

F&E Beschleuniger

Wissenschaftliche Ziele

Wolfgang Hillert



Forschung und Entwicklung an Teilchenbeschleunigern

- Treiber von Hochtechnologie**
- Bindeglied zwischen Grundlagenforschung
und Anwendung**

Generelle Empfehlungen



PETRA III
FLASH
XFEL
DESY

BESSY II
HZB

ELBE
HZDR

ETP- und HKP- Beschleuniger

FAIR

FZJ

ANKA
KIT

ILC



PETRA III
FLASH
XFEL DESY

BESSY II HZB

ELBE HZDR

**KM-
Beschleuniger**

FAIR

FZJ

ANKA KIT

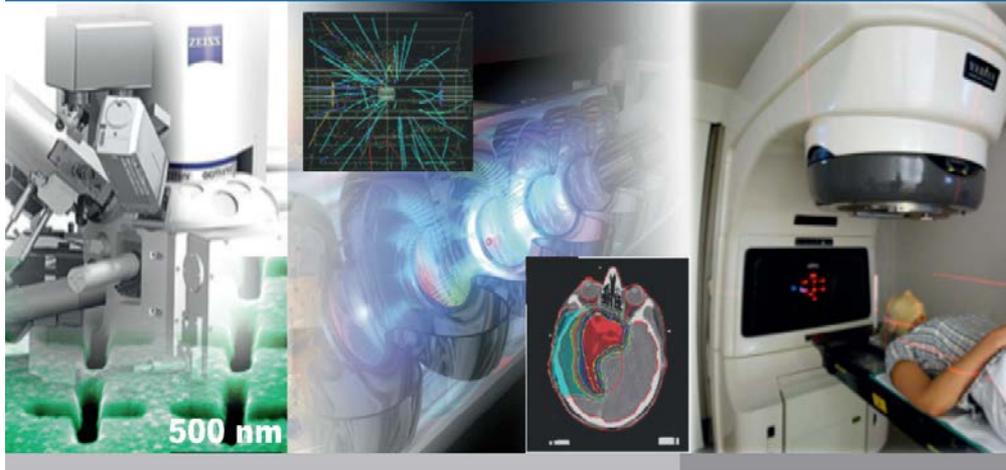
ILC



ARD

Accelerator Research and Development

Accelerators – Motors for Discovery and Innovation



Idee 2010

Genehmigung 2011

Start 07/2011

Implementation
Phase (2011-14)

Research Field *Matter* in POF III

Matter and Technology (2015-2019)

→ Accelerator R&D

4 Areas:

1. SRF Science & Technology
2. Concepts and Technologies for Hadron Accelerators
3. ps & fs Electron and Photon Beams
4. Novel Acceleration Concepts

1. CW upgrade FEL operation, ERL, low- β cw structures for protons / ions
2. Future developments for FAIR , EDM
3. Beam Dynamics, Diagnostics, Controls & Synchronization
4. LIA, LEA, BEA (→ compact beam sources)





HH-Zentren und Institute:

- DESY, GSI, FZJ, HZB, KIT, HZD
- HIM, HIJ

Unis mit BP-Vorlesungen & Forschung:

- U Bonn (ELSA)
- TU Darmstadt (S-DALINAC)
- TU Dortmund (DELTA)
- U Mainz (MAMI)
- HU Berlin
- U Frankfurt
- U Hamburg
- KIT (← U Karlsruhe)
- TU Dresden (eingeschr. Themenkreis)
- U Göttingen (Blockvorlesung)
- U Siegen (Blockvorlesung)

Unis mit „Beschleunigerforschung“:

- TU Aachen
- TU Berlin
- U Düsseldorf
- U Heidelberg: MPI-K, HIT
- LMU München
- U Rostock
- (U Wuppertal)
- (FSU Jena)
- (HS Fulda)
- (U Kassel)

Ausländische Labore:

- CERN, ESRF

Beitrag der Universitäten:

- Einbringung von **spezieller Expertise, Personal, (Teststrahlzeit)!**
- **Kreativität**, Erschließung neuer **Fragestellungen**
- **Ausbildung wissenschaftlichen Nachwuchses!!**



Nutzen für die Universitäten:

- Erkenntnisgewinn, Weiterentwicklung des Feldes
- Kooperationen, Partnerschaften
- Anbindung an Großgeräte



