
Welcome!

Prof Dr Carsten P Welsch
Cluster Leader



A brief history



LIV.DAT

D-Beam

AWAKE

EUPRAXIA

OPTIX

JetDose

OMA

SiPM

ARIES

PERLE

DITA-IIF

DITANET

BeaPhy

LIV.INNO

OPAC

HiLumi
HL-LHC PROJECT

H

LANET

FUTURE
CIRCULAR
COLLIDER

ALPHA



EuroCirCol
A key to New Physics

APCT

FLAIR
Facility for Low-energy Antiproton and Ion Research

The Cockcroft Institute
of Accelerator Science and Technology

UNIVERSITY OF
LIVERPOOL

Entwicklung von Teilchenbeschleunigern zur Untersuchung von Quantensystemen



Seit vielen Jahrzehnten haben sich Teilchenbeschleuniger als unerlässliches Werkzeug zur Untersuchung der Natur auf immer kleineren Skalen erwiesen. Die QUASAR Gruppe (Quantum Systems and Accelerator Research) betreibt Entwicklungen rund um Teilchenbeschleuniger mit dem Ziel, Messungen an fundamentalen Quantensystemen durchzuführen, speziell mit niederenergetischen Antiprotonen. Die internationale Gruppenstruktur, sowie eine enge Zusammenarbeit mit Partnern aus der ganzen Welt bietet eine hervorragende Basis für Entwicklungen jenseits des derzeit technischen Möglichen in einer Vielzahl unterschiedlicher Forschungsgebiete. Einige der derzeitigen Arbeitsschwerpunkte werden nachfolgend vorgestellt.

Den Weg ebnen für neue Physik mit Antiprotonen

Antimaterie hat seit langem ihren festen Platz in der Öffentlichkeit, nicht zuletzt durch bekannte Science Fiction Serien wie *Star Trek*, oder Bestsellern wie Dan Brown's *Illuminati*.



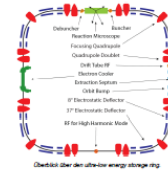
Weniger bekannt ist jedoch die Tatsache, dass Antiprotonen auch ein ideales Mittel sind, um grundlegende und bislang unbeantwortete Fragestellungen der Wissenschaft, anzugehen:

- Warum beobachtet man eine Materie / Antimaterie Asymmetrie im Universum ?
- Fallen Antimaterie-Atome unter dem Einfluss der Gravitation ?
- Wie kann man "Schnappschüsse" von Quantensystemen mit Hilfe niederenergetischer Antiteilchen erzeugen ?
- Was ist die Struktur antiprotonischer Atome und Ionen ?

Um diese Problemkomplexe angehen zu können, sind qualitativ hochwertige Strahlen niederenergetischer Antiprotonen erforderlich, wie sie derzeit weltweit nicht bereitgestellt werden können.

Ein neuartiger Speicherring, der *Ultra-low energy Storage Ring* (USR), soll eines der zentralen Elemente der zukünftigen FLAIR-Anlage werden und gekühlte Strahlen von Antiprotonen bei Energien bis hinab zu 20 keV bereitstellen können.

Die QUASAR Gruppe befasst sich mit der Entwicklung von innovativen Strahlmanipulationstechniken für den USR, der Entwicklung von Diagnosemethoden für diese exotische Teilchen sowie dem Layout von zukünftigen Experimenten, wie sie am USR durchgeführt werden sollen.

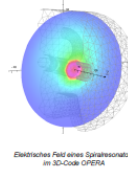


Die Kombination aus einer neuartigen Experimentiereinrichtung und einem breiten atomphysikalischen Forschungsprogramm bietet der Gruppe eine ideale Basis für nachhaltige Forschung auf einem interdisziplinären Gebiet. Die QUASAR Gruppe betreibt diese Entwicklungen gemeinsam mit anderen Abteilungen des MPIs, sowie internationalen Partnern.

Hochfrequenz-Linearbeschleuniger

Wenn man Ionen auf höchste Energien beschleunigen will, führt kein Weg um Hochfrequenz-Beschleuniger herum. Sie finden heutzutage in den unterschiedlichsten Gebieten Anwendung, von Materialstudien, über Ionen-Implantierung in Oberflächen, bis hin zur Schwerionen-Krebstherapie, wie z.B. dem HIT in Heidelberg.

Die Performance dieser Beschleuniger hängt von einer Vielzahl unterschiedlicher Parameter ab. In diesem Zusammenhang hat die QUASAR Gruppe numerische Studien initiiert, die die Optimierung von sog. Spiralresonatoren betreffen, wie sie in allen großen Beschleunigeranlagen zu finden sind.



