

# HK-9

Andreas Jankowiak



# **HK-9: Energy Recovery Linac Technologie**

## **Auf dem Weg zum versatilen Beschleuniger der Zukunft**

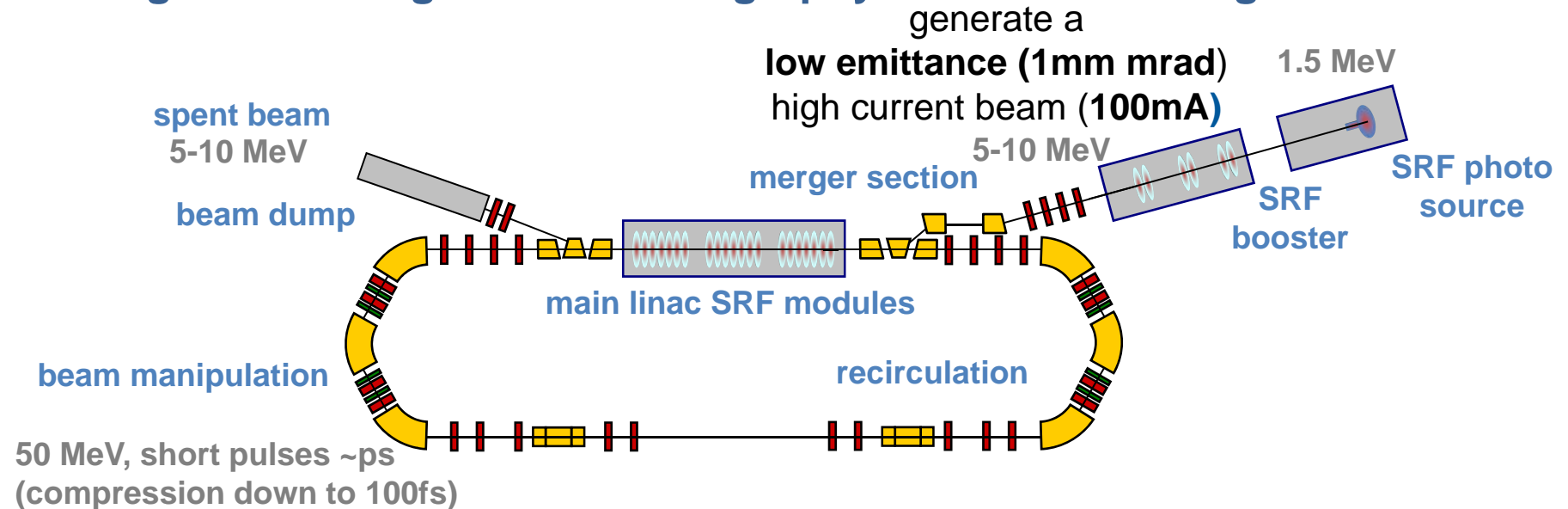
Andreas Jankowiak  
Helmholtz-Zentrum Berlin



**Verbundforschungsworkshop**  
**TU Darmstadt**  
**31.08.2011**

# Technologie Entwicklung für den ERL als Großgerät

**BERLinPro: 50MeV / 100mA / niedrig Emittanz Energy Recovery Linac**  
enthält alle wesentlichen Schlüsselkomponenten zukünftiger „Groß“-Geräte  
**Grundlagenforschung in Beschleunigerphysik und Technologie**

