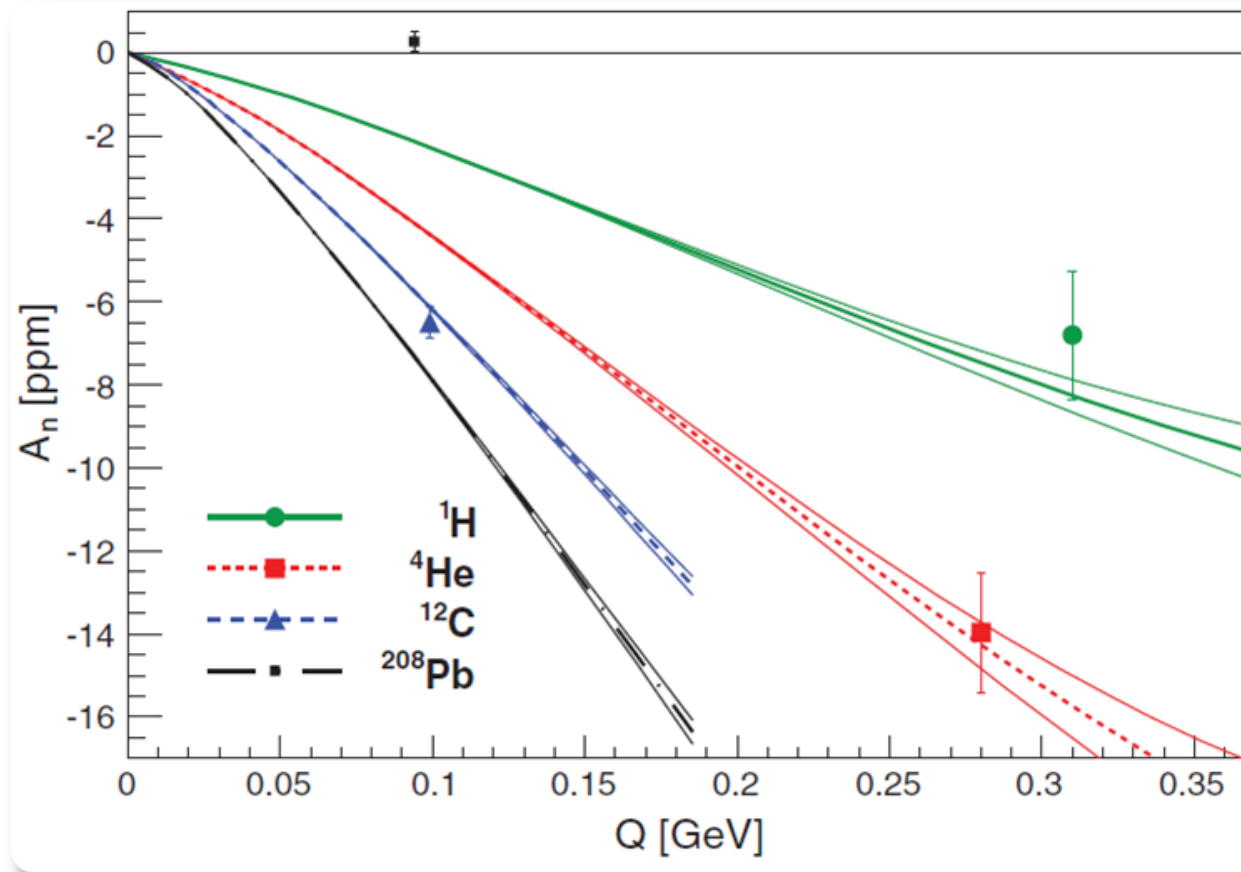
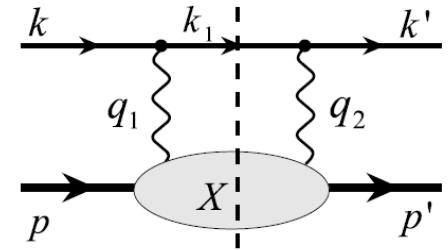
# Paritätsverletzende Elektronenstreuung



# Beam-Normal Single-Spin Asymmetry $A_{TL}$

Strahl transversal polarisiert

$$A_{TL} = \frac{\sigma_{\uparrow} - \sigma_{\downarrow}}{\sigma_{\uparrow} + \sigma_{\downarrow}} \approx 10^{-6} - 10^{-5}$$