Zusätzlich trägt die Gruppe zum Design des Supraleitenden Protonen-Linearbeschleunigers (SPL) am CERN bei; einer der großen internationalen Entwicklungen auf diesem Gebiet.

DITANET

Die Diagnose von Ionen- oder Elektronenstrahlen in Teilchenbeschleunigern ist ein hochinteressantes Forschungsgebiet, in dem eine Reihe von physikalischen Effekten zur Analyse und Kontrolle des Strahls verwendet werden. Damit bietet sich hier neben anspruchsvoller Forschung auch eine hervorragende Möglichkeit, den wissenschaftlichen Nachwuchs in einem interdisziplinären Gebiet auszubilden.

DITANET - *Diagnostic Techniques for particle Accelerators* - a european NETWORK - ist eines der größten jemals von der europäischen Union geförderten Ausbildungsnetzwerke, mit einem Gesamtbudget von 4.2 ME. Innerhalb von DITANET werden in den kommenden 4 Jahren neuartige Diagnosemethoden für Teilchenbeschleuniger in enger Zusammenarbeit zwischen Forschungszentren, Universitäten, sowie Industriepartnern entwickelt werden.

Die QUASAR Gruppe ist Initiator und Koordinator dieses Netzwerks.



Group history



2008



2009



2010



2012

Carsten P Welsch



Group history



2015

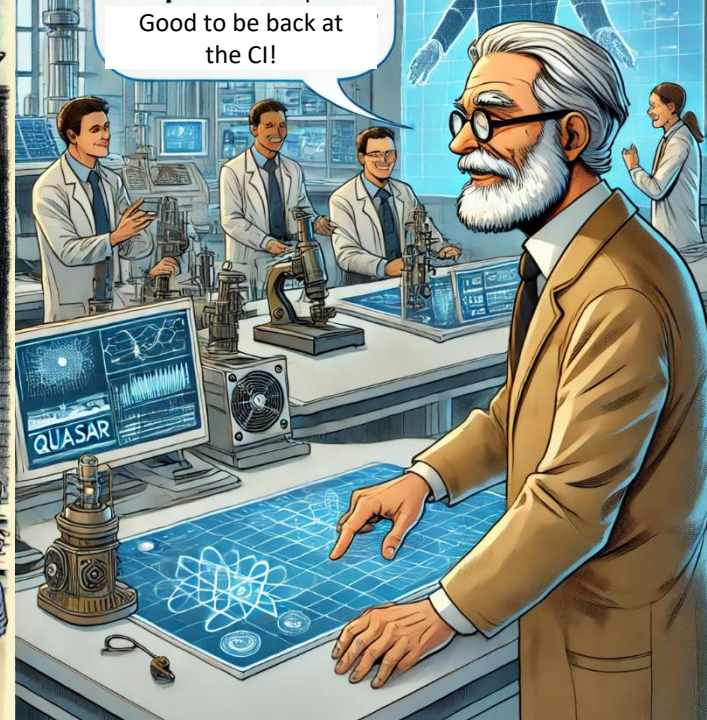
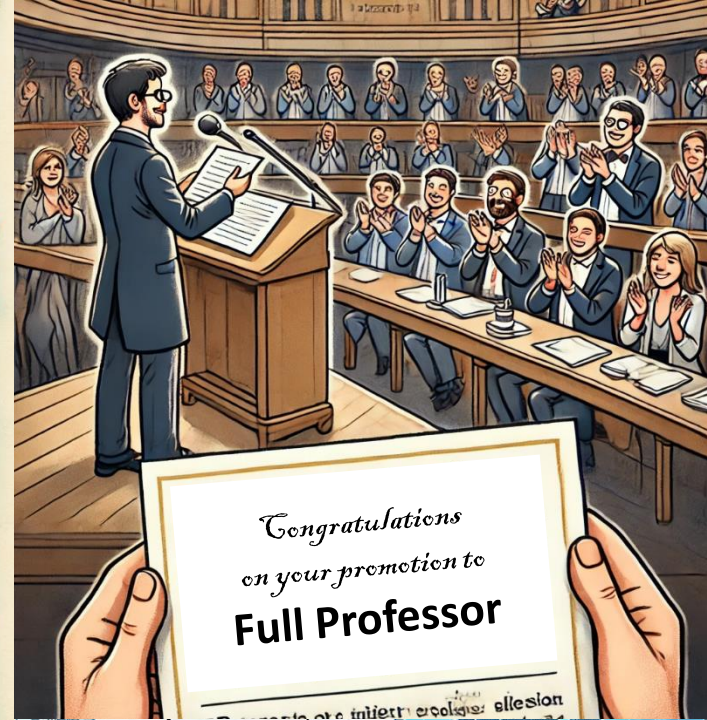
