

# Beschleunigerphysik und Technik für PkT

Strategietreffen, BMBF, Bonn, Mai 2017



# Hadronenbeschleuniger

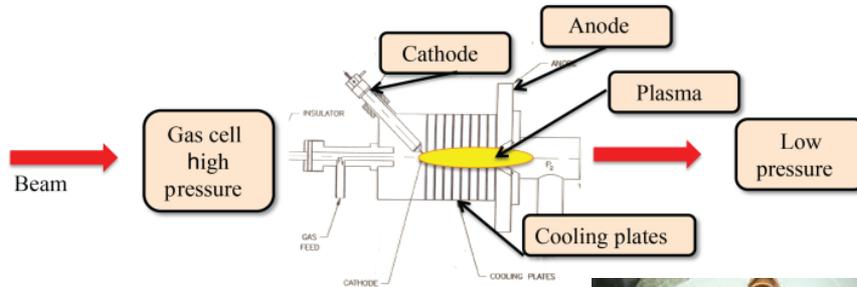


**Kompakte Supraleitende HF Strukturen** für GSI (z.B. cw Linac)

**„Zerstörungsfreie“ Ladungsstripper:**

- Plasmafenster für hohe Gasdrücke
- Weiterentwicklung Plasmastripper

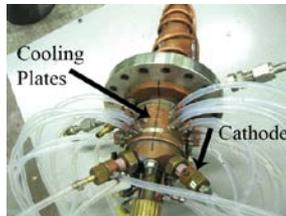
Gasstripper mit **Plasmafenster**



Tests und Weiterentwicklung SL CH Strukturen



Stripperfolien bei GSI

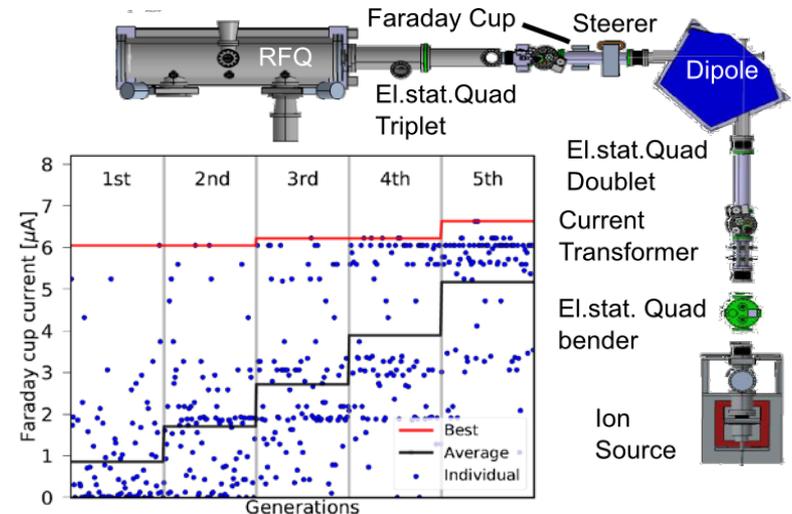


# Optimierungsverfahren für Beschleuniger: „Autonome Beschleuniger“.



CERN/LHC Kontrollraum

## Beispiel: CRYRING@GSI Injektor



An den Beschleunigerzentren werden verstärkt **evolutionäre Algorithmen und Methoden des maschinellen Lernens** eingesetzt um mittels numerischer Modelle des Strahls/Beschleunigers und auch direkt am realen Beschleuniger optimierte Einstellungsbereiche zu identifizieren.

- 1) **Schnellere und autonome Einstellung** des komplexen Systems „Strahl/Beschleuniger“
- 2) Für hohe Strahlintensitäten: **Vermeidung von Zerstörung** durch fehlerhafte Einstellungen.
- 3) Breitband Feedbacksysteme (**Echtzeit-Kontrolle**)

Die Entwicklungen sind hier noch am Anfang. **Im Verbund mit den Universitäten** können **verbesserte/schnellere Algorithmen** für die Anwendung auf Beschleunigeranlagen entwickelt und direkt an „Testmaschinen“ (z.B. CRYRING) der Labore überprüft werden.