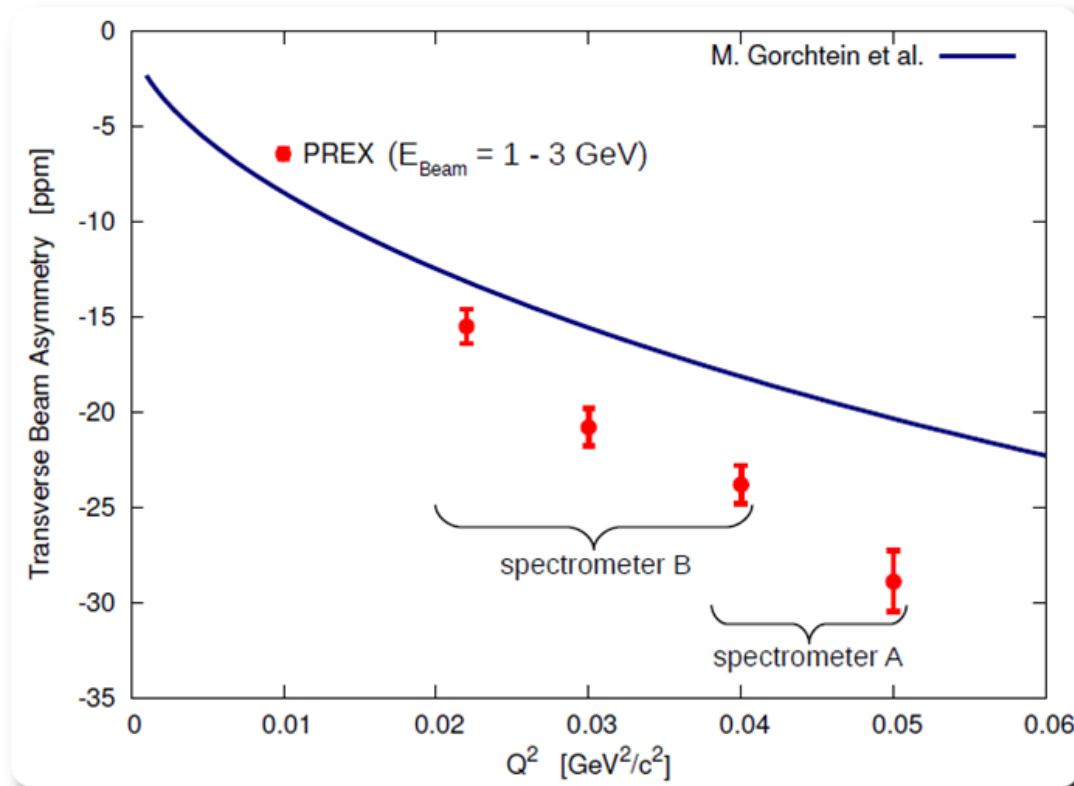
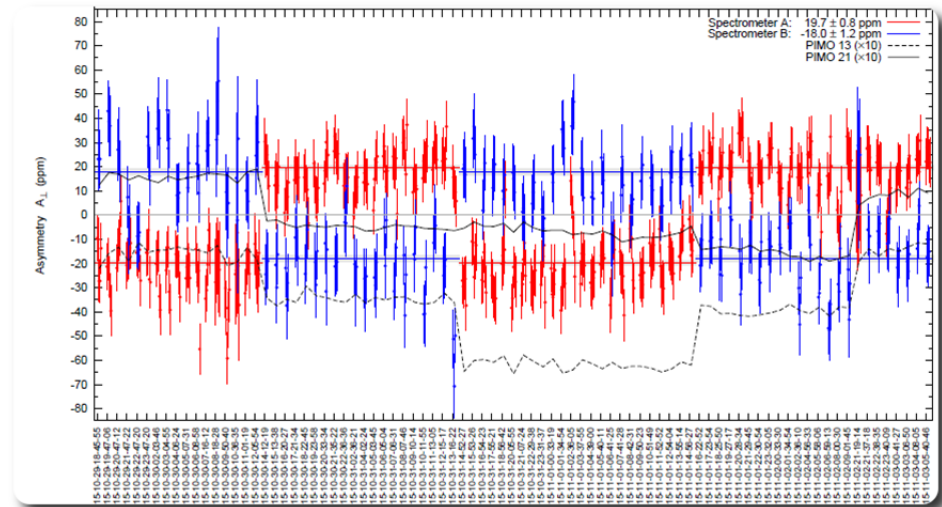
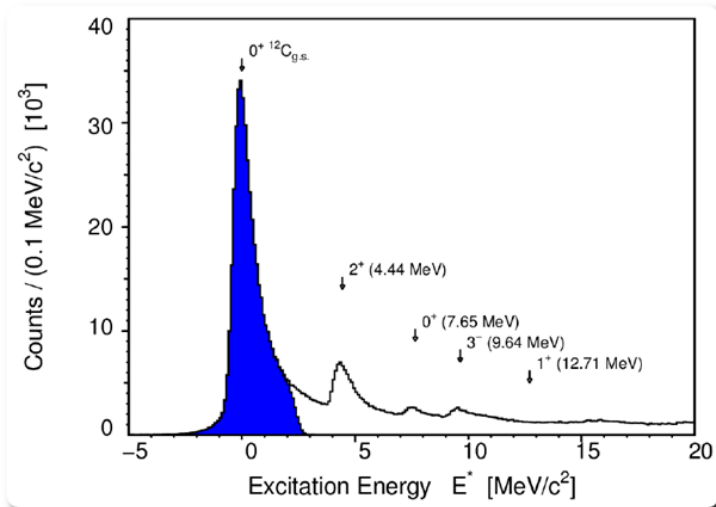


JLab, S. Abrahamjan *et al.*, PRL 109, 192501 (2012)

⇒ Input für P2 nötig!



