

# Laser-Plasma basierte Lichtquellen

*Impulsvortrag KfB Workshop*

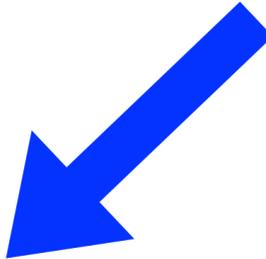
Andreas R. Maier

CFEL, UHH  
andreas.maier@cfel.de  
lux.cfel.de

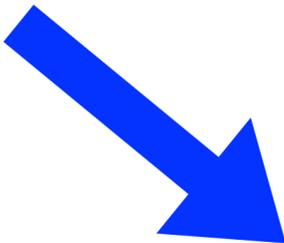


**öffentliche Version**

zwei Erfolgsfaktoren  
neuer Technologien

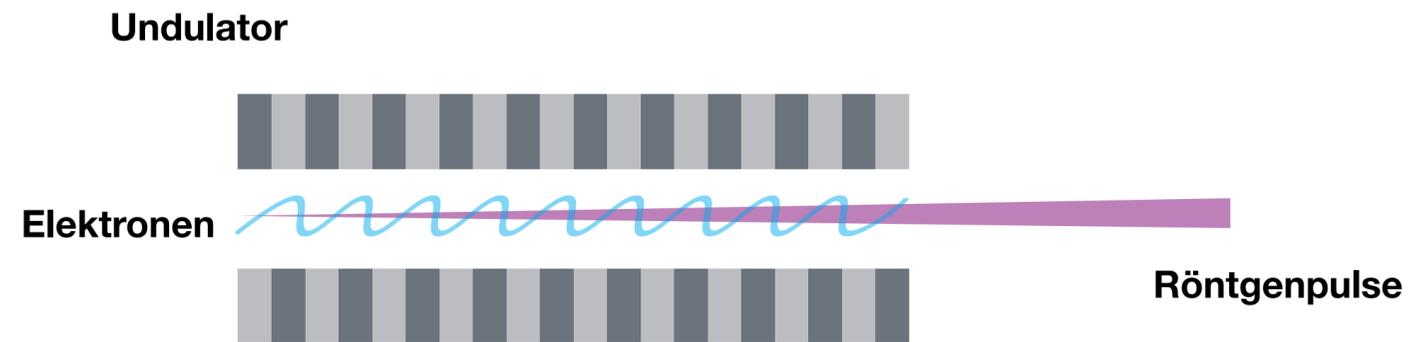


billiger, kleiner,  
mehr davon



radikal neue  
Möglichkeiten

# Skalierung zu kleineren Beschleunigern



- > Undulatorstrahlung ist hoch-brilliant Röntgenquelle
- > vielfältiger Einsatz in der Forschung
- > Wellenlänge skaliert mit Elektronen Energie  $\lambda \propto \gamma^{-2}$
- > Typische Energien auf GeV Skala
- > FLASH: 1 GeV, PETRA 6 GeV, XFEL 14 GeV
  
- > Feld Gradienten bestimmen Beschleunigerlänge
- > Umbauter Raum ist ein wesentlicher Kostentreiber

# Skalierung zu kleineren Beschleunigern

## Plasma Beschleuniger

- > 1 GeV @ 1 Hz @ 250 pC in 6 mm (LUX)
- > 4 GeV @ 1 Hz in 9 cm (BELLA)
- > 10 GeV @ 1 Hz in 30 cm (BELLA expected soon)
  
- > Energie, Ladung und Strom haben wir bereits...
  
- > Benötig immer noch Laser, Reinräume, ...
- > Aber: umbauter Raum ist um Größenordnungen reduziert



lux.cfel.de

LUX Plasma Target, 4 mm (Hamburg)

