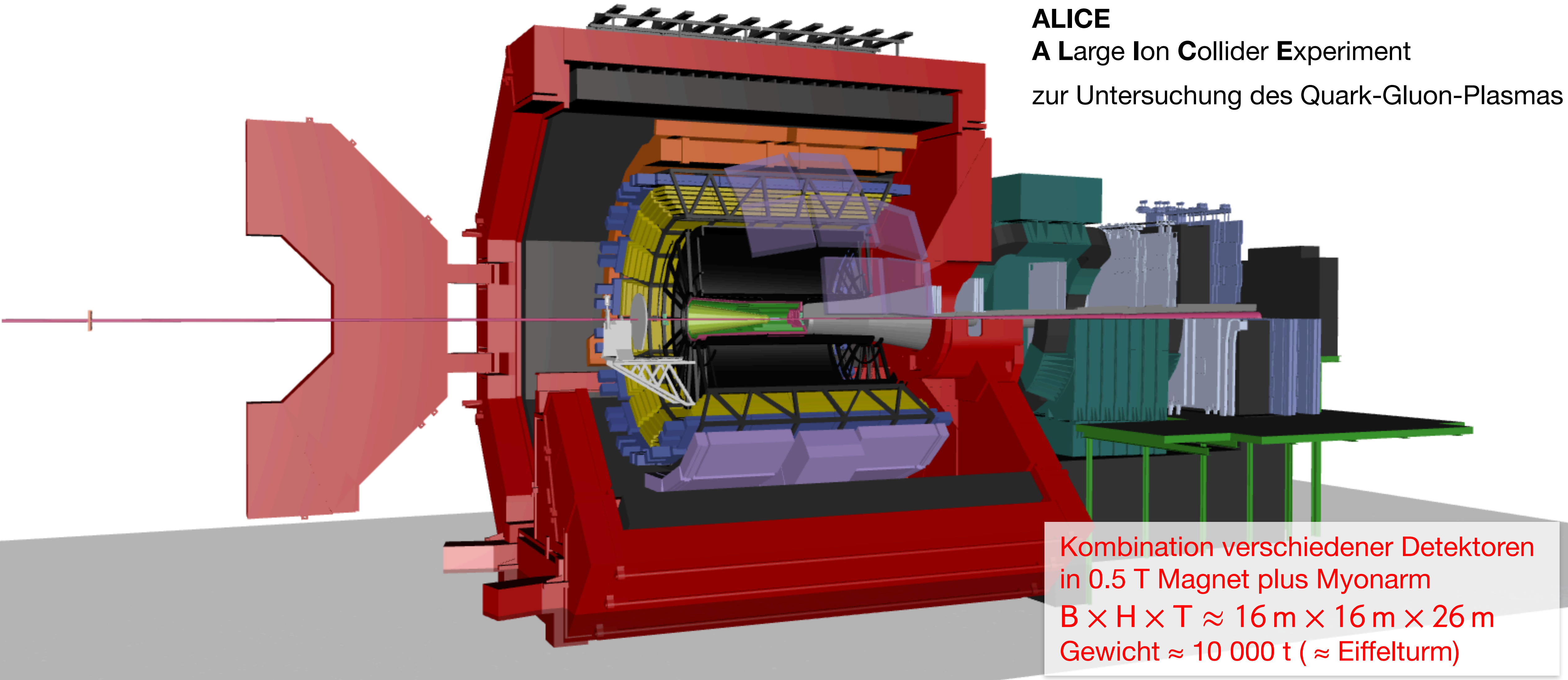


Philipp Bhatty
Stefan Heusler
Christian Klein-Bösing
Reinhard Schulz-Schaeffer

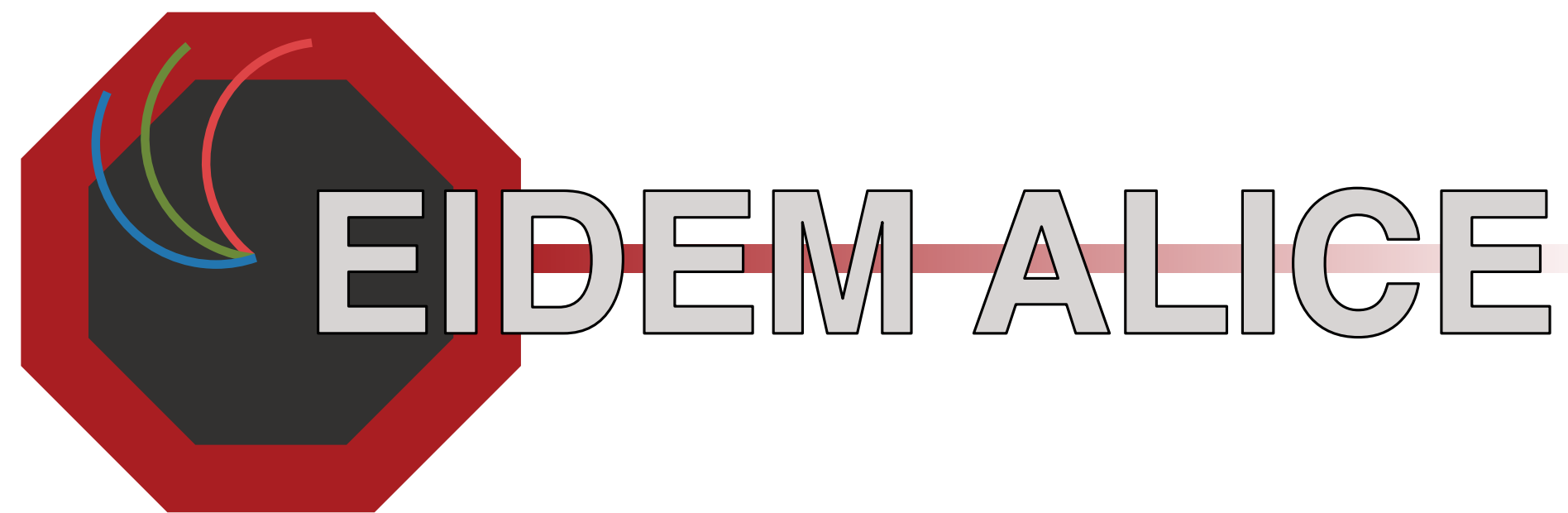


**3D und Virtual-Reality-Umgebung zur Vermittlung
von Grundlagenforschung am Beispiel des
ALICE-Detektors am CERN-LHC**

ALICE
A Large Ion Collider Experiment
zur Untersuchung des Quark-Gluon-Plasmas



Kombination verschiedener Detektoren
in 0.5 T Magnet plus Myonarm
 $B \times H \times T \approx 16 \text{ m} \times 16 \text{ m} \times 26 \text{ m}$
Gewicht $\approx 10\,000 \text{ t}$ (\approx Eiffelturm)



