

# Strategie des KfB Beschleunigerphysik und Technik

Strategietreffen, BMBF, Bonn, Mai 2017

# Komitee für Beschleunigerphysik (KfB): 2017-2019



Ralph Assmann  
DESY  
(Stellv. Vorsitz)



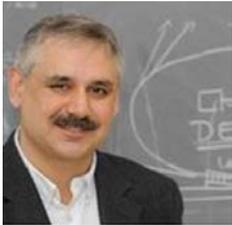
Oliver Boine-Frankenheim  
TU Darmstadt  
(Vorsitz)



Wolfgang Hillert  
Uni Hamburg  
(Vorsitz 2014- 2016)



Thorsten Kamps  
HZB



Shaukat Khan  
TU Dortmund



Andreas Maier  
Uni Hamburg



Atoosa Meseck  
HZB



Anke-Susanne Müller  
KIT



Jens Osterhoff  
DESY



Andreas Peters  
HIT

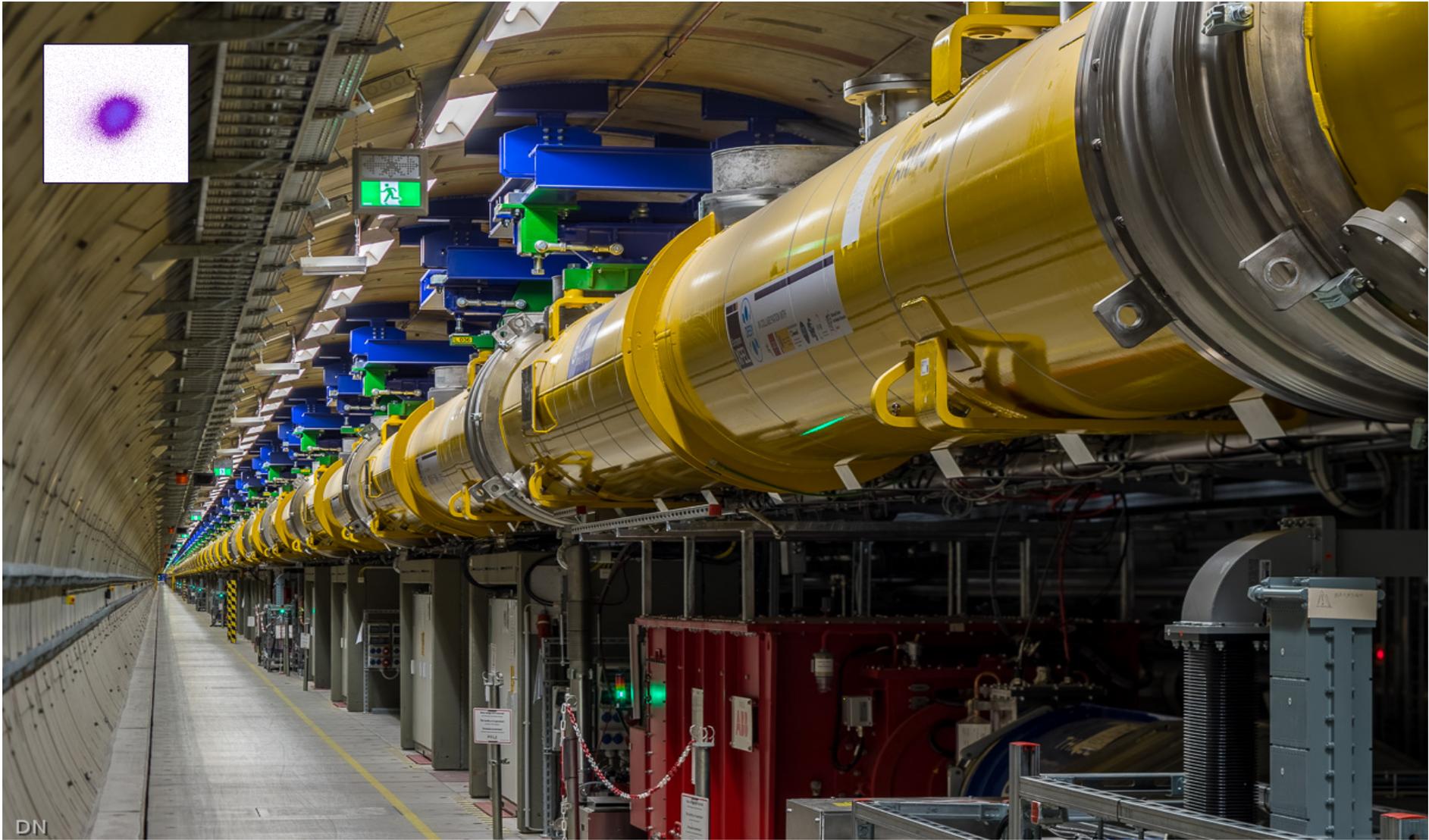
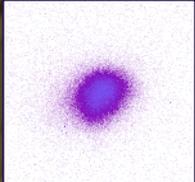
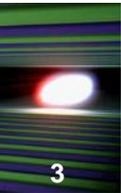