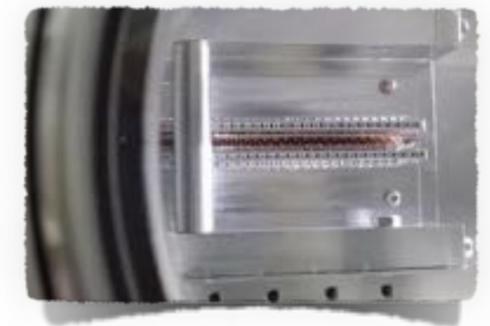


bella.lbl.gov

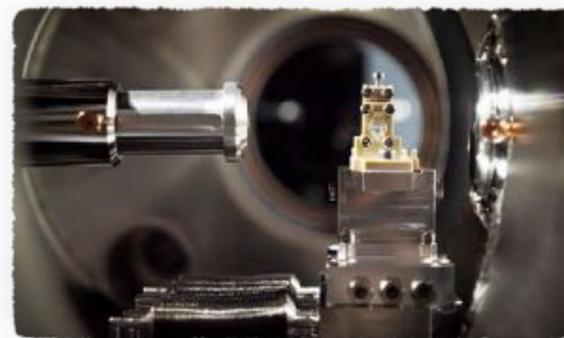
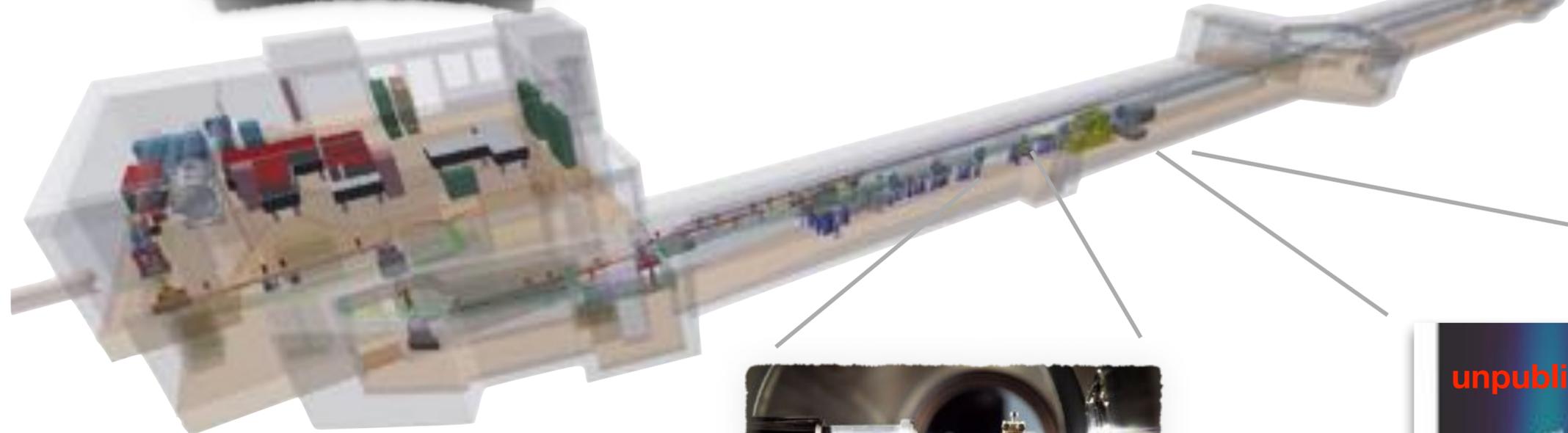
BELLA Plasma Target, 9 cm (Berkeley)