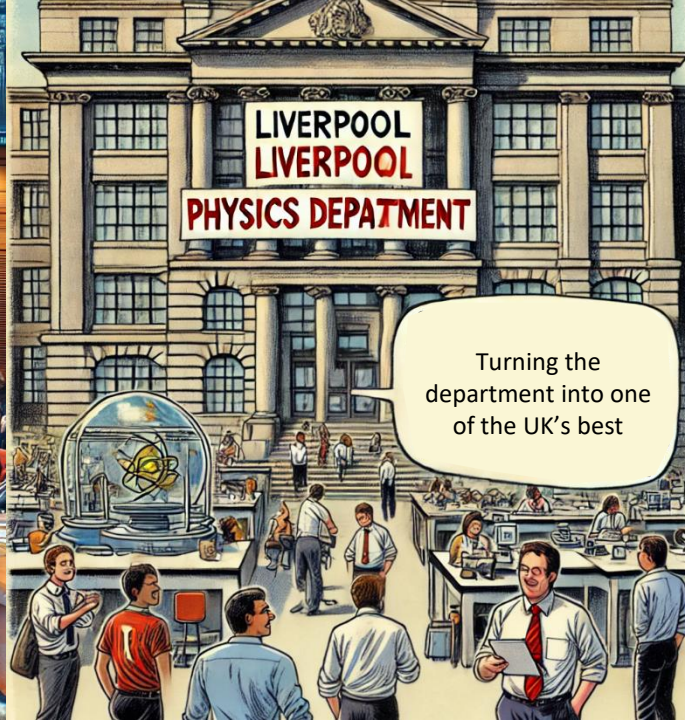
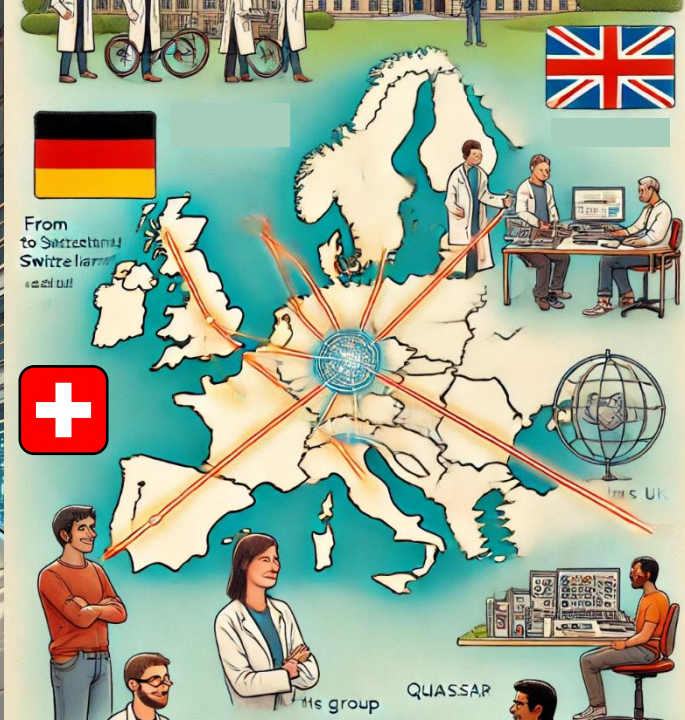


2017



2018







Research Strategy

In the next decade we will focus on the **LHC** at CERN, where we lead the development of gas jet monitors for the high luminosity upgrade, and other collider options; on the exploitation of the **CLARA** facility on Daresbury campus to explore next-generation FEL technologies; on the development and exploitation of the new facilities **PERLE and RUEDI**; and on the optimization of low energy beam transport and efficient injection into traps at the Antiproton Decelerator, in particular contributions to **AEGIS**.

Frontier
Accelerators

As part of **AWAKE**, we will continue our efforts on novel (high gradient) acceleration techniques. Following the successful demonstration of proton-driven wakefield acceleration in 2018, we are leading the development of novel diagnostics that will give more detailed insight into the physics of the acceleration process and also benefit other large scale plasma accelerator projects such as **EuPRAXIA**. We will also expand simulation and experimental studies into micro-accelerators using carbon nanotubes and dielectric structures.