# Beam-Normal Single-Spin Asymmetry an MAMI

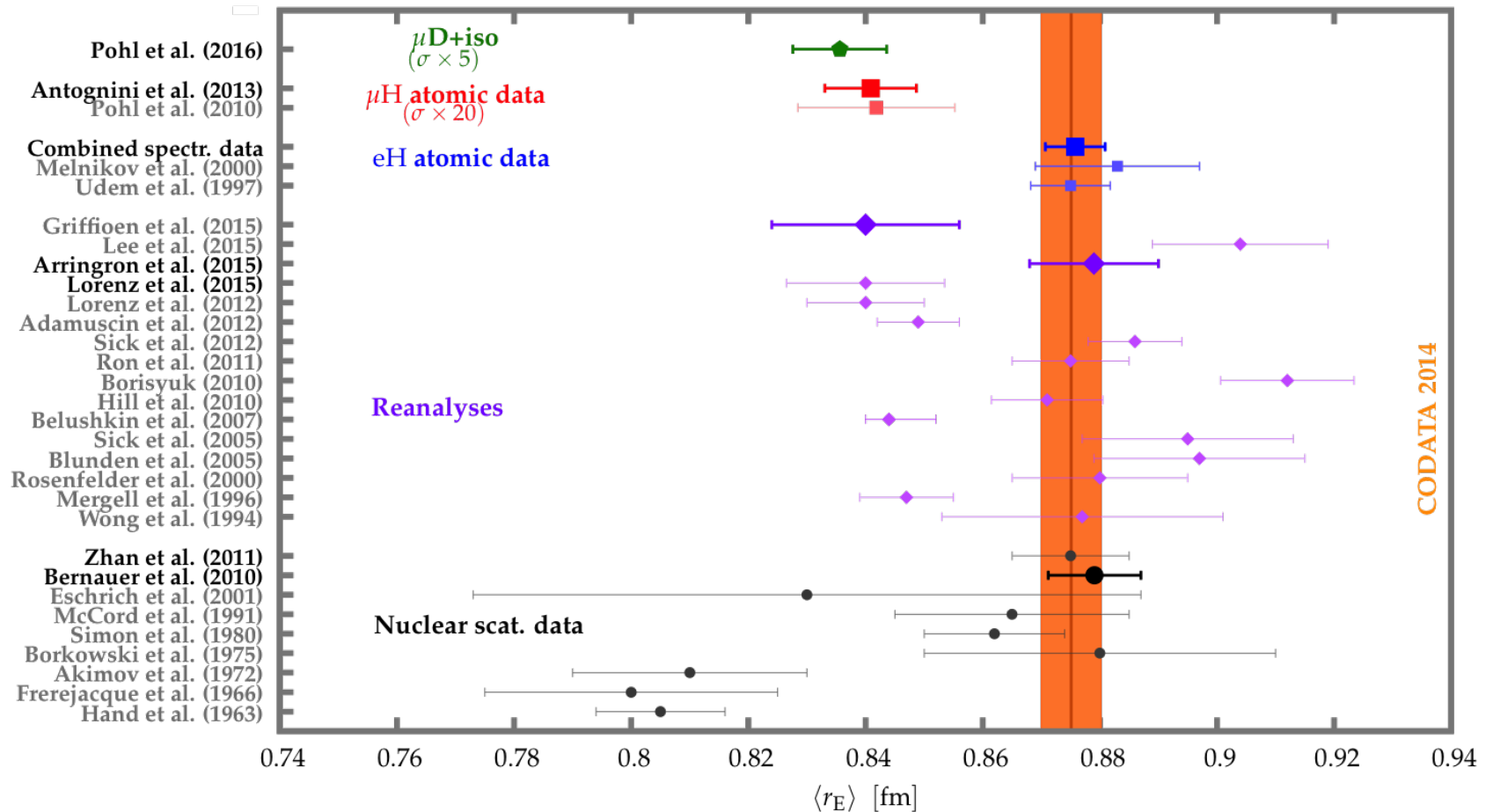


- PV-Technik an A1 etabliert
- Erste Ergebnisse mit ppm Fehler
- Systematisches Programm PR-A1-01-2016

⇒ Kontinuität

A4 → A1 → P2

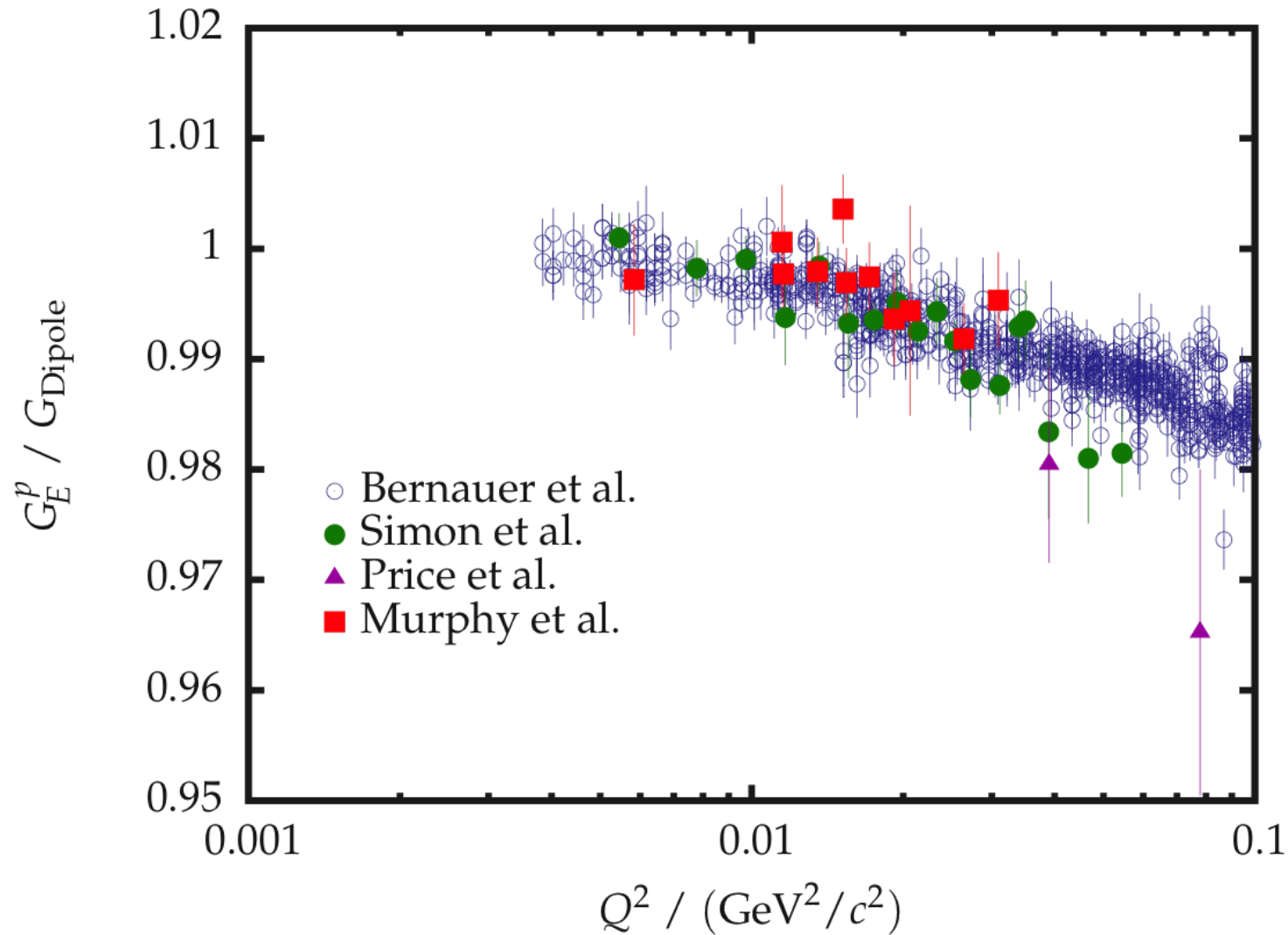
# Präzisionsmessungen von Nukleon-Formfaktoren