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

Großgerätelandschaft im Wandel

Empfehlungen zur
Großgeräteinfrastruktur

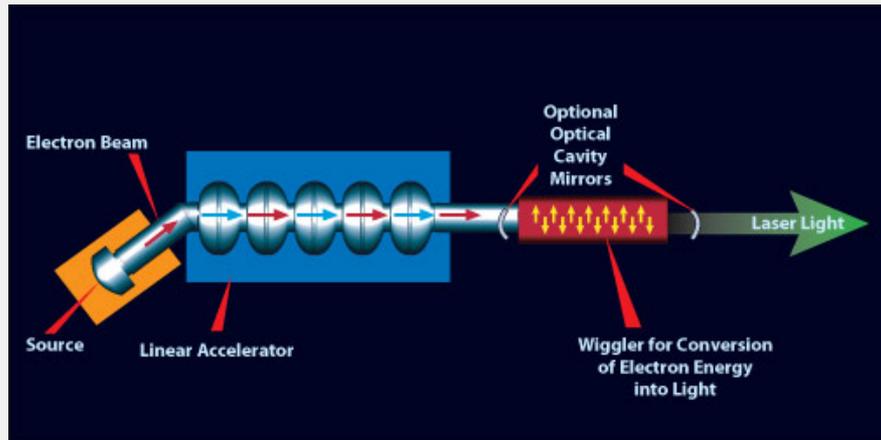
KM: FEL & SR



**Im internationalen Vergleich führende Stellung:
Speicherringe, Freie-Elektronen-Laser!**

Freie-Elektronen-Laser

(FLASH, XFEL)



„Vollständige“ Kohärenz?

Speicherringe

(PETRA III, BESSY II, ANKA, DELTA)



Beugungslimitierte Speicherringe?

→ **ultrakurze Pulse**, höchste **Intensität** und **Kohärenz**, kleinste **Emittanz**

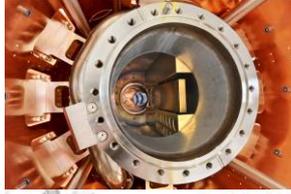
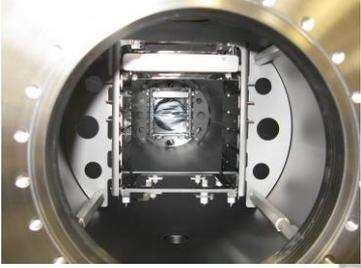
Ausbau und Weiterentwicklung von Synchrotronstrahlungsquellen und Freie-Elektronen-Lasern zur Erzielung höherer Strahlqualität und -intensität.



F&E-Schwerpunkte @ FAIR für die nächsten 10 Jahre:

- Ionenquellen und Strahltransport (hohe Brillanz, Transmission, Rep-Rate)
- Linac-Strukturen (nc und sc)
- HF-Manipulation und -systeme
- Strahltransfer und Synchronisation
- Ladungsstripper für hohe Intensitäten
- Nichtdestruktive Strahldiagnosesysteme (z.B. Restgasmonitore)
- Strahlkühlung (stochastisch, ecool)
- Strahlverlust und Strahlenschäden
- Kryosysteme, sc Magnete
- Raumladungskompensation