# LUX: Beispiel für Plasma-basierte Beschleuniger Anlage

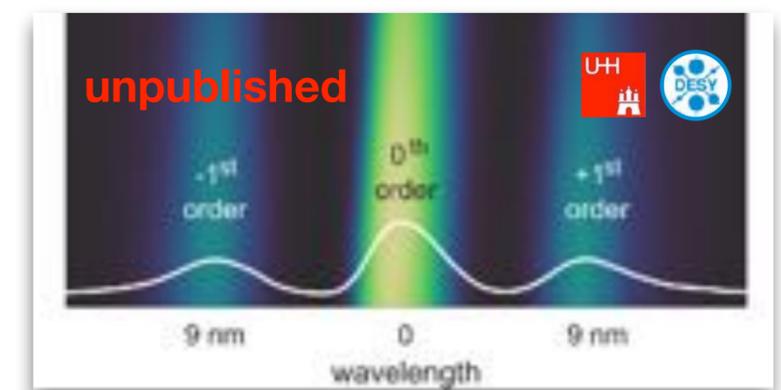
ANGUS  
200 TW laser



BEAST  
5mm period undulator



First Electrons 2016  
300 - 1000 MeV @ 1 Hz



First X-Rays 2017  
down to 4 nm undulator radiation

# Die Qualität...

---

**Folie nicht verfügbar**

# Timing

---



Quelle: unbekannt

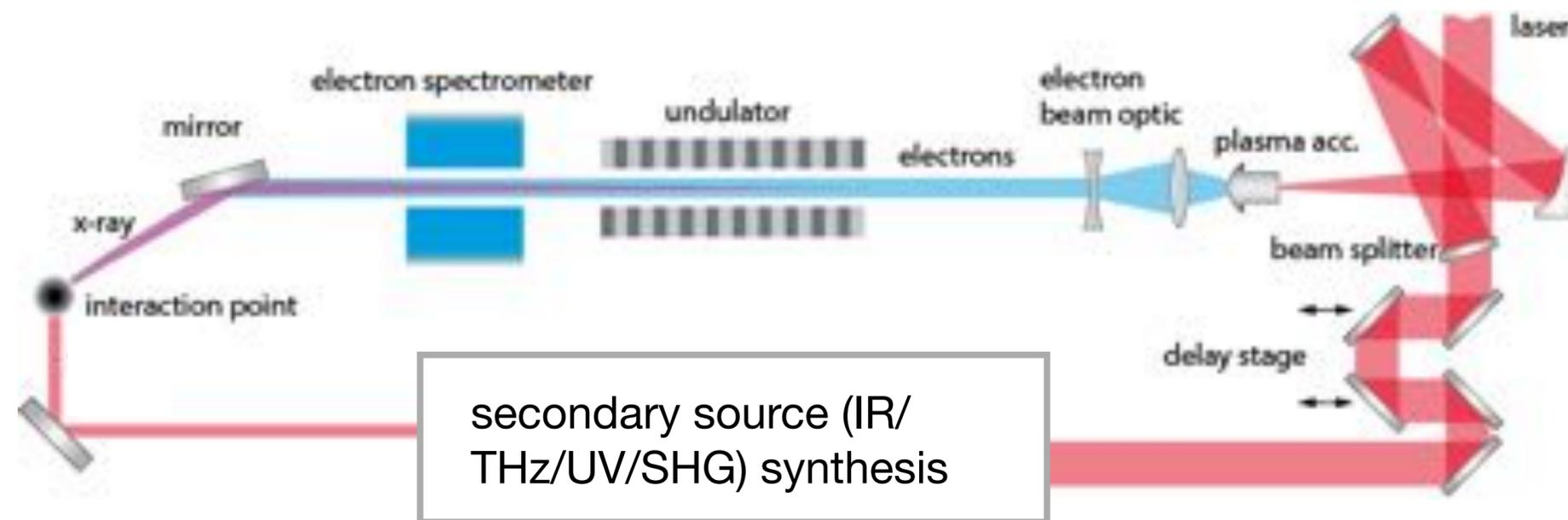
# Timing...

- > Sehr kurze Pulse
- > Sehr gute Synchronisation zwischen Elektronen / XRays und Laser
- > „diffract before destroy...“
- > ermöglicht hyperspektrale Quelle

~3 fs Elektronen Paket

0.01 mm  
oder 30 fs

# Hyperspektrale Quelle



- > Elektronen / XRays sind intrinsisch zu einem Laser synchronisiert
- > Breite Vielfalt von sekundärer Quellen (IR/THz/UV)
- > mehrere optisch synchronisierte Strahlen im Interaktionspunkt

# Zusammenfassung

---

- > Plasma-basierte Lichtquellen können eine einzigartige **Ergänzung** zu den bestehenden Quellen darstellen
- > Potential für kleinere Quellen mit neuen Möglichkeiten und Parametern
- > Rasanter Fortschritt des Feldes: Plasma-Beschleunigungsexperimente entwickeln sich zu Beschleunigern

# Impulse

---

# ATHENA - eine neue Infrastruktur

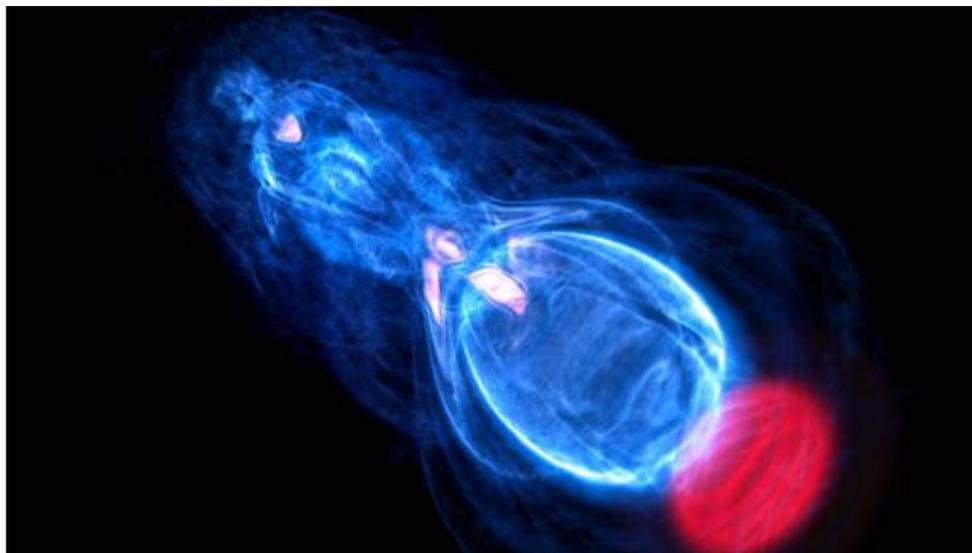
*(vorbehaltlich einer BMBF Haushaltsentscheidung)*