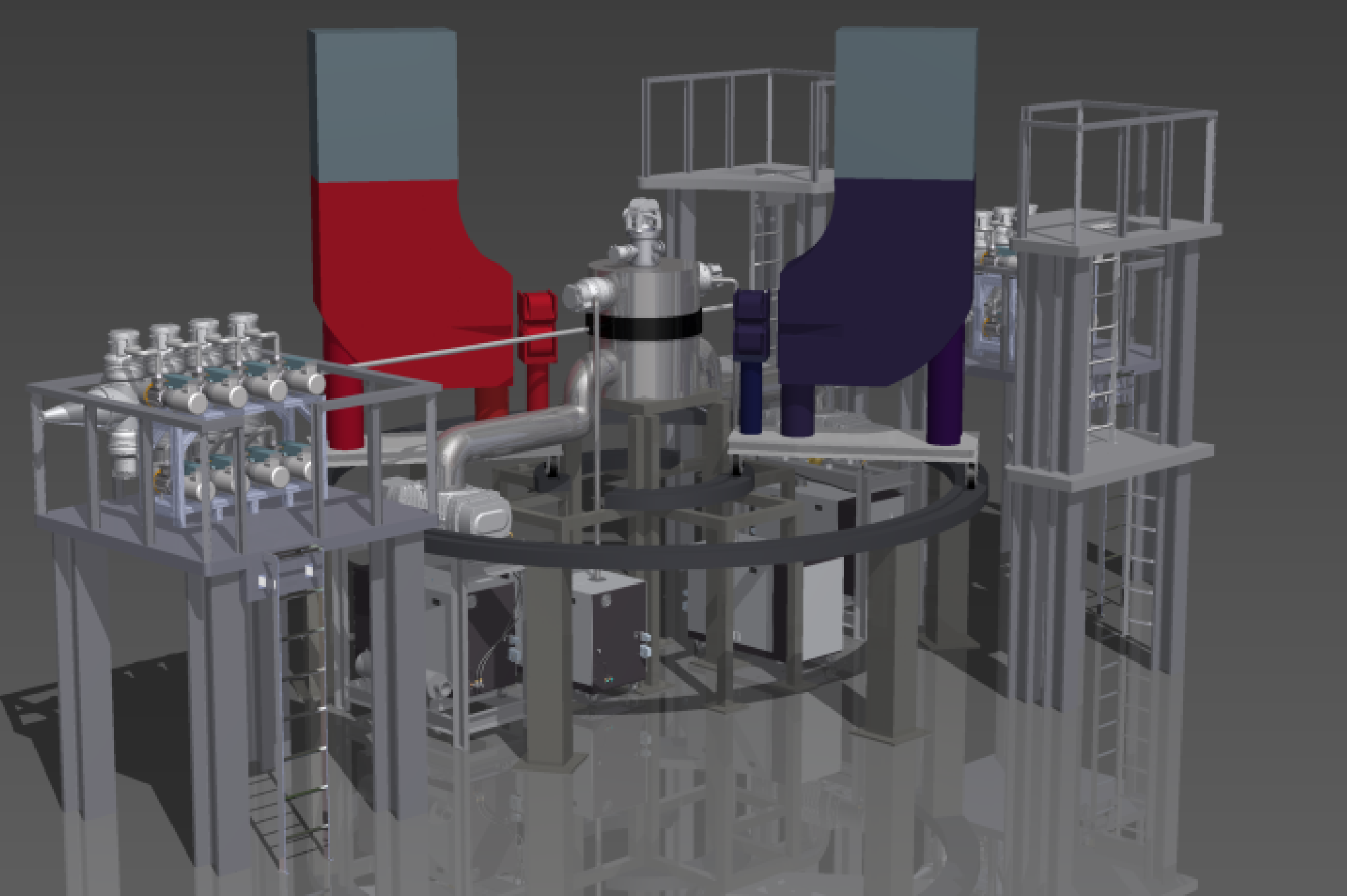
- $8\sigma$  Diskrepanz zwischen Atomphysik und Elektronenstreuung
- Situation immer noch unklar
- Ernstes Problem weit jenseits der Kernphysik: Rydberg-Konstante
- Experimentelles Programm Atomphysik/Kernphysik



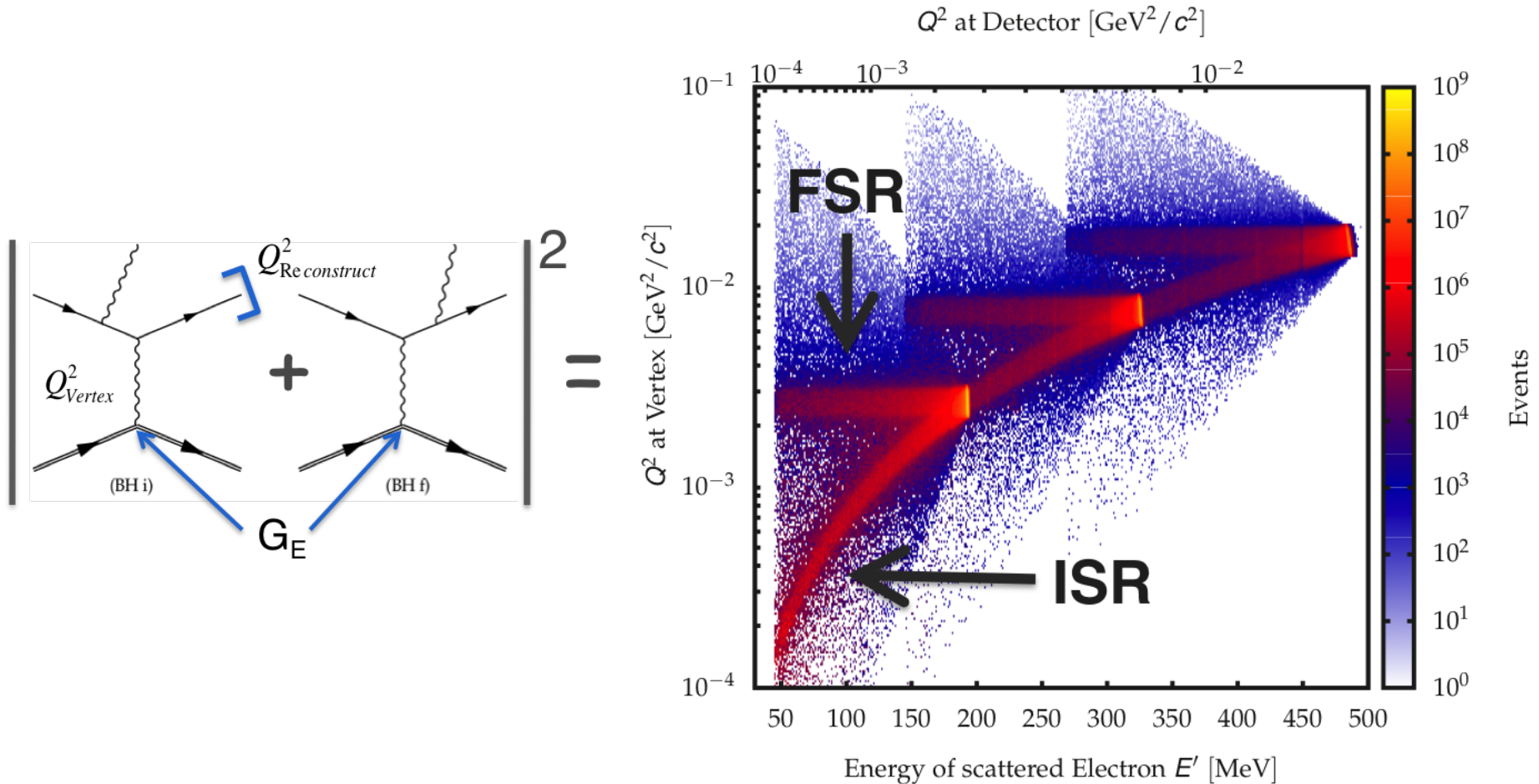
# Problem: Extrapolation $Q^2 \rightarrow 0$ für die NORMIERUNG