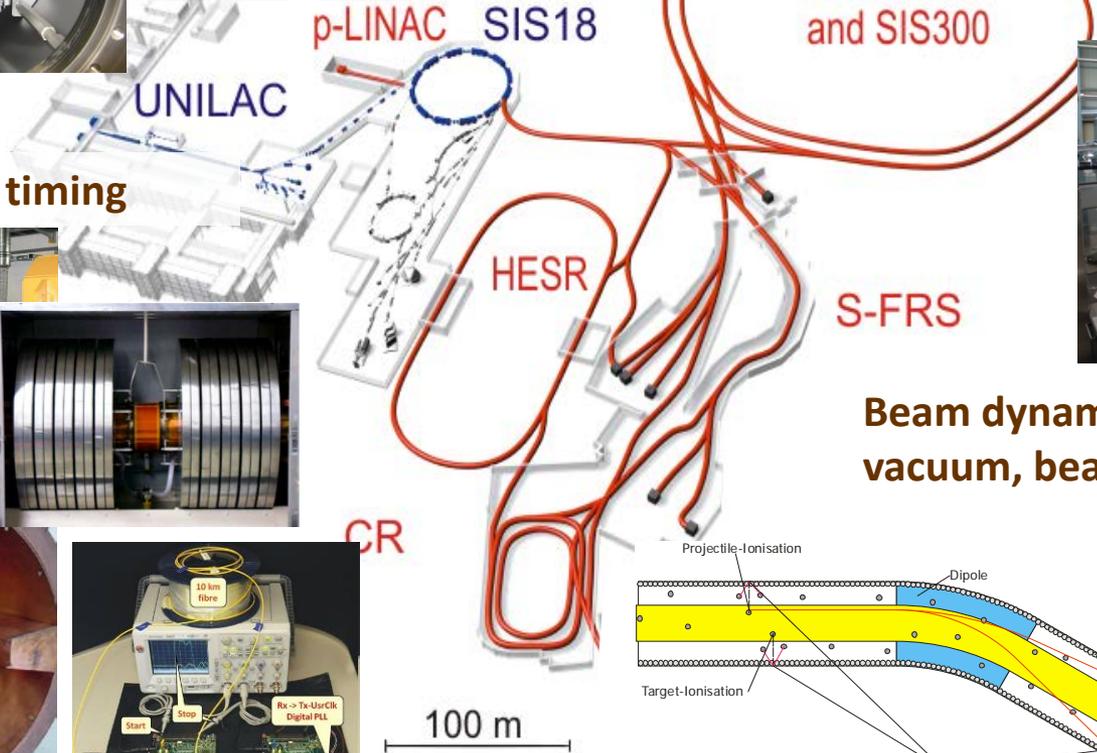
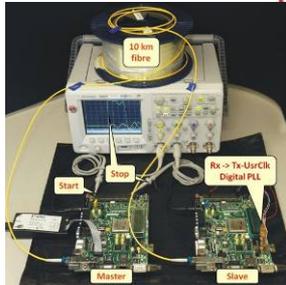
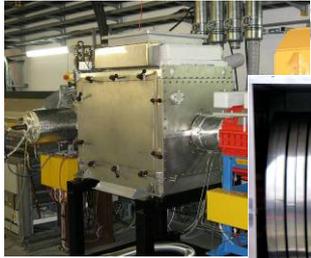
Diagnostic and collimation



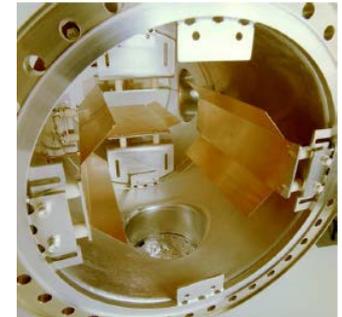
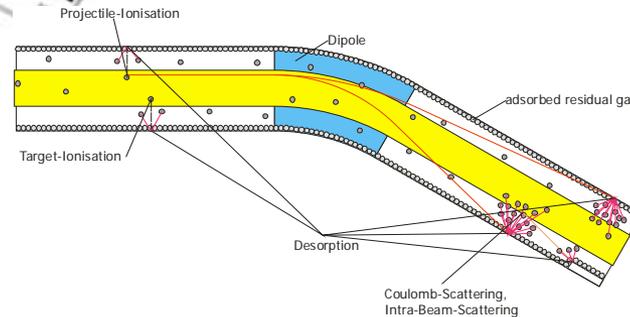
Superconducting magnets cryogenics