Frank Tecker  
CERN



Thomas Weiland  
TU Darmstadt  
(Vorsitz 2011-13)

# Erstes Sub-nm-Lasing am 02. Mai 2017



DN

General Assembly – May 4<sup>th</sup>, 2017  
XFEL Accelerator Consortium, many institutes



# KfB Empfehlungen / Strategie (2015)

Eine zentrale Empfehlung ist die Stärkung der Zusammenarbeit zwischen Forschungszentren und Universitäten, insbesondere auch bei der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

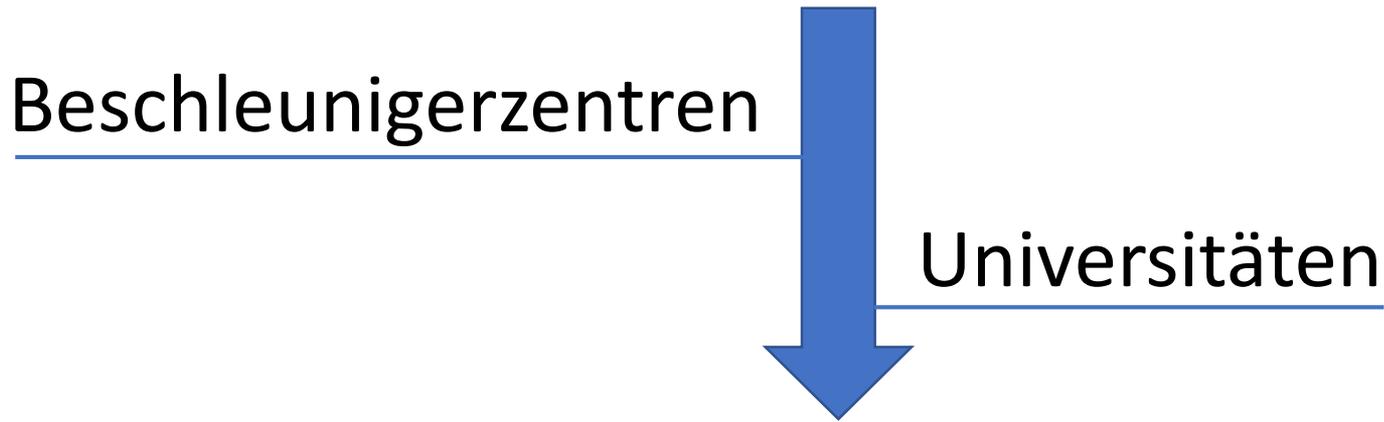
## Empfehlungen zur Großgeräteinfrastruktur in Deutschland sowie unter deutscher Beteiligung:

- Ausbau und Weiterentwicklung von Synchrotronstrahlungsquellen und Freielektronen-Lasern zur Erzielung höherer Strahlqualität und -intensität.
- Bau und Weiterentwicklung von FAIR im Hinblick auf die Erzeugung brillanter Ionenstrahlen und die Optimierung der Produktion von Sekundärstrahlen sowie deren Kühlung.
- Unterstützung von Beiträgen zu internationalen – insbesondere europäischen – Großprojekten wie z.B. HL-LHC, ILC, FCC und ESS.

## Empfehlungen zur beschleunigerphysikalischen Forschung und Entwicklung:

- Weiterentwicklung der supraleitenden Beschleunigertechnologie, insbesondere von Resonatoren für den Dauerstrich-Betrieb und von Magneten für Strahlen höchster Energie.
- Forschung und Entwicklung in übergreifenden Bereichen wie Strahldiagnose und -stabilität, Simulation, Synchronisation, Kontroll- und Regelsysteme sowie bezüglich der Verfügbarkeit der Anlagen und der Entwicklung neuartiger Hochpräzisionsanlagen
- Weiterentwicklung neuartiger Beschleunigerkonzepte im Hinblick auf deren zukünftige Anwendung.