- Absolutnormierung des Wirkungsquerschnitts nicht besser als ca. 1%
- Extrapolation  $Q^2 \rightarrow 0$ , d.h. zu  $G_p^E(0) = 1$ , Extraktion  $\langle r^2 \rangle = \frac{d}{dQ^2} G_E(Q^2)$
- Unsicherheit aus Modellfehler



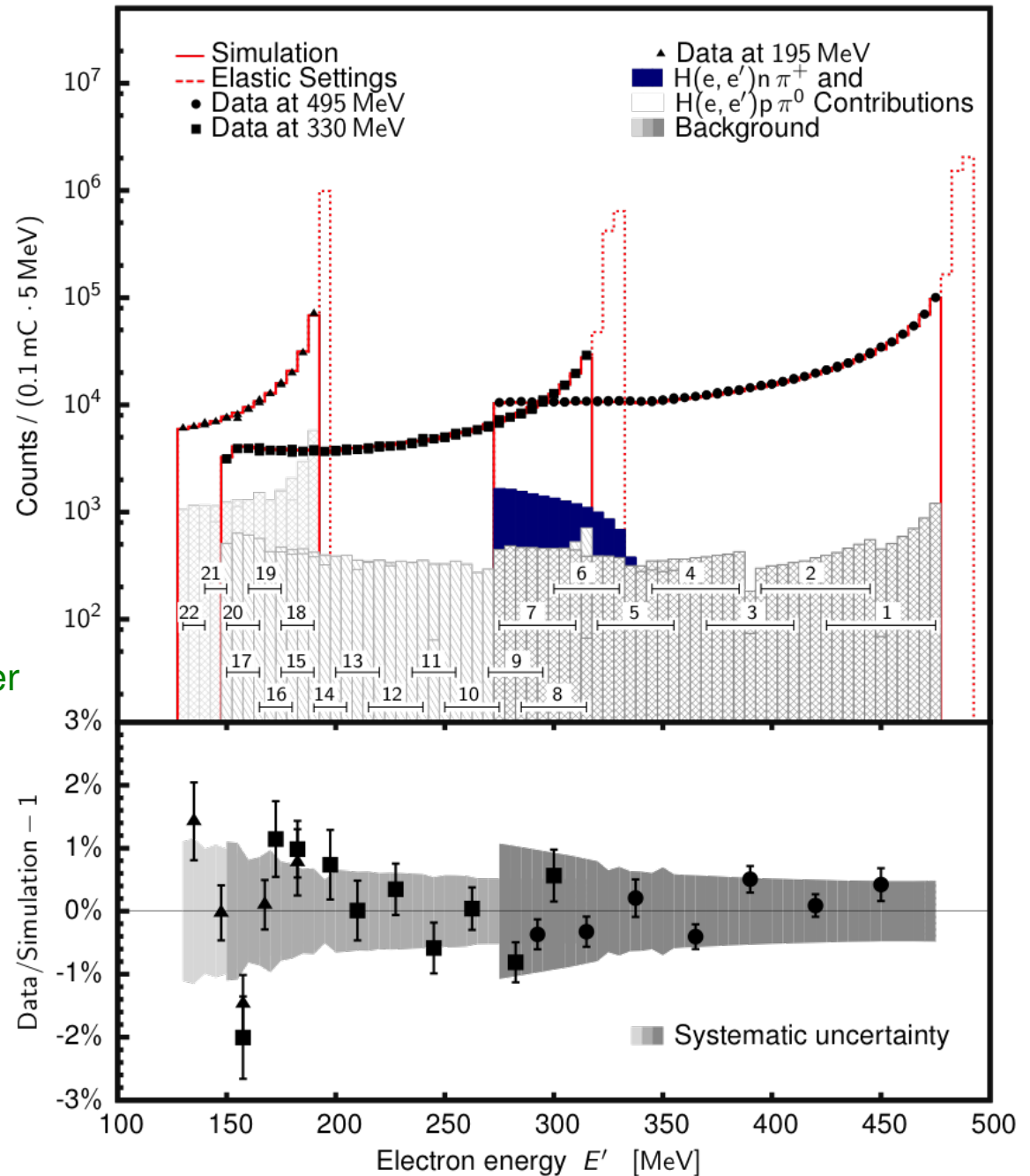
# Idee: Information im Strahlungsschwanz enthält Formfaktorinformation



- Final State Interaction enthält **bekanntem** Formfaktor (elastische Linie)
- **Initial State Interaction**: Wirkungsquerschnitt ändert sich **linear** mit Formfaktor
- Entfaltung über Vergleich Simulation  $\leftrightarrow$  Daten

# Ergebnis Initial State Radiation

- Strahlungskorrekturen zweiter Ordnung
- Besser als Prozentniveau erreichbar
- Erste Messung von  $G_p^E(Q^2)$  im Bereich  $0.001\text{GeV}^2 < Q^2 < 0.004\text{GeV}^2$
- Systematische Fehler:
  - Targetwände
  - Rückstreuung am Targethalter