Rf-systems, timing



Beam dynamics, dynamic vacuum, beam cooling

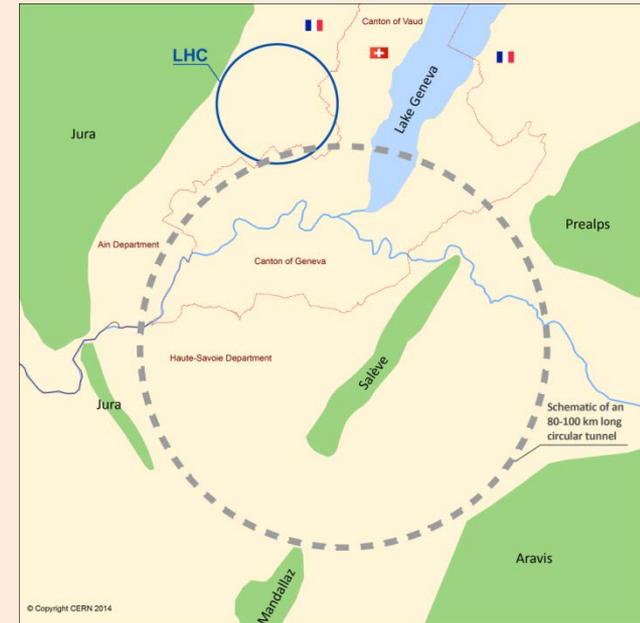
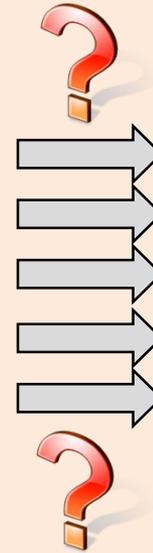
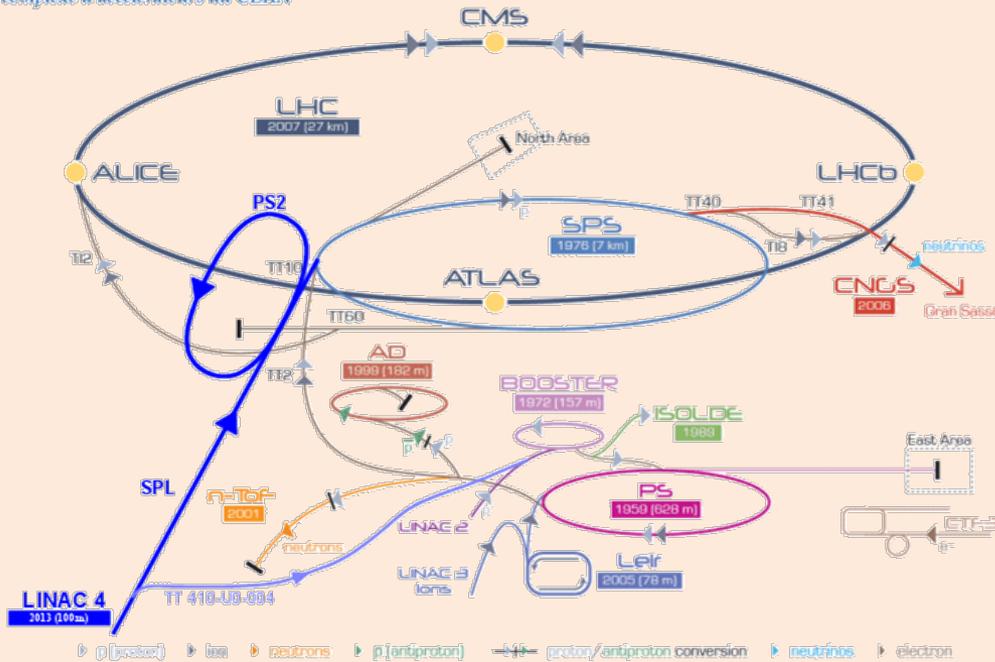


Bau und Weiterentwicklung von FAIR im Hinblick auf die Erzeugung brillanter Ionenstrahlen und die Optimierung der Produktion von Sekundärstrahlen sowie deren Kühlung.

ETP:



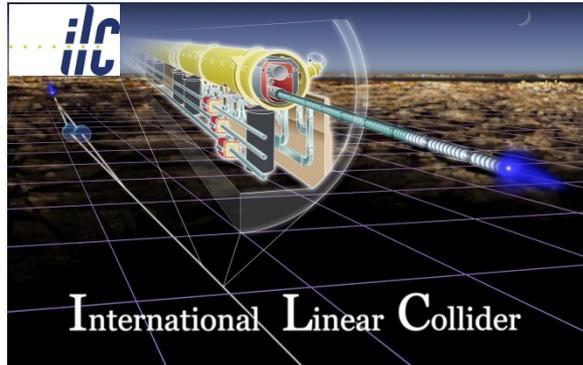
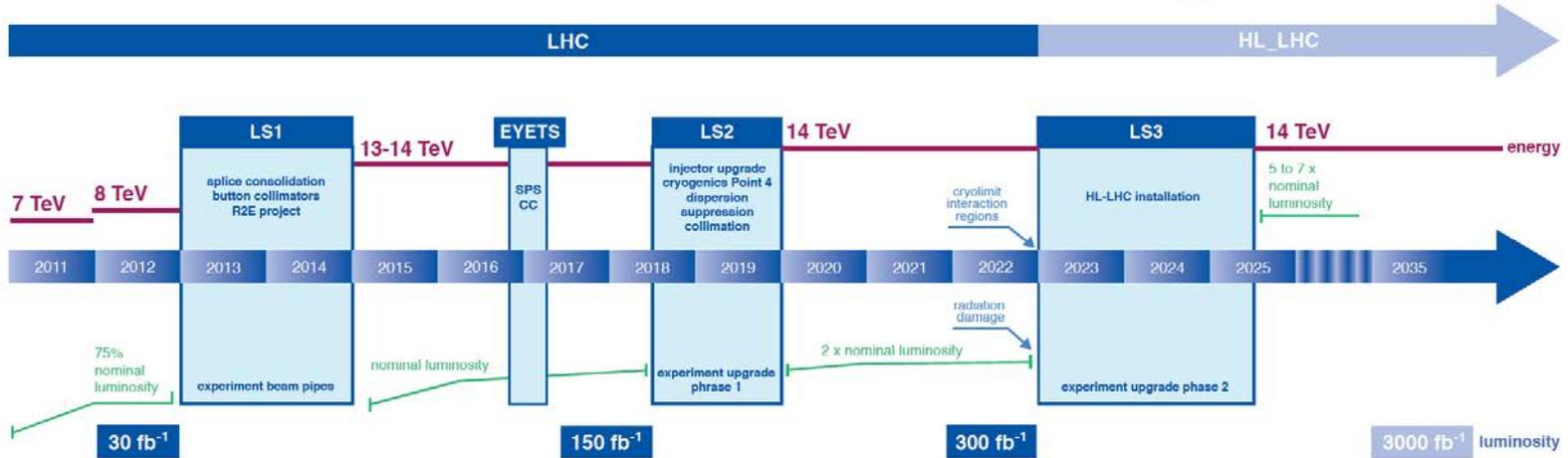
Le complexe d'accélérateurs du CERN