- > erstmals gemeinsame, verteilte Infrastruktur für Plasma Beschleunigung
- > vereint Helmholtz Zentren und Universitäten als strategische Partner
- > bildet Verbundforschung ideal ab
- > Ursprung der Plasma Beschleunigung in den Universitäten und „kleinen“ Instituten
- > Mit wachsendem Engagement von Helmholtz ideales Feld für Kooperation mit Universitäten, d.h. Verbundforschung



# Lasertechnologie

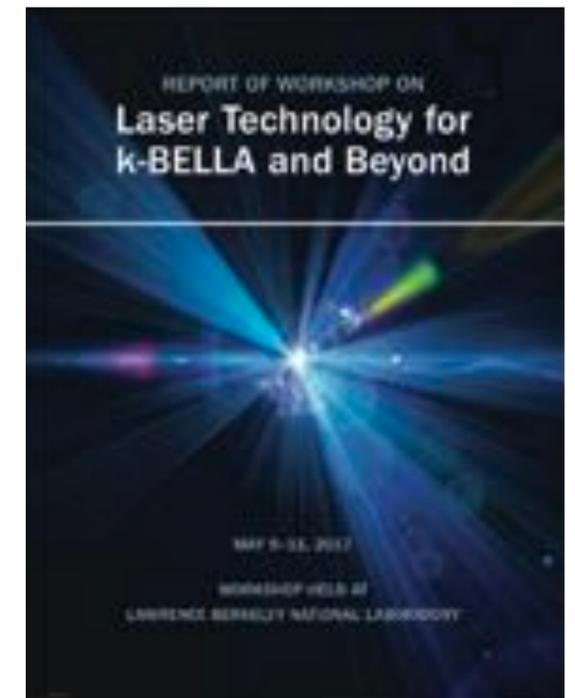
- > Qualität der Laser Pulse ist der Alles entscheidende Faktor
- > Universitäten sind traditionell sehr stark in der Laserentwicklung
- > *Themen: Intra-Amplifier Chain  
Timing Jitter, Diagnostic @ High  
Peak Power, Stabilitäts- und Qualität  
Verbesserung*



Sören Jalas (UHH)

## **essentiell für Akzeptanz der Technologie:**

- > hohe Durchschnittsleistungen
- > hohe Wiederholraten
- > hohe (Wallplug) Effizienzen
- > Konzepte für 10 kHz @ 300 kW Laser @ few 10% Wallplug existieren
- > zB: k-BELLA (LBNL), BAT Laser (LLNL), ...
- > Langfristig
- > *Wieder: ideal für Verbundforschung*



# Strahlgetriebene Plasmabeschleunigung / Undulatoren / Optik

- > Elektronenstrahl-getriebene Plasmabeschleunigung würde schon heute erlauben Plasma-basierte Lichtquellen mit hoher Durchschnittsleistung zu betreiben und zu testen
- > FLASHForward ist dafür eine weltweit einzigartige Facility

**FLASHFORWARD**▶▶

[forward.desy.de](http://forward.desy.de)



## **neue Lichtquellen benötigen neue Undulatortechnologie:**

- > Cryo-Undulatoren, Supraleitende Undulatoren, freie Polarisation, super-kurze Perioden, Transversale Gradienten...
- > traditionell starke Kooperation zw. Universitäten und Großforschung
- > Bsp: HZB & LMU & UHH Cryo Undulator Entwicklung

## **Strahloptik**

- > kompakte Beschleuniger benötigen neue Strahloptik, Plasma Linsen, Plasma Diagnostik, ...
- > Maßgeschneiderte Plasma Dichtepprofile (Targetentwicklung)
- > *ideal für Universitäten und Verbundforschung*

# Zusammenfassung

---

- > Plasma-basierte Lichtquellen können eine einzigartige **Ergänzung** zu den bestehenden Quellen
- > Rasanter Fortschritt des Feldes, aktuell starke Position der Deutschen Community aber sehr starke Konkurrenz
- > neue Beschleunigertechnologie prädestiniert für Verknüpfung von Unis und Großforschungsanlagen, spezielle mit ATHENA als Verteilte Infrastruktur