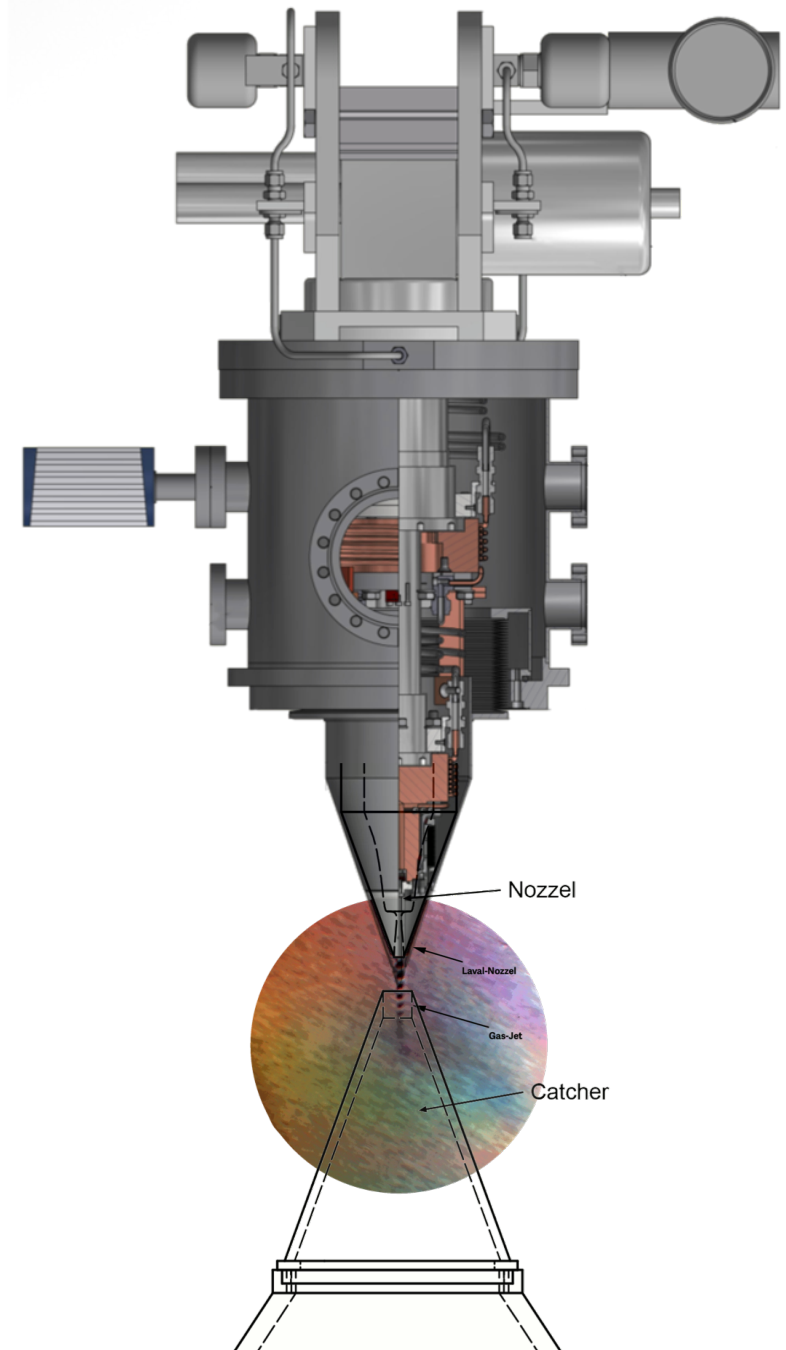
# Präzisionsmessungen von Nukleon-Formfaktoren

## MAGIX Internes Target

- Überschall-Gasstrahltarget
- Keine Targetwände
- Punkttarget (2mm Targetlänge)

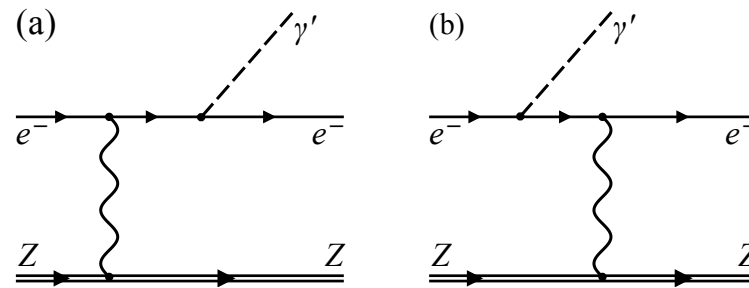
## Einbau zuerst in **A1**

- Luminosität bis zu  $L = 10^{34} \text{cm}^{-1} \text{s}^{-1}$
- Kein Untergrund durch Targetwände oder Rückstreuereignisse
- $Q^2 = 0.0001 \text{GeV}^2$  erreichbar
- Zentrale Komponenten von MAGIX werden getestet/verwendet



In Kollaboration mit A. Khoukaz *et al.* (Univ. Münster)

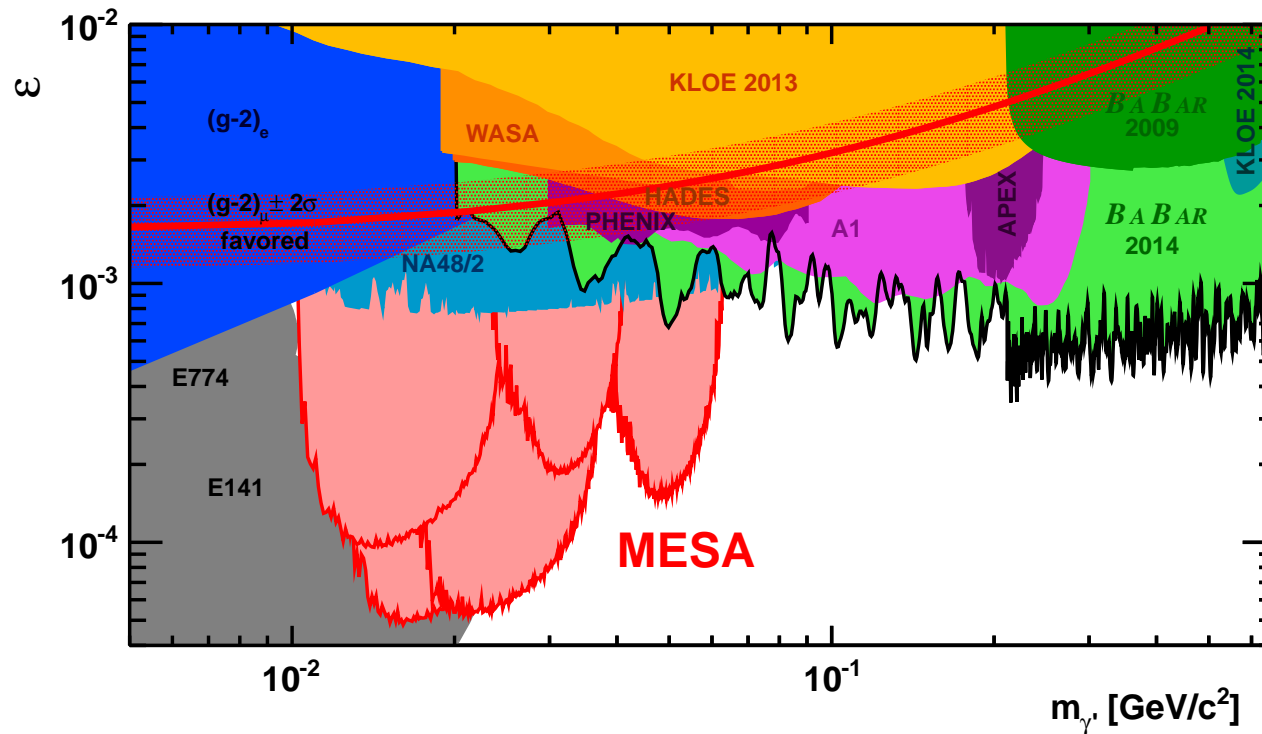
# Suche nach exotischen Teilchen: Dunkle Photonen