# Strategiediskussion des KfB



Erstellung eines Strategiepapiers

***Beschleunigerphysik 2030***

# KfB Perspektivenworkshop

16./17. Februar 2017

86 Teilnehmer, 17 Vorträge

<http://indico.cern.ch/event/581462/>

## Anforderungen der Nutzer (6):

- Hadronen- und Kernphysik
- Hochenergie-/ Teilchenphysik
- Kondensierte Materie
- Medizinische und industrielle Anwendungen

## Beschleunigerphysik und -technik (6):

- Vorhandene und geplante Anlagen
- Studien und Möglichkeiten

Welche Bereiche benötigen F&E?

## Stand der Forschung und Ausblick (5):

Überblick über ausgewählte Felder der Beschleunigerphysik und -technologie



# Beschleuniger für die Hochenergiephysik

Oliver Brüning (CERN), *Future Accelerators for Particle Physics*,  
KfB Perspektivenworkshop, 16.-17. Februar 2017, TU Darmstadt

## **Bereits auf dem Weg: HL-LHC**

Herausforderungen -> Hochfeldmagnete (12 T), Strahlintensität/Limitationen

## **Mögliche Optionen in < 10 Jahren: LHeC**

Herausforderungen -> Energy Recovery Linac (ERL)

## **Optionen > 10 Jahre: HE-LHC, ILC/CLIC, FCC-ee**

Herausforderungen -> Kosten, Hochfeldmagnete (16 T), HF Leistung, Strahllebensdauer

## **Optionen > 20 Jahre (Europäische Strategie 2019): FCC-hh**

Herausforderungen -> Kosten, Hochfeldmagnete (16 T), Kryotechnik, .....

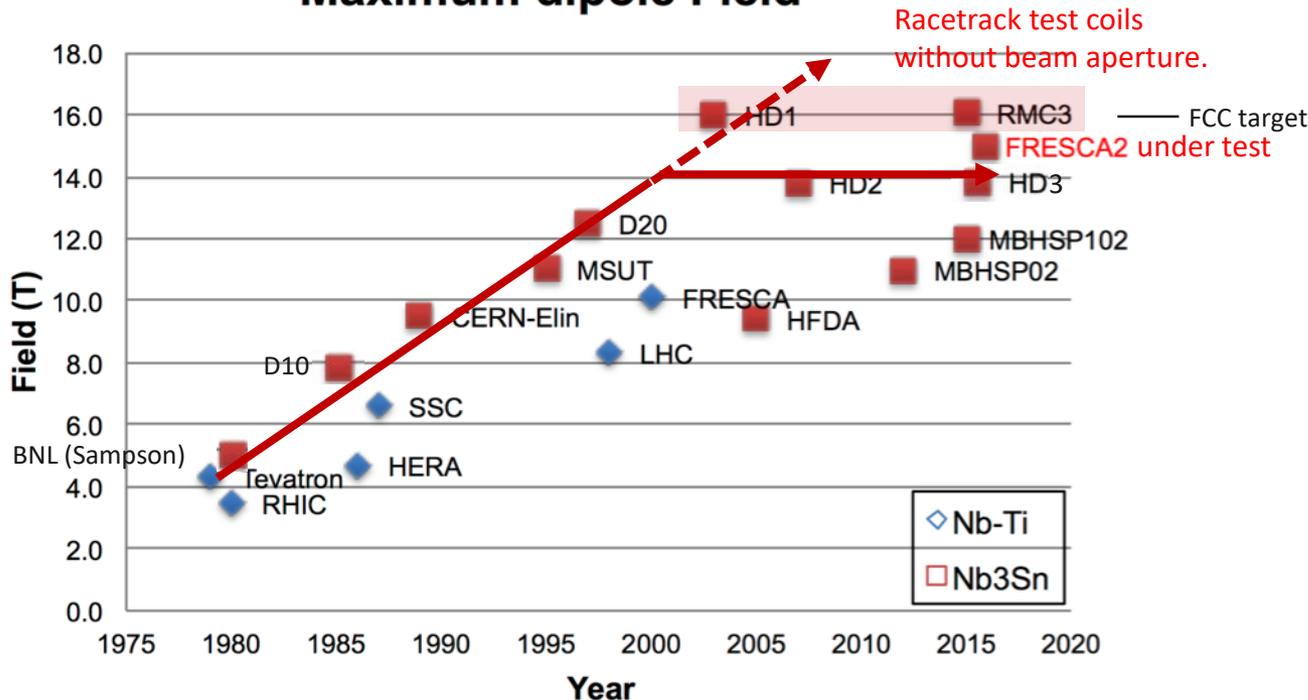
## **Noch weiter in der Zukunft: Plasmabeschleuniger**