Generelle Stoßrichtungen zukünftiger Beschleunigerentwicklungen

- Weiterentwicklung des LHC zum **HL-LHC**
- Elektronen-Protonen-Collider **LHeC**
- Energy-Recovery-Linac Testfacility **ERL**
- Future Circular Collider **FCC** (hh, ee, he, ...)

LHC / HL-LHC Plan



Unterstützung von Beiträgen zu internationalen – insbesondere europäischen – Großprojekten wie z.B. HL-LHC, ILC, FCC und ESS.

Wissenschaftliche Ziele der übergreifenden („generischen“) Beschleunigerforschung

Empfehlungen zur
beschleunigerphysikalischen F&E

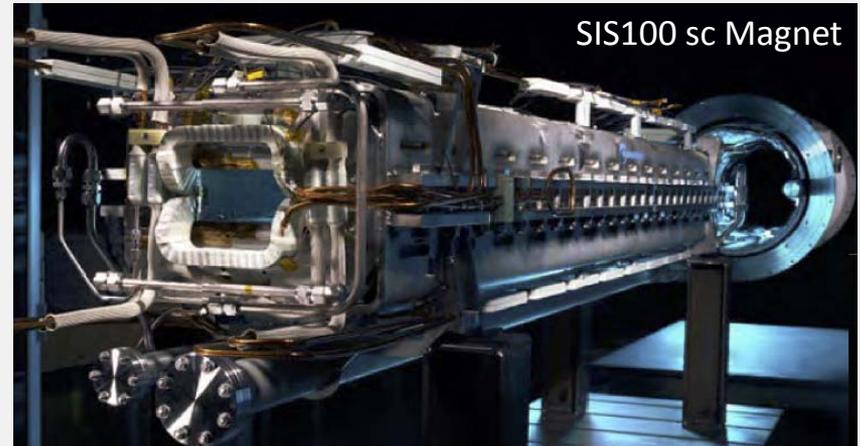
Technologie der Supraleitung

Resonatoren



- **Linearbeschleuniger:**
e, p, Ionen, Neutronen, ADS, ...
→ **ETP** (CERN, ILC)
→ **HKP** (p- und Ionenlinacs)
→ **KM** (FLASH, XFEL)
- **Energy Recovery Linacs (ERL)**
- **Kreisbeschleuniger:**
BESSY^{VSR}, FCC, ...

Magnete



- **ETP: Schlüssel zu Hadronenstrahlen hoher Energie!** → FCC
→ Einsatz von Hochtemperatur-Supraleitern (Prg@CERN für 6 Jahre!)
- **HKP: sc-Magnete für höchste Intensität** → SIS100@FAIR

Weiterentwicklung der supraleitenden Beschleunigertechnologie, insbesondere von Resonatoren für den Dauerstrich-Betrieb und von Magneten für Strahlen höchster Energie.