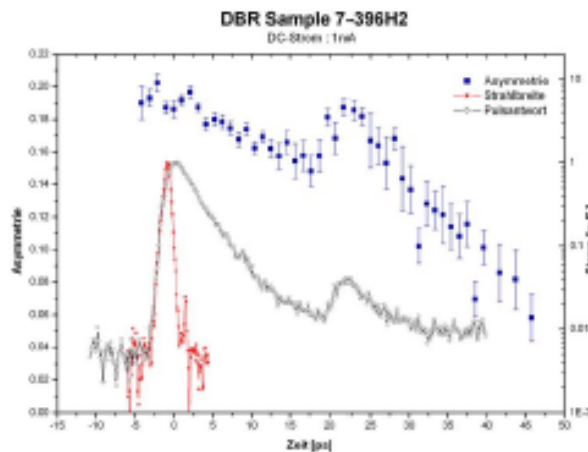


## Herausforderungen

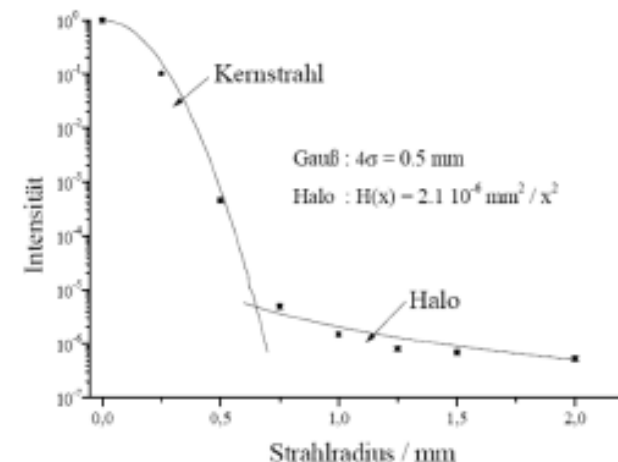
- Elektronenquelle (e.g. supraleitende Hochfrequenz-Elektronenquelle), Photokathoden (Effizienz, Lebensdauer) und Laser-System
- Emittanzerhaltung (Merger, Kompression)
- HOM-Dämpfung und Unterdrückung von „beam break up“ (BBU)
- extreme Strahlleistung (~MW) im Booster und auf dem Dump
- Kontrolle und Reduktion von Strahl-Halo und Strahlverluste

## Mainz-University: Project HK-9 ERL – beam Halo

ERL phase space distributions do not perform  
after those named by dead mathematicians?



longitudinal: Pulse response  
with long low intensity-tail



Determination of MAMI-transverse  
Beam halo at 855MeV

We propose to study experimentally (PhD-work):

- study of long tails of distribution, longitudinal and transverse
- Several apparatuses available at U-Mainz
- Study of collimation schemes at MAMI, in all relevant energy regions for ERL
- development of diagnostics tools at levels  $< 10^{-4}$  of core intensity

## Mainz-University: Project HK-9 ERL – high brilliance

An emittance of  $\leq 1 \mu\text{m}$  is the key for successful operation

With  $t_{\text{bunch}} \ll t_{\text{accel}}$  we have a lower limit for emittance at the cathode

$$\varepsilon_{\min} = \sqrt{\frac{q_{\text{bunch}}(E_{\gamma} - W)}{6\pi\varepsilon_0 E_{\text{cath}} mc^2}} \sim < 0.5 \mu\text{m} @ 7.7 \text{ pC} / 1 \text{ MV} / \text{m}$$

$$(E_{\gamma} - W) \sim 0.4 \text{ eV (KCsSb), } 0.1 \text{ eV (NEA - GaAs)}$$

But: vacuum space charge destroys beam emittance by nonlinearity of forces!

Countermeasures:

1.) accelerate with high field to relativistic velocities because  $F_q \sim 1/\gamma^2$ .

D.C guns  $< 6 \text{ MV/m}$  energy limited 0.25-0.5 MeV

SRF gun with  $15 \text{ MV/m}$  to  $\sim 5 \text{ MeV}$  (FZD, future: BERLinPRO)

2.) **Note: d.c. acceleration allows long bunches without any correlation**

**between phase and energy & d.c acceleration allows for low longitudinal charge density**

**→ long bunches compensate to some extent high gradient of SRF**

We propose design study and (partial) realisation of :

stage-1: ultra compact inverted gun (0.15-0.3 MeV)

stage-2: stage-1+ICT-column (1-2 MeV, 40-100 mA, ) + bunch compressor

## High-Precision Magnetic Field Computation



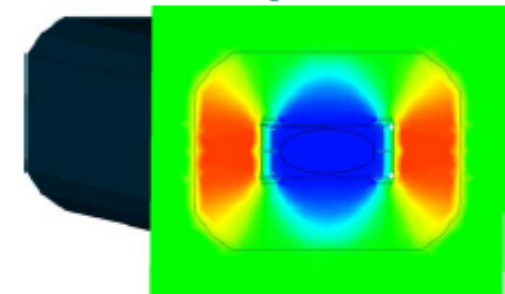
### ▪ Accelerator magnets:

- Coil dominated / iron dominated
- Normal conducting / superconducting
- Dipoles
- Quadrupoles / skew quadrupoles

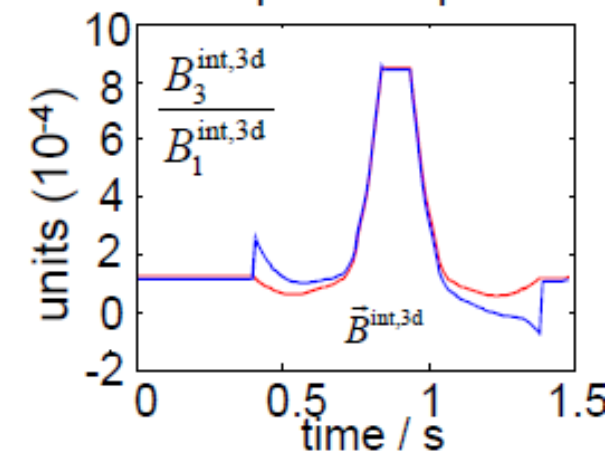
### ▪ Calculation of field errors:

- Very high accuracy required
- Large numerical models
- Higher-order spatial discretization
- Parallel / large-scale computing

dipole



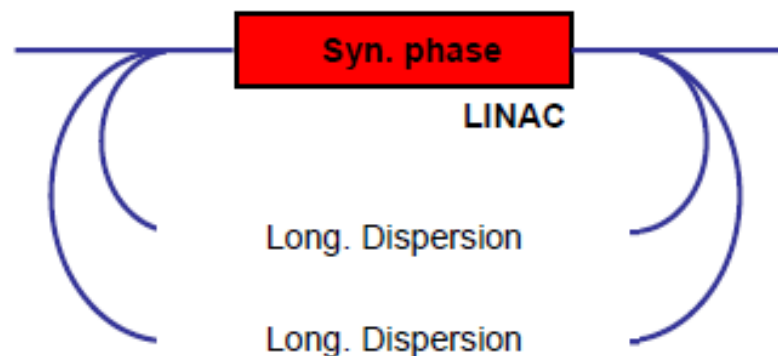
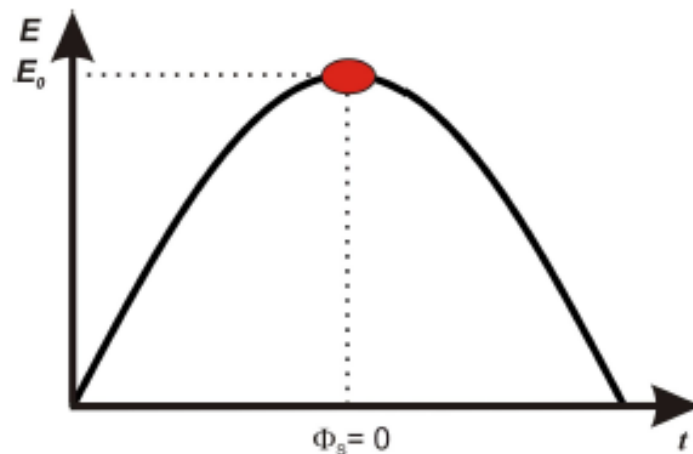
Influence of the beampipe on sextupole component



## ERL und R-Linac Konzepte



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Vorhanden:

- R-Linac (2/3 Rezirkulationen)

Antragsskizze:

- Bestimmung der optimalen longitudinalen Arbeitspunkte (R-Linac und ERL Mode)

- Untersuchungen zur Strombegrenzung durch BBU

Mögliche Partner

- CERN, HZB, U Mainz



# Hochfrequenzregelung



Vorhanden:

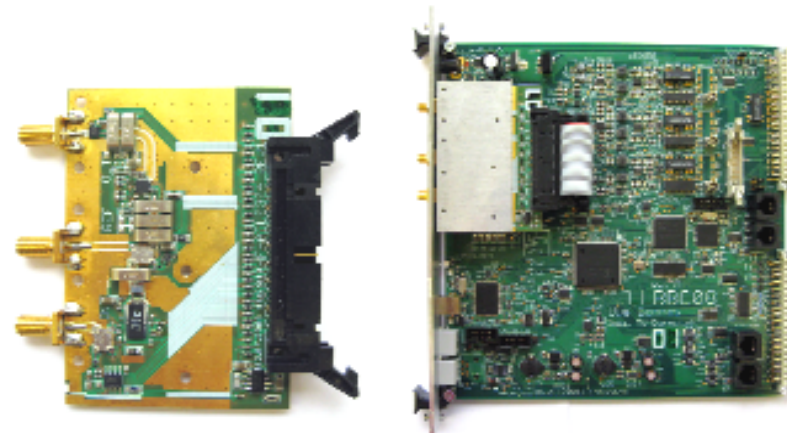
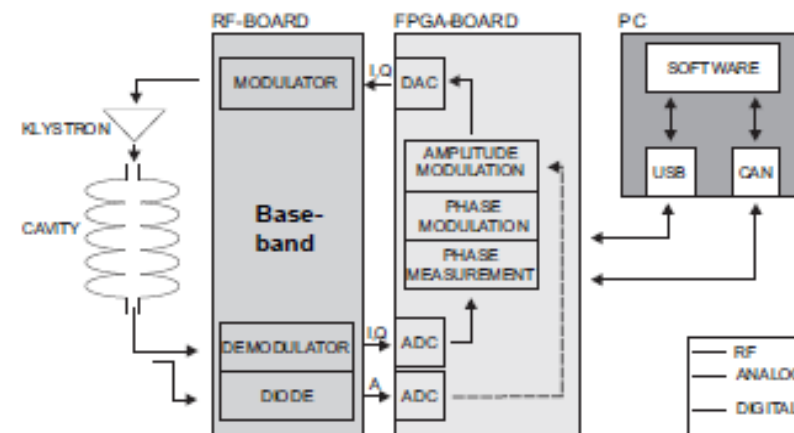
- HF Regelkreise & Algorithmen

Antragsskizze:

- Entwicklung einer universellen HF Regelung:
  - Frequenzen: 1,3 GHz, 500 MHz, 108 MHz
  - dauerstrich, gepulst, gerampt
  - Amplitude, Phase und Eigenfrequenz
  - supraleitende und normalleitende Resonatoren

Mögliche Partner

- U Bonn, U Mainz, GSI





# Strahldynamikstudien an einem SHF Photoinjektor für hohen mittleren Strom

1. Auslegung eines SHF Photoinjektors mit Booster Beschleunigungstrecke unter Einsatz von Optimierungsalgorithmen in Zusammenspiel mit numerischen Simulationsansätzen. Ziele der Optimierung sind in erster Linie kleine Emittanz und kurze Pulse. Modularer Aufbau um Vergleiche von Komponenten zu ermöglichen.
2. Studien zur Leistungsfähigkeit des Photoinjektors für unterschiedliche transversale und longitudinale Verteilungen des Laserpulses (flat top, flat hat, Gaussian, 3D Ellipsoidal, Transverse Parabolic, ... )
3. Berechnung von Quad und Skewquadfeldern und –magneten zur Kompensation von Solenoidfeldfehlern. Design und Aufbau eines kompakten Feldkorrekturmagneten.
4. Untersuchung von Kopplerkicks und Effekte durch andere geometrische Asymmetrien im Strahlengang des Photoinjektors. Vergleich der Strahlrückwirkung von TTF/Cornell/KEK Kopplern und Erbringung von Designänderungen, um diese Strahlrückwirkung zu minimieren.
5. Verfolgung und Kollimation von Dunkelstromelektronen in vollständigen 3D Geometrien und mit 3D Feldverteilungen.