# Elektronenwolken und Strahlrohrbeschichtungen

Sekundärteilchen stellen derzeit eine wesentlich **Intensitätsbegrenzung** existierender (LHC, SIS18), kommender (HL-LHC, SIS100) und zukünftiger (FCC-hh) Anlagen dar.

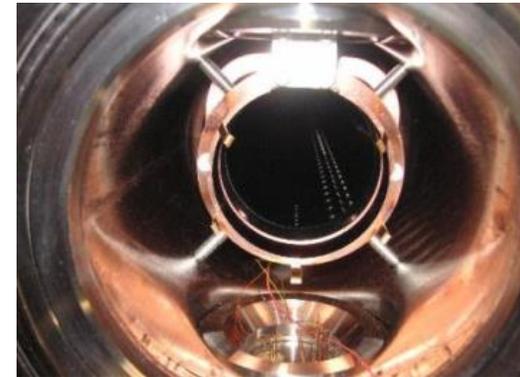
Im LHC und FCC ist die **Synchrotronstrahlung** ein Auslöser von Photoelektronen, neben dem „**Multipacting**“.

Als mögliche Lösung werden verschiedenste **Beschichtungen** diskutiert.

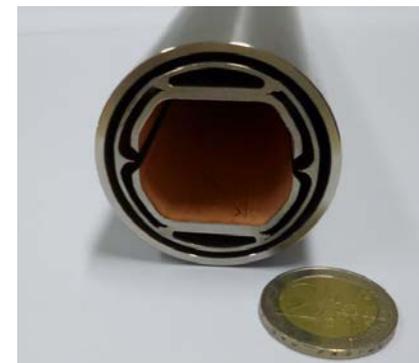
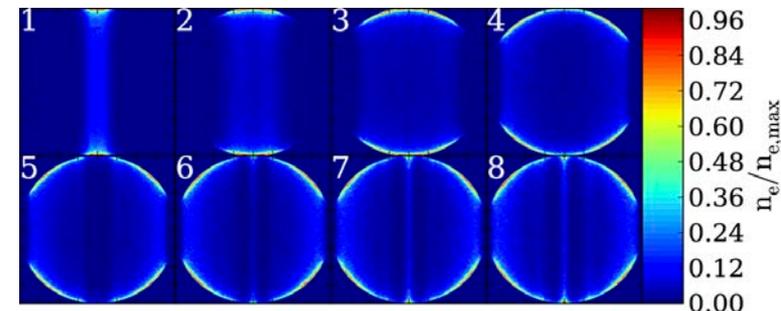
## Expertise deutscher Universitäten:

1. **Messung** des Einflusses von Oberflächenbeschichtungen auf Desorption, **SEY, Photoelektronen, Impedanz**,... (z.B. KIT, Dortmund).
2. **Schnelle Simulationsmodelle** Strahl-Sekundärteilchen (Darmstadt, Frankfurt)