Herausforderungen -> Laser/Plasmaphysik, Strahlintensitäten und Qualitäten,.....

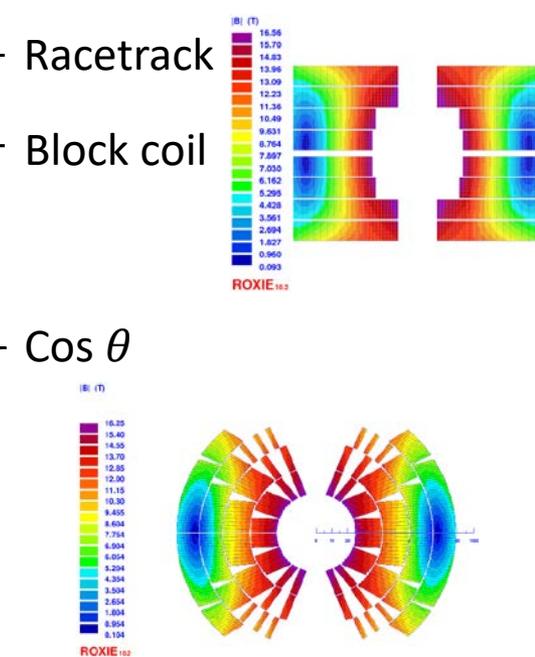
# Hochfeldmagnete

Bernhard Auchmann (PSI/CERN), *High Field Magnets*,  
 KfB Perspektivenworkshop, 16.-17. Februar 2017, TU Darmstadt

## Maximum dipole Field \*



LHC und HL-LHC konzentrierten sich auf Entwicklungen serienreifer Magnete und nicht auf Rekordfeldstärken. In letzter Zeit wurde sich für FCC-hh wieder auf Feldstärken konzentriert.

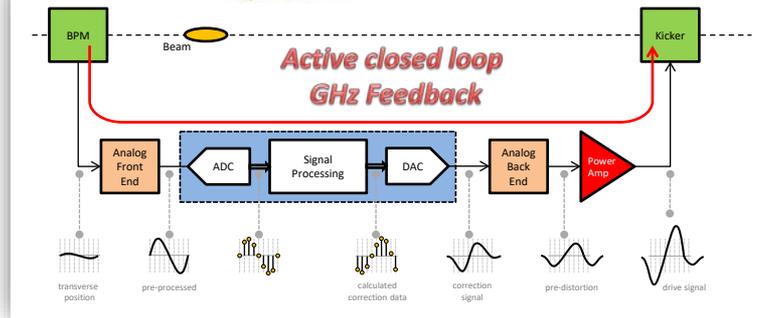
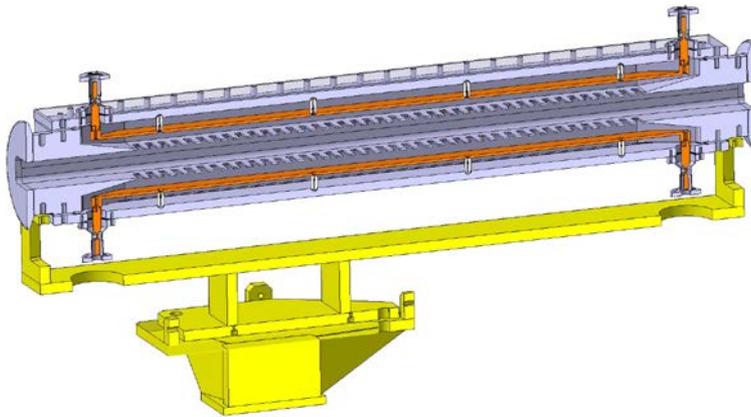