Übergreifende Bereiche

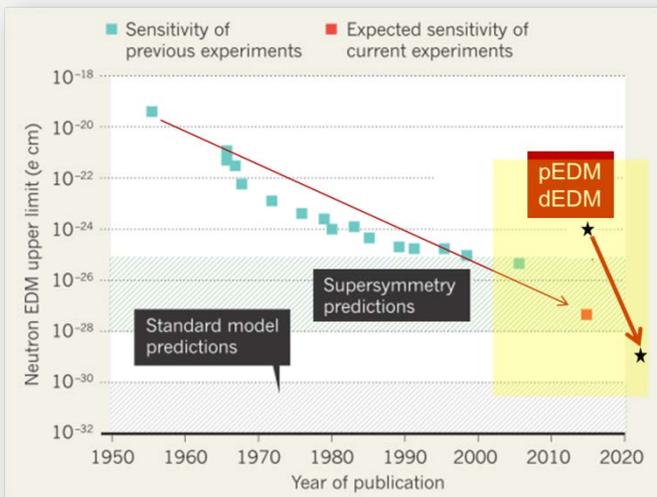
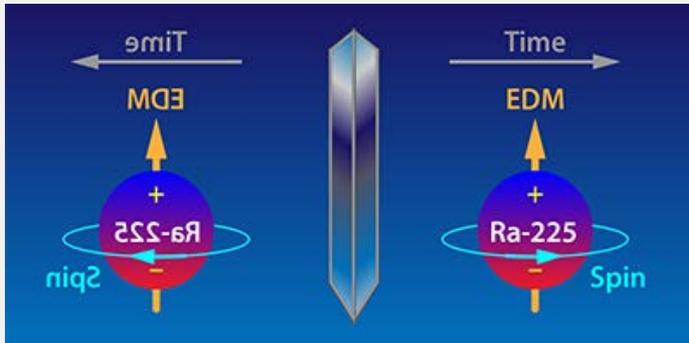


Diagnose, Stabilität, Präzision, Synchronisation,
Kontrolle, Regelsysteme, Verfügbarkeit, Simulation, ...

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.

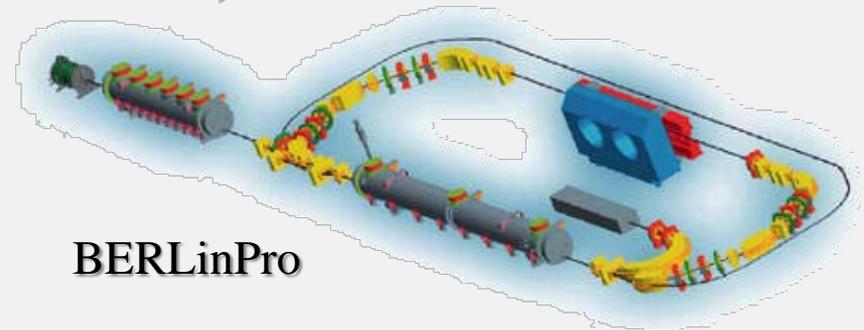
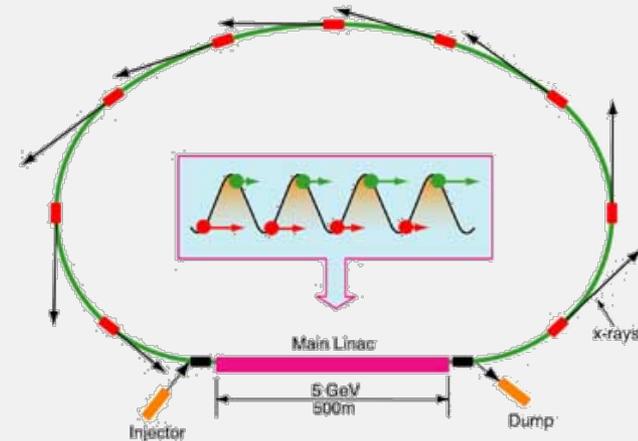
Neuartige („Hochpräzisions-“)Anlagen