LHC Strahlrohr mit Kohlenstoffbeschichtung



Dynamik von Elektronenwolken im LHC



FCC Strahlrohr



# Hochenergiebeschleuniger



Energy Recovery Linac (ERL) als Prototyp für LHeC

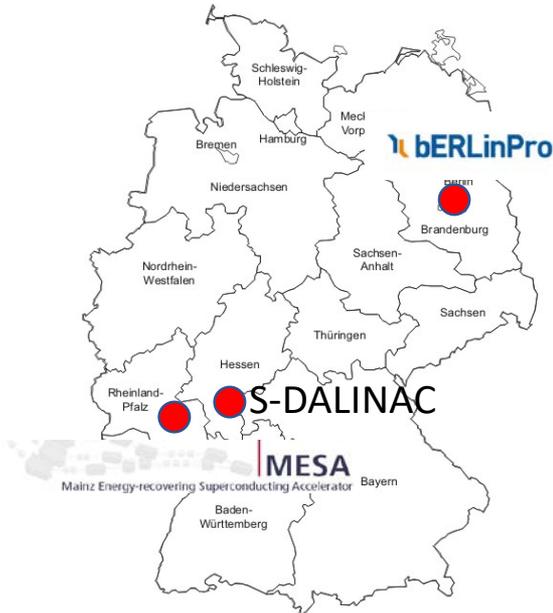
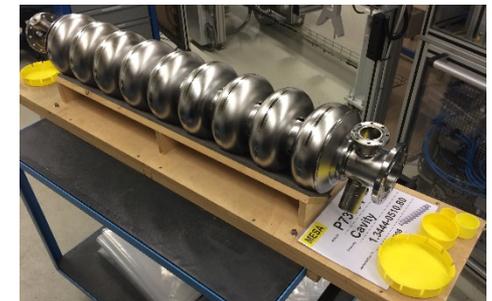
Drei ERL Projekte in Deutschland, an oder mit Unterstützung der Universitäten.

Vom Verbund mit CERN profitieren die Standorte, die beitragenden Gruppen und das CERN.



## Themen:

- Entwicklung supraleitender HF Strukturen
- Kontrolle des Strahls
- Dämpfung von Instabilitäten !
- Schnelle Diagnose
- Optimierung der Rezirkulation
- Simulation und Algorithmen



Hochfeldmagnete für HE-LHC, FCC: Simulation der Quenchedynamik, Feldberechnungen

# Supraleitende Resonatoren

## • Projektbezogene R&D (CW-Betrieb)

- SRF Guns (DESY, HZB, HZDR)
- Hohe Kreisgüten  $Q_0$  (DESY, HZB, TUD)

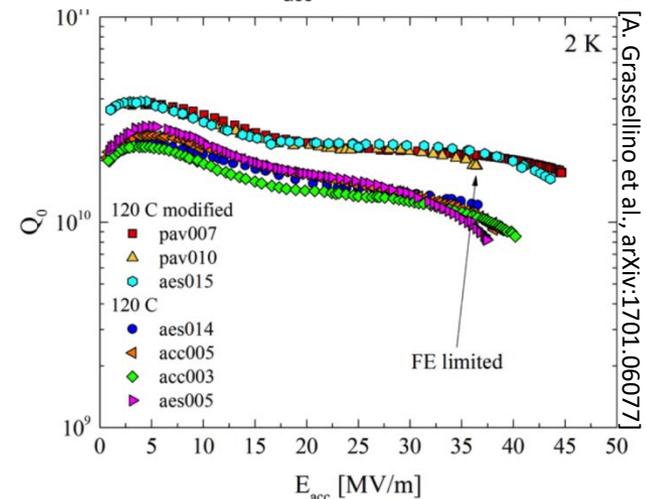
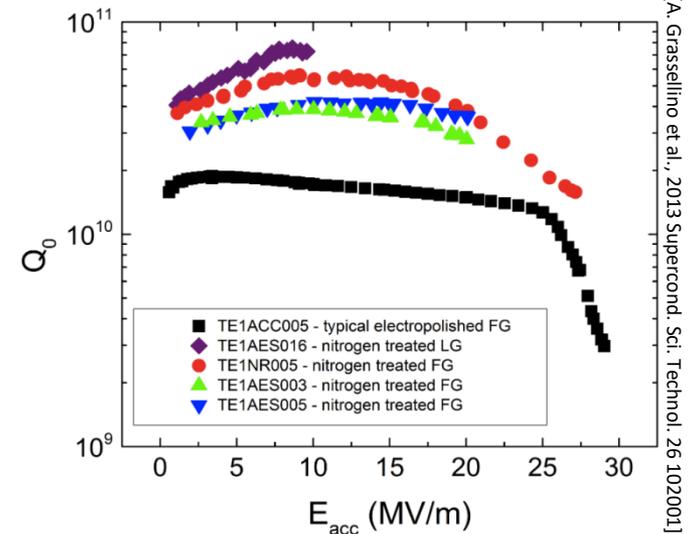
## • Grundlegende R&D

- “Nitrogen Doping” (DESY, TUD, UHH)
  - Materialphysikalischer Prozess unverstanden
  - 2-3x höheres  $Q_0$  und “Anti-Q-Slope”
  - Quench bei niedrigeren Feldern
  - Abhängigkeit von Material / Korngröße
  - Verfahren angewendet bei LCLS-II (280 Cavities)

Unver-  
standen!