# Die "ewigen" Elektronenwolken und Impedanzen

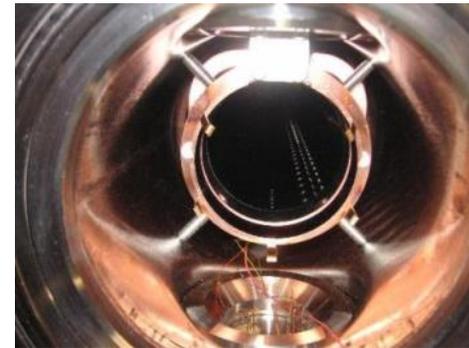
Gianluigi Arduini (CERN), *High Intensity Beams*,  
KfB Perspektivenworkshop, 16.-17. Februar 2017, TU Darmstadt

Wärmeeintrag, Strahlinstabilitäten, Halos begrenzen die Luminosität in Hadronenkollidern.  
Upgrades und neue Projekte erfordern Gegenmaßnahmen und zugehörige F&E.

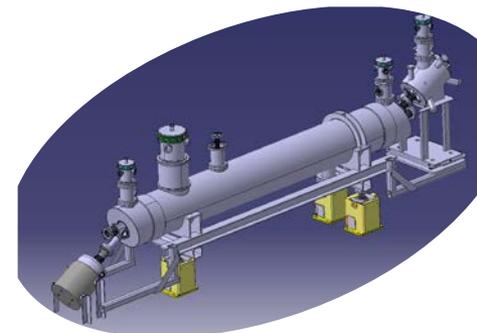
Gegenmaßnahme: Breitband-Feedback



Gegenmaßnahme: Beschichtungen



Gegenmaßnahme: Halokollimation



Elektronenlinse  
für Hohlstrahl

# Beschleuniger für die Kernphysik

Oliver Boine-Frankenheim (TU Darmstadt/GSI), *Accelerators for Nuclear Physics*,  
**KfB Perspektivenworkshop**, 16.-17. Februar 2017, TU Darmstadt

**Neue Anlagen auf dem Weg:** SPIRAL2/FR (2017), FRIB/USA (2022), **FAIR** (2025)  
Herausforderungen -> Kompakte HF, schnell gerampte Magnete, Strahlintensitäten, ...

**Die nächsten 10 - 20 Jahre: FAIR**

Fertigstellung, Optimierung für Zielintensitäten + Experimentbetrieb

**Optionen > 20 Jahre: Eurisol**

Herausforderungen -> Kosten, MW Protonenstrahlen, Produktionstargets,....

**Weitere Option für die Zukunft: Laserbeschleunigung von Ionen**

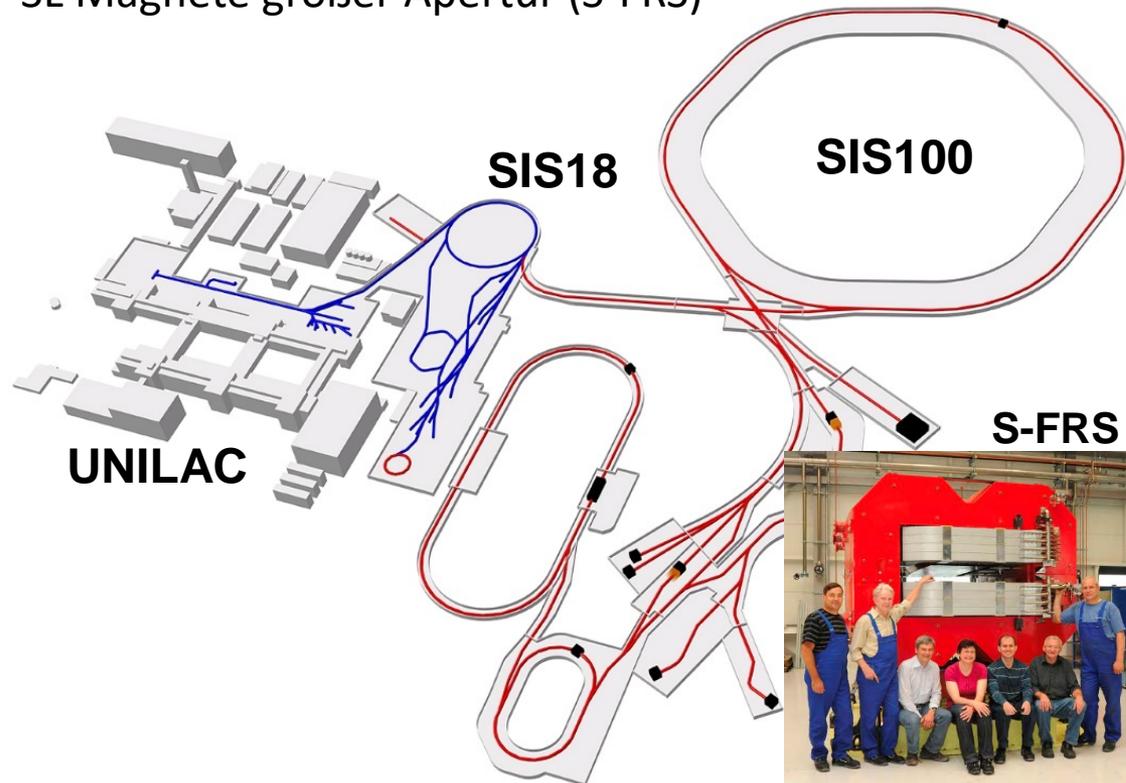
Herausforderungen -> Laser/Plasmaphysik, Strahlintensität und Qualität,.....