EDM: elektrisches Dipolmoment
 CP-Verletzung \leftrightarrow Antimaterie



„Precision Frontier“

ERL: Energy Recovery Linac
 hohe „cw“-Ströme \leftrightarrow Rezirkulation



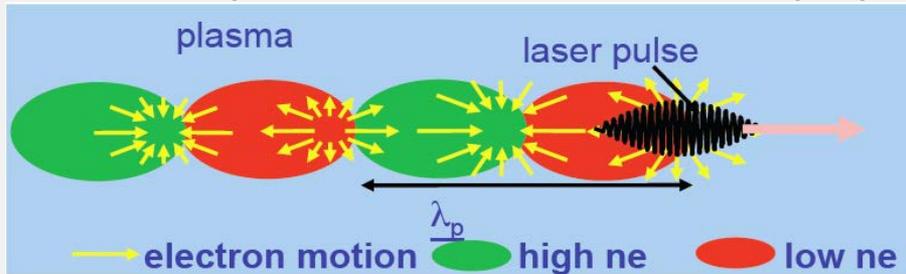
BERLinPro

**Kombiniert Vorteile von
 Speicherringen & Linacs**

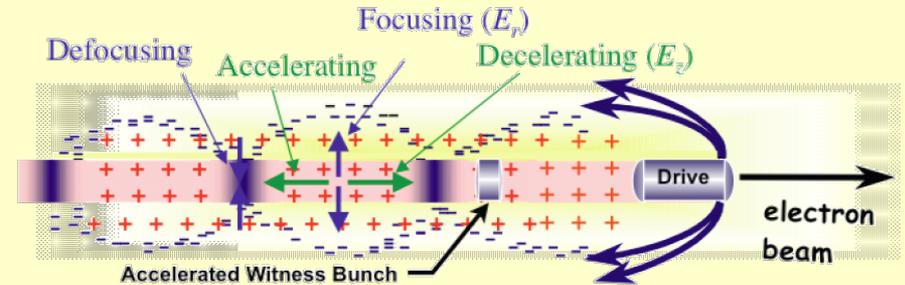
Höhere Beschleunigungsfelder

PWA: Plasma Wakefield Acceleration

LEA: lasergetriebene Elektronenbeschleunigung

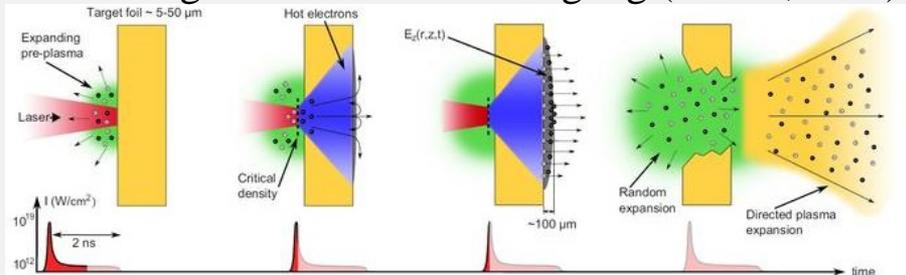


BEA: strahlgetriebene Beschleunigung

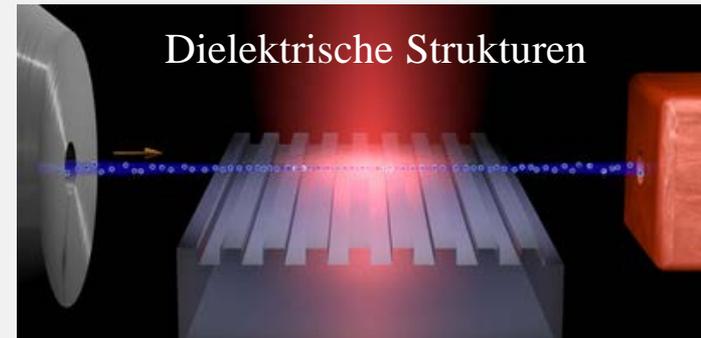


Ionenbeschleunigung

LIA: lasergetriebene Beschleunigung (TNSA, RPA)



Beschleunigung mit Licht



Weiterentwicklung neuartiger Beschleunigerkonzepte im Hinblick auf deren zukünftige Anwendung.

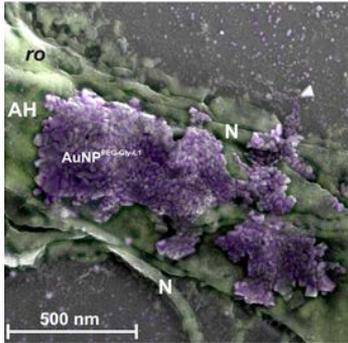
Gesellschaftliche Herausforderungen

Älter werdende Gesellschaft:

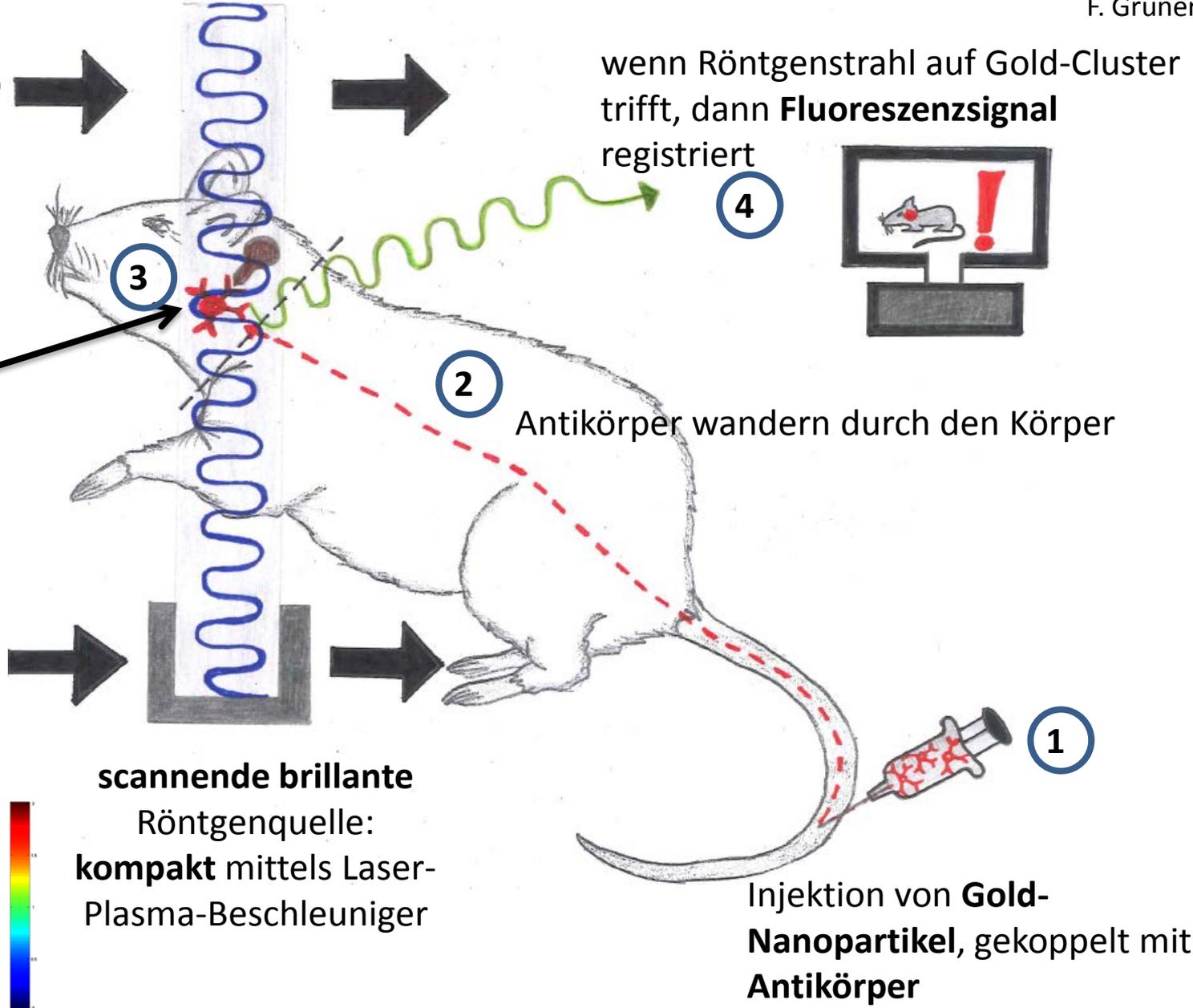
- verbesserte Tumorthherapie mit Beschleunigern
- neue Diagnosemethoden für die präventive Medizin

Medizinische Bildgebung mittels Röntgen-Fluoreszenz

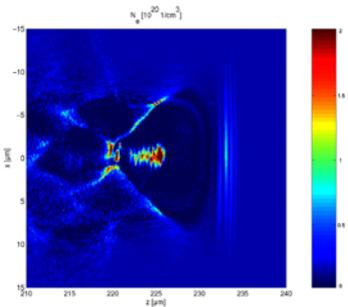
100-1000x
sensitiver als
MRT?!



Antikörper binden
an Krebszellen



scannende brillante
Röntgenquelle:
kompakt mittels Laser-
Plasma-Beschleuniger



Empfehlungen des KfB:

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.