- “Nitrogen Infusion” (DESY)
  - Andere Vorgehensweise als beim “doping”
  - Materialphysikalischer Prozess unverstanden
- Kein Einfluss auf Quench, keine “Anti-Q-slope”
- 2-3x höheres  $Q_0$

Unver-  
standen!



# Polarisierte Positronenstrahlen für Hochleistungs-Leptonenbeschleuniger

## • Aktuelle Schwerpunkte :

- Materialbelastung und Langzeitschäden bei Materialien für Positronentargets
- Absorber für fokussierten Photonenstrahl hoher Leistung (Belastung von Komponenten und Design)
- Methode: Erzeugung hoher Peakströme bei MAMI und MESA
  - Test der Belastbarkeit spezieller Materialien unter Bedingungen vergleichbar denen an zukünftigen Hochleistungs-Leptonenbeschleunigern

## • Künftige Ziele:

- Ermüdung- und Spitzenbelastungen an kritischen Beschleunigerkomponenten

## • Übergreifende Relevanz:

- Allgemeine Maschinensicherheit
- Beschleuniger Sicherheitssysteme
- Strahlungsvermeidung
- Autonome Systeme

## • Bisher involvierte Universitäten:

Darmstadt, Hamburg, Mainz, DESY, GSI...

# Universitäten/Gruppen: Plasmabeschleuniger



Laser Ion Generation, Handling and Transport

LIGHT@GSI



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Prof. O. Boine-Frankenheim

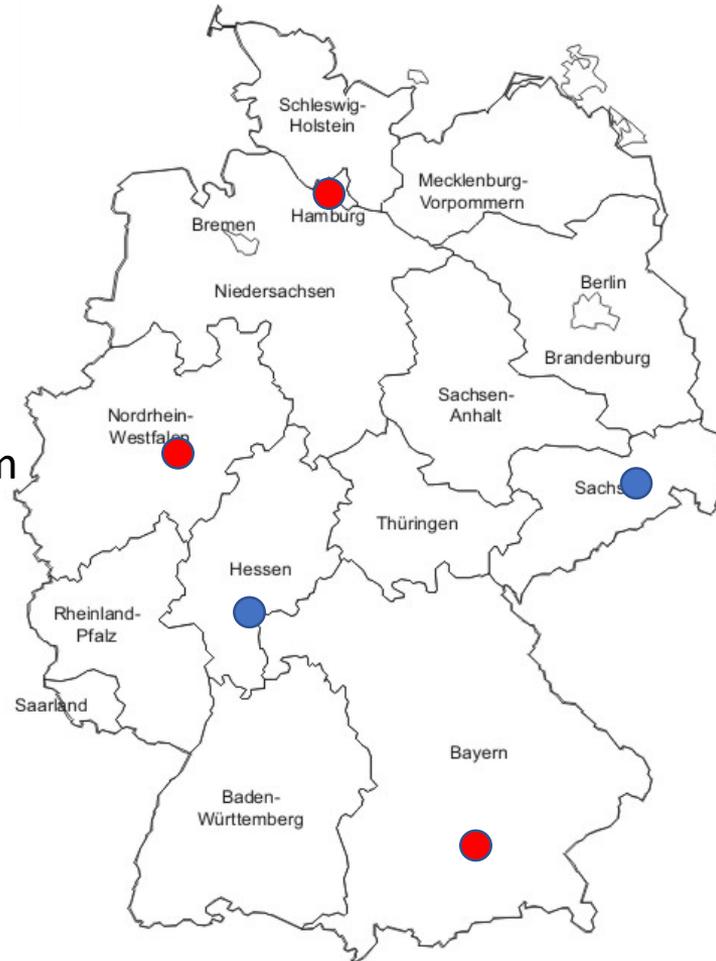
Prof. M. Roth



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

Prof. T. Cowan

Prof. U. Schramm



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Prof. F. Grüner



AWAKE@CERN



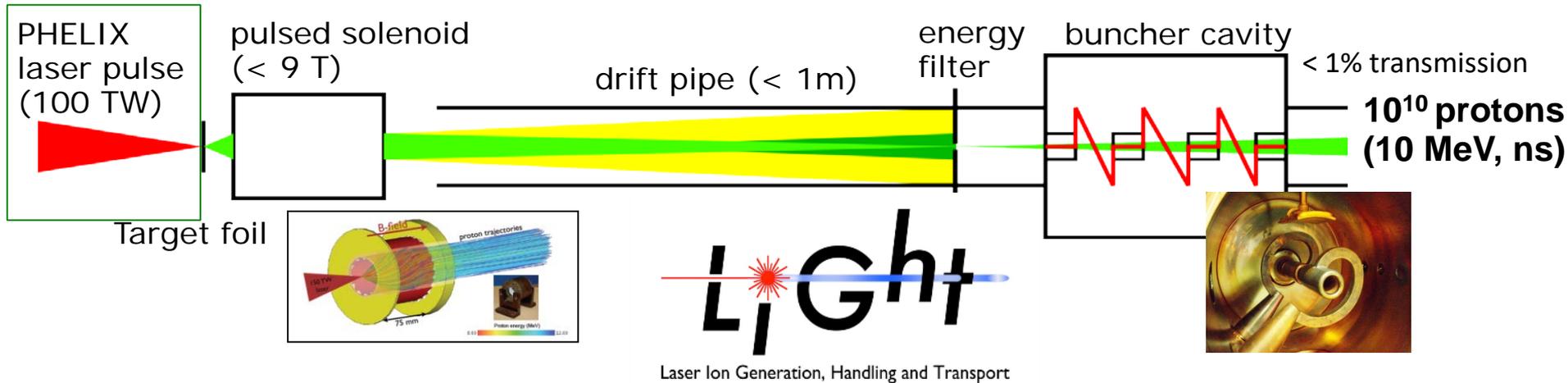
HEINRICH HEINE  
UNIVERSITÄT DÜSSELDORF

Prof. A. Pukhov



Prof. H. Ruhl

# Ionen-Plasmabeschleuniger: LIGHT@GSI



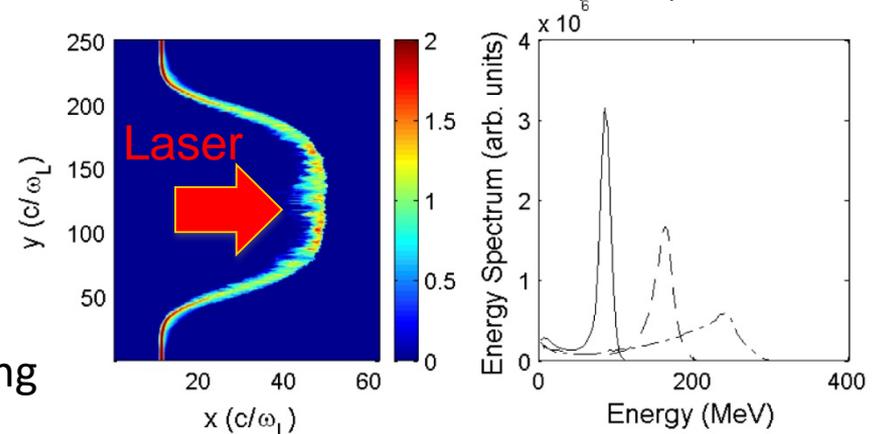
**LIGHT:** Erfolgreiche Demonstration von Beschleunigung und Transport von TNSA Protonenstrahlen