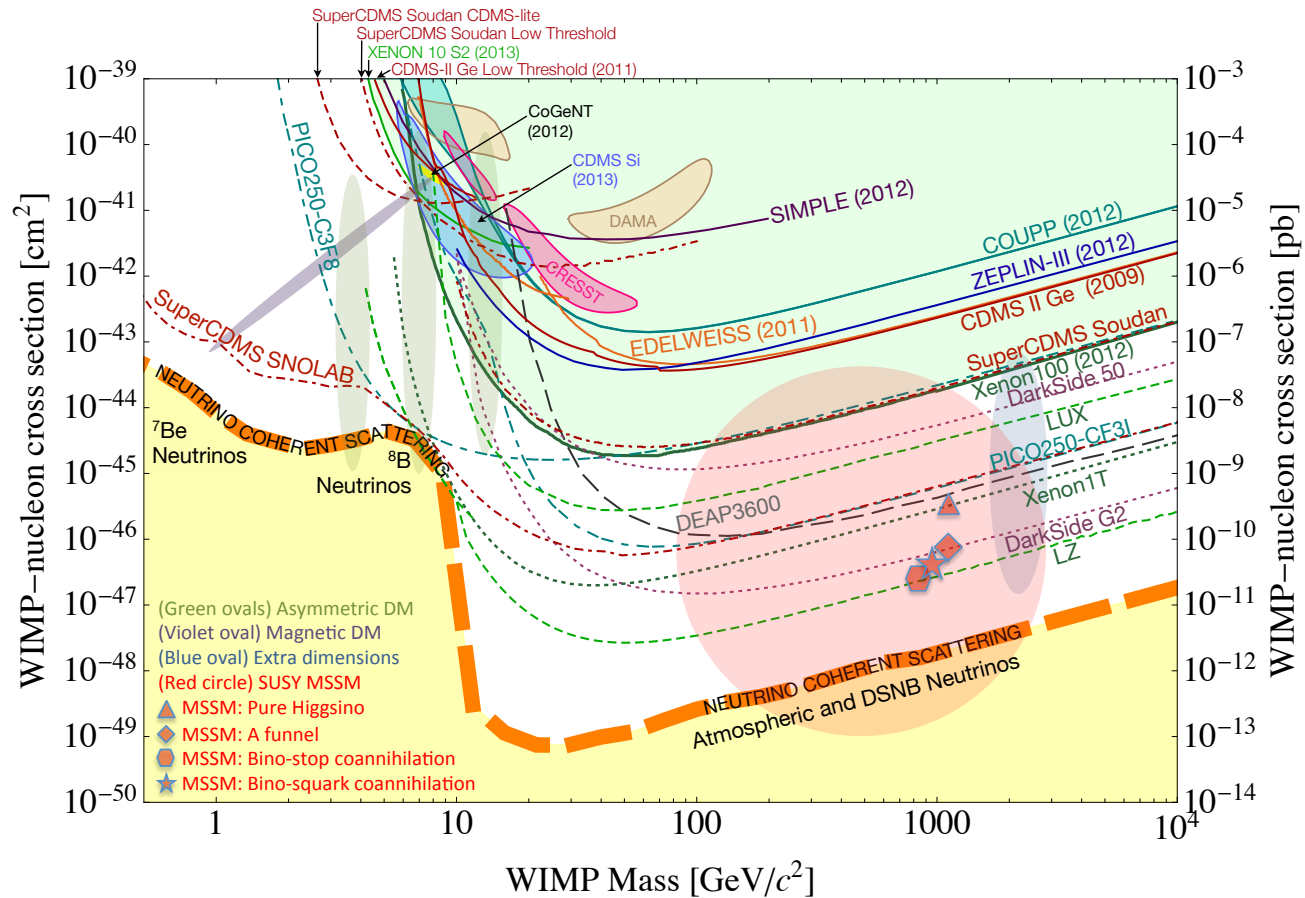
- Dunkle Photonen: Wechselwirkungsträger des dunklen Sektors
- Radiative Produktion

$$e + Z \rightarrow e + Z + \gamma'$$

$\hookrightarrow e^+ + e^-$  (Nachweis in Magix)



# Beam-Dump Experimente: Motivation

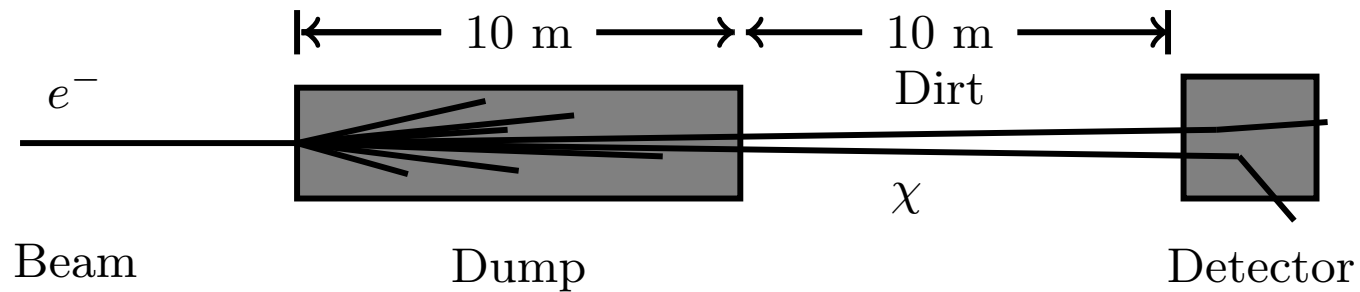


Direkter Nachweis dunkler Materie:

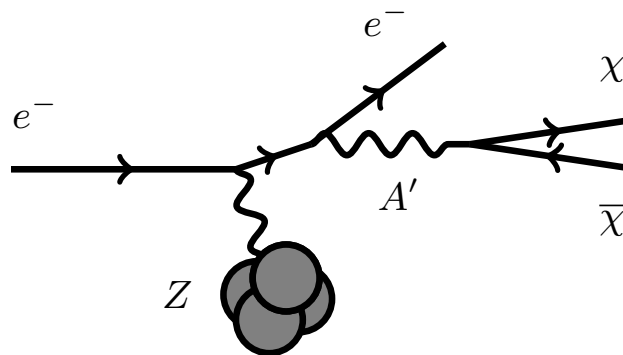
- Immer noch kein klares Signal
- Grenze der Sensitivität: solarer  $\nu$ -Untergrund
- Niedrige Massen (d.h. niedrige Rückstoßenergien) sind nicht erreichbar



# Beam-Dump Experimente: Idee

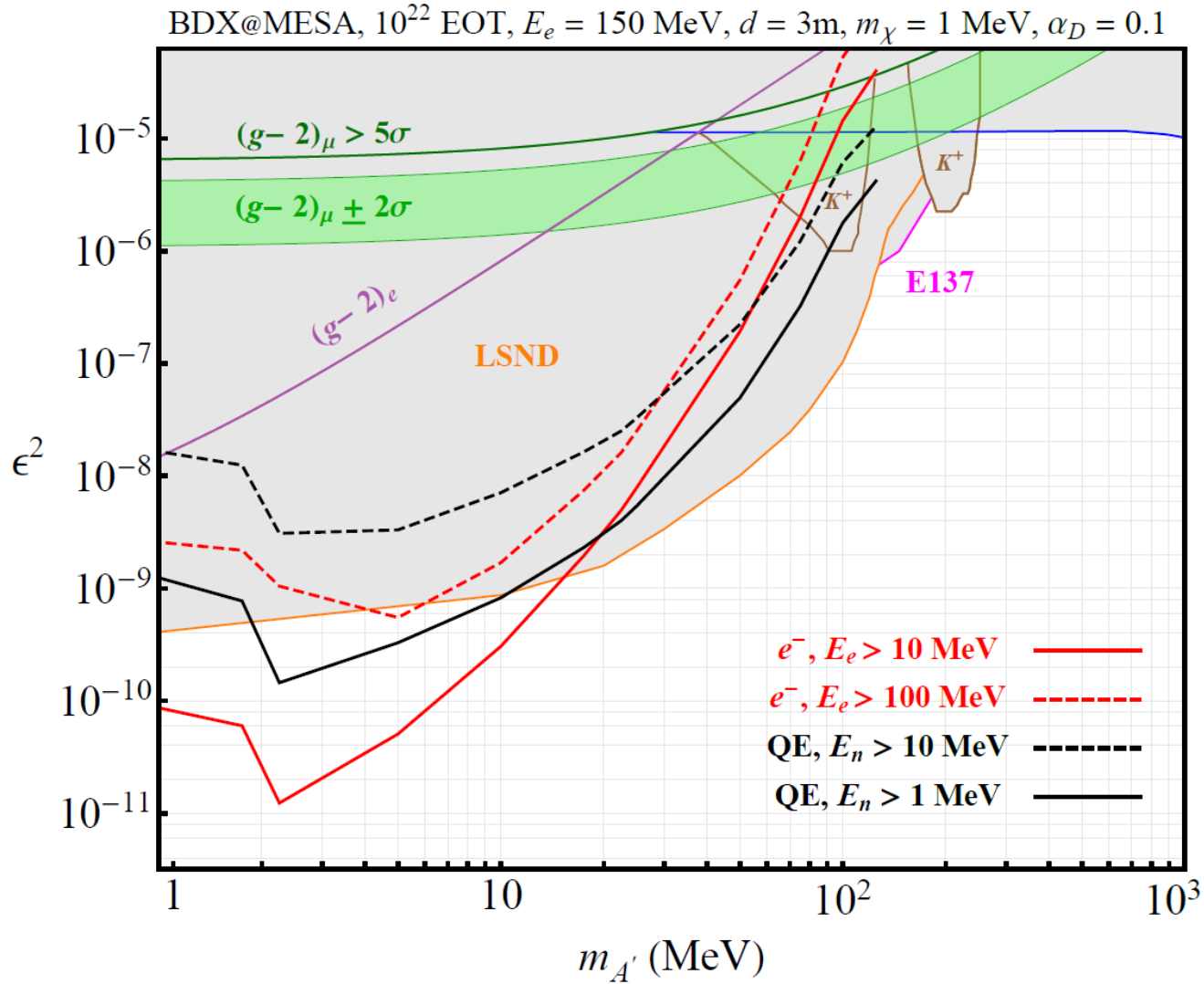


- Produktion im Strahlfänger, z.B. Paarproduktion



- Ein „Strahl“ aus dunkler Materie?
- DM-Teilchen haben ausreichend Rückstoßenergie  $m \rightarrow MeV$
- Einfacher Detektor
- ... oder nach Art von DM-Detektoren

# MAGIX Sensitivität



- Sensitivität bei niedrigen Energien
- Multidimensionale Darstellung: Masse des dunklen Photons,  $m_\chi$

Wie kann man über Jahre aufbauen und gleichzeitig Ergebnisse liefern?

Beispiele:

## MESA

## MAMI

### ● Paritätsverletzende Elektronstreuung

- ▶ Rosenbluthseparation  
bei niedrigen Energien  $\Rightarrow G_E$
- ▶ Polarisationsobservablen  
magnetischer Radius  $\Rightarrow G_M$

- ▶ Initial State Radiation  $\Rightarrow G_E$
- ▶ Neutron-Formfaktoren

### ● Präzisionsmessungen von Formfaktoren

- ▶ Weinbergwinkel  $\sin^2(\theta_W)$
- ▶ Messung der Neutronenhaut

- ▶ Transversale Strahl-Asymmetrie
- ▶ Z-Abhängigkeit

### ● Suche nach exotischen Teilchen

- ▶ „Klassische“ Suche
- ▶ Unsichtbarer Zerfall
- ▶ Beamdump-Experiment

- ▶ Ausschlussgrenzen
- ▶ Beamdump-Experiment

### ● Und vieles anderes...