# FAIR@GSI

**Erste Strahlen aus SIS100: 2025**

## Technologische Herausforderungen:

- Schnell rampende supraleitende Magnete (SIS100)
- Stabilisierung des Vakuums im XUV (SIS100)
- SL Magnete großer Apertur (S-FRS)



## Schlüsselkomponenten (F&E):

- Ionenquellen (z.B. EZR)
- Kompakte HF Strukturen
- Zerstörungsfreie Ladungsstripper:  
Gas, Flüssig oder Plasma.
- Strahlkühlung:  
Stochastisch/Elektronen/Laser/...
- Kontrolle höchster Intensitäten:  
Simulationswerkzeuge, Feedback
- Kontrolle dynamisches Vakuum

# Intensitätsgrenzen für Hadronenstrahlen

Gianluigi Arduini (CERN), *High Intensity Beams*,

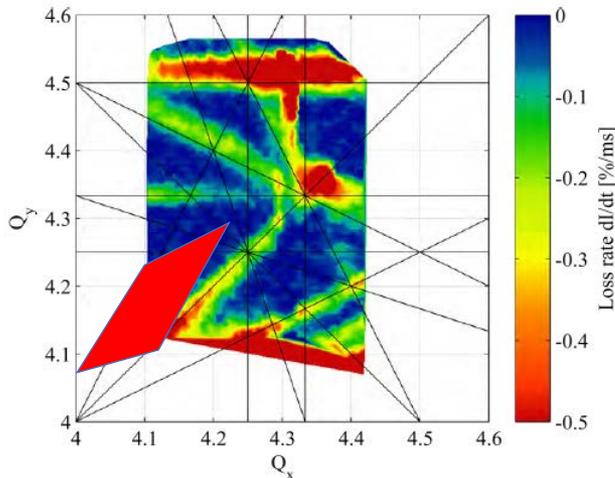
**KfB Perspektivenworkshop**, 16.-17. Februar 2017, TU Darmstadt

## Optimierung von Synchrotrons für höchste Intensitäten:

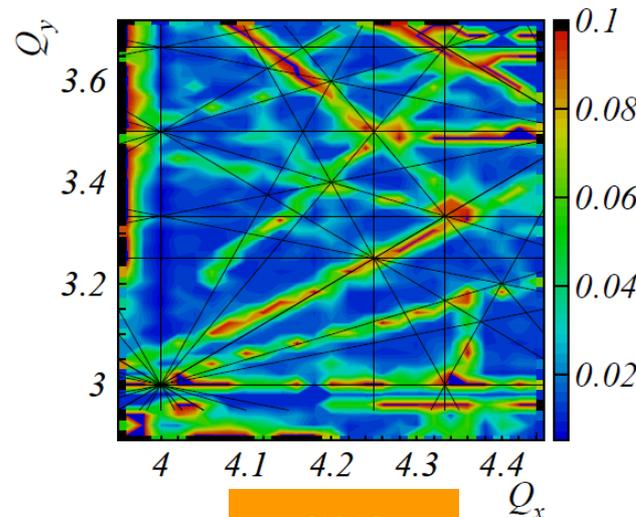
- Erfordert leistungsfähige numerische Modelle !
- Schnelle Strahldiagnose und ausreichend Korrektur Elemente
- Verschiedenste (koppelnde) Intensitätseffekte
- Beispiel: Raumladung und nichtlineare Resonanzen