Novel
Accelerators

For impact, we will carry out R&D into least invasive **beam and dose monitors**, to help improve patient treatment and medical accelerator operation; continue to develop and optimize **novel low dose 3D X-ray imaging systems** with Adaptix; drive **quantum technologies** for accelerator applications; grow our **spinout company D-Beam**, targeting a product portfolio that benefits accelerator facilities around the world.

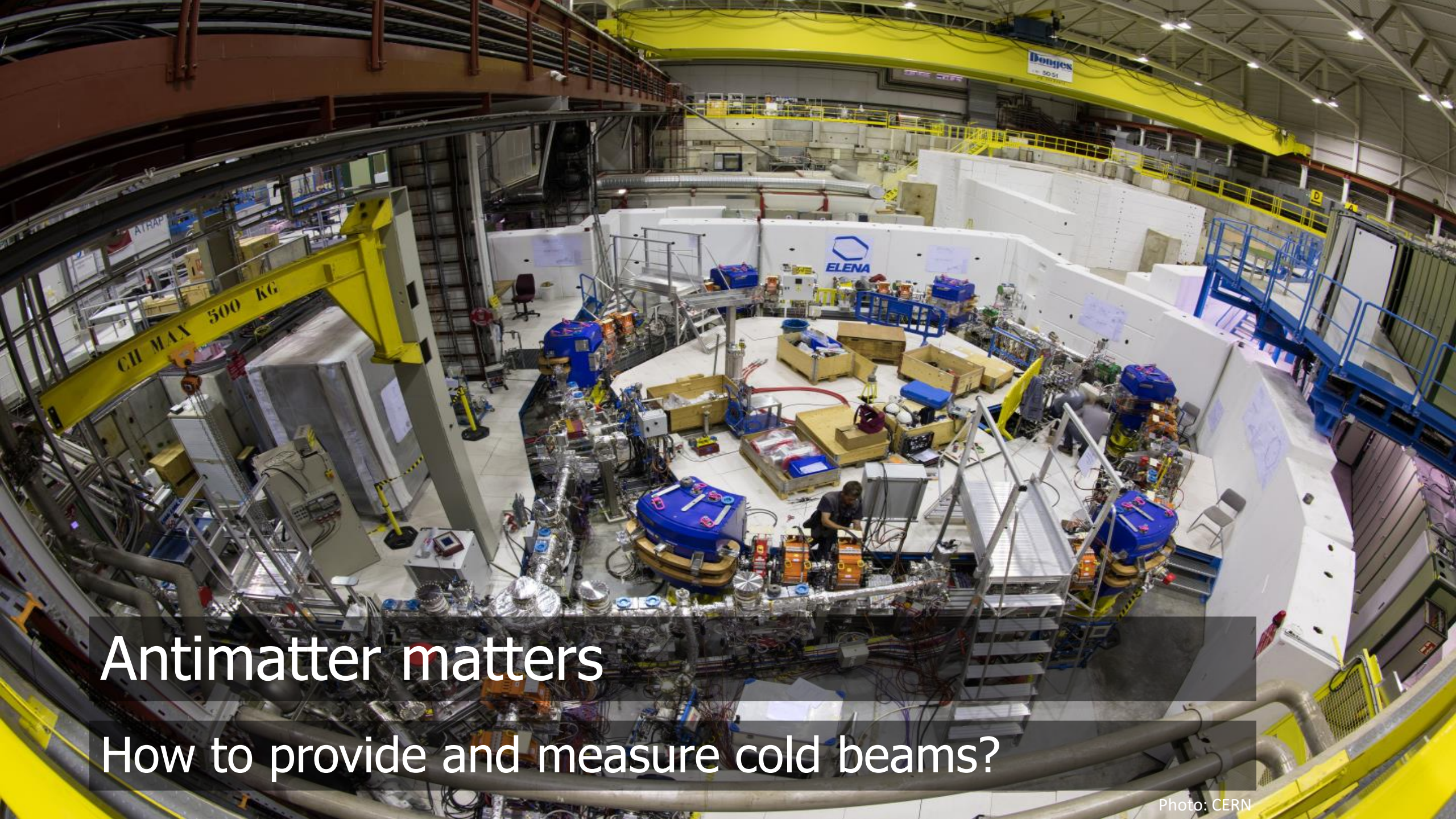
Accelerator
Applications

A backbone of all three areas above will be our continued leadership in **Data Intensive Science** through LIV.DAT and LIV.INNO.