Radiation Pressure Acceleration (RPA): Simulation

**LIGHT+:** Möglicher Ausbau für höhere Energien (100 MeV) und Test anderer Mechanismen (z.B. RPA)

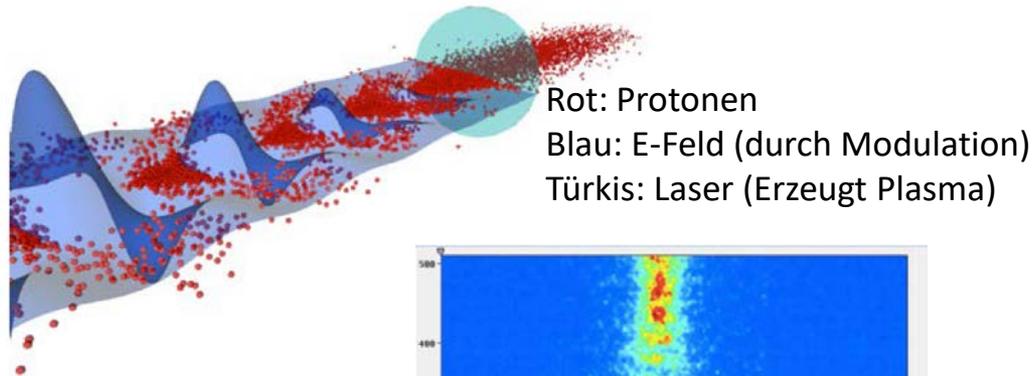
**Mögliche Anwendungen:**

- Kurze Neutronenpulse z.B. für Materialforschung
- Zukünftige Optionen in Kernphysik

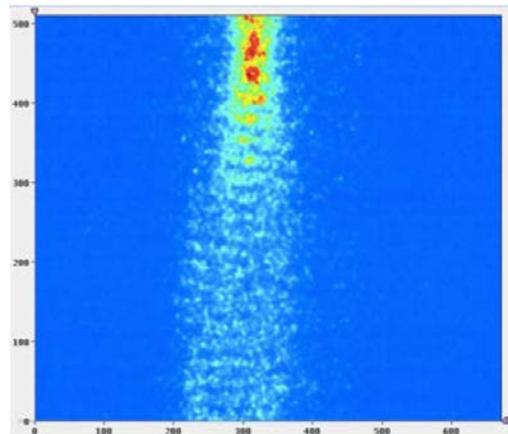


# Elektronen-Plasmabeschleuniger: AWAKE@CERN

Beschleunigung von **GeV Elektronen** in einem langen Plasmakanal durch Selbstmodulation eines **kurzen SPS Protonenpulses**.



Rot: Protonen  
Blau: E-Feld (durch Modulation)  
Türkis: Laser (Erzeugt Plasma)



**Status 2017:**  
Demonstration  
der Selbstmodulation.



10 m langer **Plasmakanal** (deutscher Beitrag)

**Perspektiven:** Demonstration der Beschleunigung von Elektronen

# Mögliche Themenbereiche

(Vorläufige erste und unvollständiger Auflistung)

- Hadronenbeschleuniger: Quellen, NL/SL HF Strukturen, Stripper (Frankfurt, Darmstadt, Mainz) -> ca. 5 Stellen + Invest
- Optimierung/Kontrolle: Algorithmen, Feedback, Tests (Darmstadt, KIT, Dortmund) -> ca. 3 Stellen
- Sekundärteilchen und Strahlrohrbeschichtungen: Messungen, Modelle (KIT, Darmstadt, Frankfurt) -> ca. 3 Stellen + Invest
- Strahlkühlung: Sonden, Modelle, Studien, Laser (Darmstadt, Dresden) -> ca. 3 Stellen + Invest
- Hochenergiebeschleuniger: ERLs, Hochfeldmagnete (Rostock, Darmstadt, Mainz) -> 3 Stellen + Invest
- Plasmabeschleunigung: LIGHT@GSI und AWAKE@CERN (Düsseldorf, Darmstadt, Dresden, München) -> ca. 4 Stellen + Invest