“Arbeitspunktverschmierung”

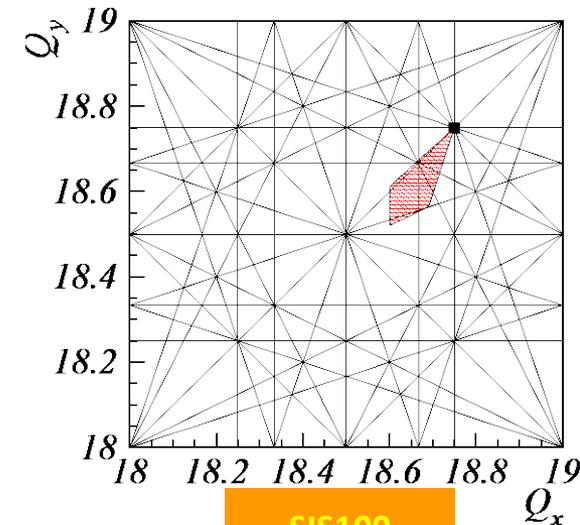
$$\Delta \hat{Q} \propto -\frac{C \hat{\lambda}}{\beta \gamma^2} \frac{1}{\epsilon_n} \propto -\frac{N}{\epsilon_n}$$



PS Booster



SIS18



SIS100

# Strategie des KfB: Zusammenfassung für PkT

## **Beschleuniger für die Hochenergiephysik:**

Die weitere Steigerung der Luminosität für HL-LHC erfordert erhebliche F&E Maßnahmen, an welchen deutsche Universitäten bereits beteiligt sind oder sich stärker beteiligen könnten. Beiträge/Kooperationen zukünftig auch im Bereich ERL und zugehöriger Technologien (LHeC). Unterstützung ausgewählter Beiträge zu ILC/CLIC, FCC solange diese breitere Anwendung haben.

## **Beschleuniger für die Hadronen- und Kernphysik:**

Konzentration auf FAIR und die noch offenen F&E Maßnahmen, welche erforderlich sind um die Anlage für die maximalen Strahlintensitäten und Qualitäten auszulegen und im späteren Betrieb auch zu erreichen.

## **Plasmabeschleuniger (Ionen und Elektronen):**

Unterstützung der weiteren Grundlagenforschung auf dem Gebiet als mögliche zukünftige Technologie für kompakte Beschleuniger in/aus Deutschland

## **Übergreifende F&E Aspekte:**

Weitere Anstrengungen im Bereich „Autonomer Beschleuniger“ und Computermodellierung von Beschleunigern und Teilchenstrahlen (siehe auch Vortrag Di).

-> KfB Strategiepapier **Beschleunigerphysik 2030**

# Perspektiven Hochenergiephysik: CLIC und ILC

## CLIC:

- Normalleitende HF Technologie (12 GHz)
  - Hoher Beschleunigungsgradient (100 MV/m)
- 380 GeV (Higgs- und Top-Physik), Ausbau 1.5 / 3 TeV (neue Physik - über 20-30 Jahre)



## Perspektiven - Herausforderungen :

- 2019: Projekt-Implementierungsplan als mögliches post-LHC CERN-Projekt
  - Ziel 2035 Strahlbetrieb
- Weiterentwicklung und Anwendung der Hochgradient-technologie
  - bei FELs
  - Medizinbeschleunigern ?????
- Kostenreduzierung
  - Hocheffiziente Klystrons
  - Permanentmagnet-Technologie
- Präzisions-Ausrichtung ( $\mu\text{m}$ )

## ILC:

- Supraleitende HF Technologie (1.3 GHz – 35 MV/m)
  - Effizient, Limitierte Beschleunigung
- 250 – 500 GeV (1 TeV Ausbau)
- Ausgereifte Technologie, beim Europäischen XFEL am DESY demonstriert



## Perspektiven - Herausforderungen:

- Projekt wird z.Z. in Japan evaluiert
  - Entscheidung 2018 erwartet
- Weiterentwicklung der HF-Technologie
  - z.B. N-Dotierung
  - Erhöhung des Gradienten => Kostenreduzierung