BGC

Beam Gas **Curtain**



Antimatter matters

How to provide and measure cold beams?



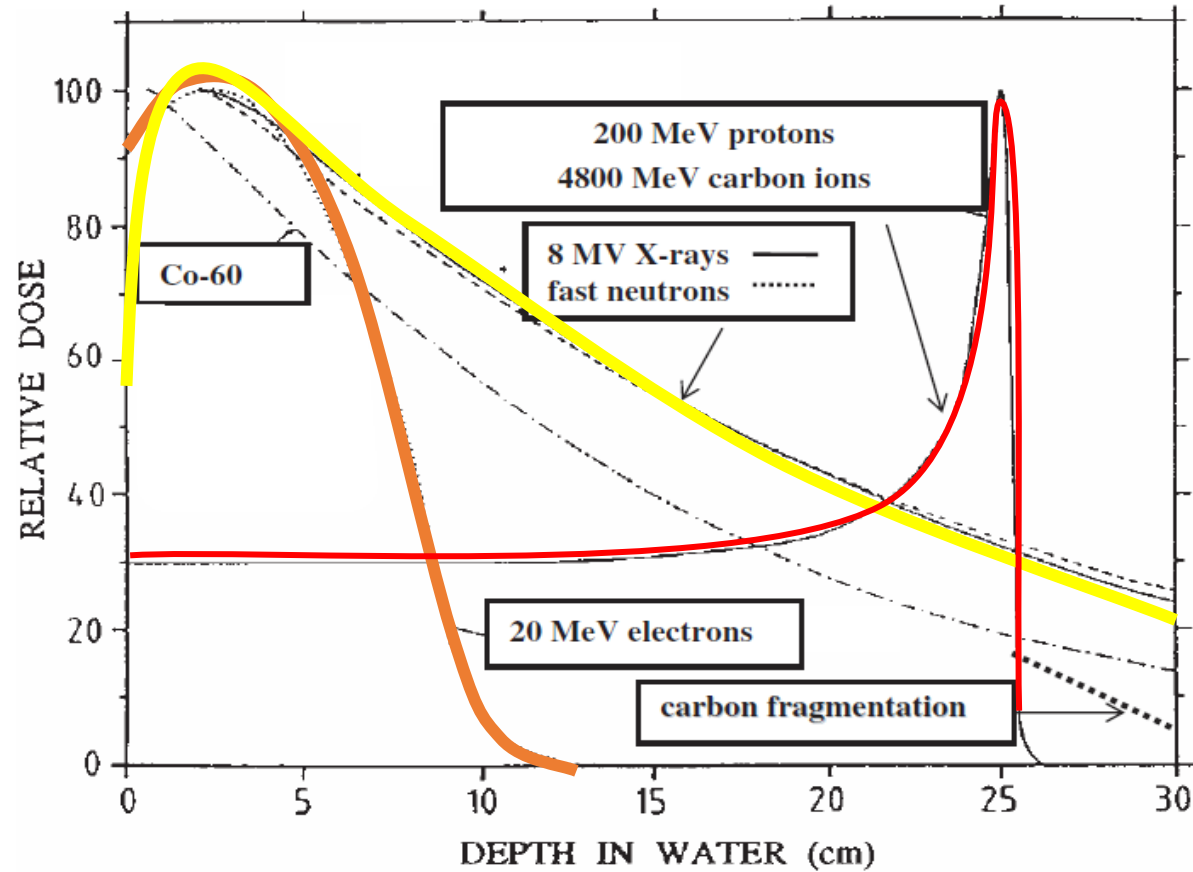
Trapping antiparticles

Can we optimize the way we catch/trap?



ACCELERATORS
VALIDATING
ANTIMATTER
PHYSICS





Ion Beam Therapy

Beating cancer sooner

A 3D illustration of a cancer cell being targeted by an ion beam. The cell is shown in a semi-transparent, reddish-pink color, revealing its internal structure. A bright red beam of light enters from the left and focuses on a specific point within the cell, causing it to glow and appear to be breaking apart. The background is a dark blue gradient with some light rays. A white outline of a cell is also visible, showing the target area.

Ion Beam Therapy

Beating cancer sooner



Plasma Accelerators

Highest gradients for maximum acceleration

www.eupraxia-dn.org

EuPRAXIA + AWAKE

A next-generation infrastructure based on plasma

LIV.INNO





The Cockcroft
Institute

Accelerator Science

Accelerating s*C*ience and So*C*iety



QUASAR
GROUP