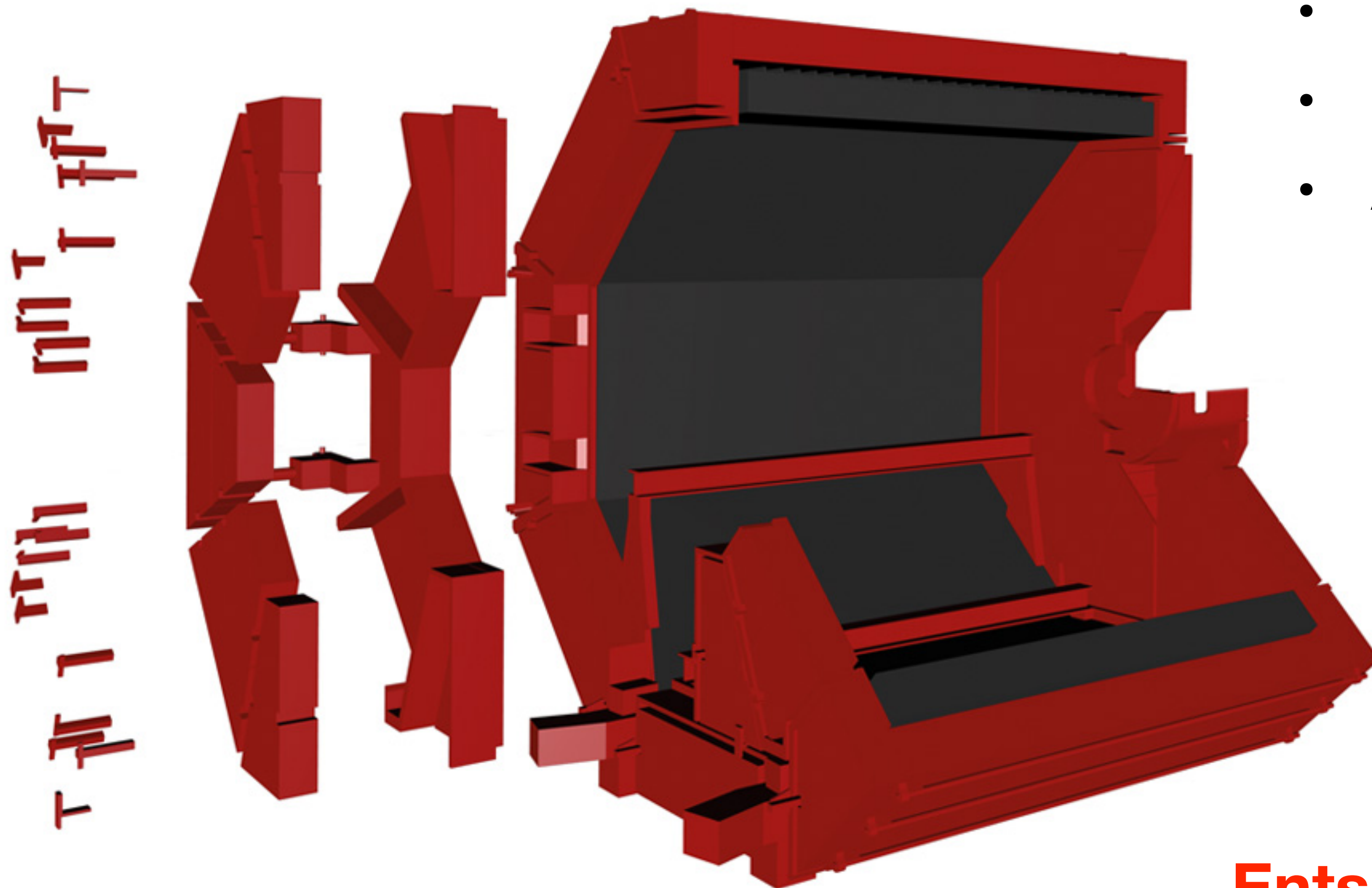
Entwicklung eines interaktiven, didaktischen, epistemischen Modells am Beispiel des **ALICE** Experimentes am CERN LHC

Promotionsprojekt (Dr. phil.): Dipl. Des. M.A. Philipp Bhatt
WWU Münster (Institut für Kernphysik,
Institut für Didaktik der Physik),
HAW Hamburg (Forschungsschwerpunkt Visuelles Denken,
Informative Illustration)

- **Fokus auf Detektortechnologie und einfache Kollisionssysteme (pp)**
- Größenskalen: ALICE als Modell zum Anfassen und in Originalgröße

**Konzept übertragbar auf jedes Experiment in der Hochenergiephysik.
Vermeidet Quantenskala und damit verbundene Darstellungsfragen
(separates Forschungsthema)**

ALICE/L3 Magnet, Türen, Schrauben ...



- Basierend auf kompletter CAD-Konstruktion
- Interpretiert und optimiert für Echtzeit 3D
- Material und Oberflächen definiert
- Neu gruppiert nach Funktion und animiert
- Abstrahiert für didaktische Anwendung

Entscheidender erster Entwicklungsschritt

VR Anwendung (Oculus, Vive, Cardboard...)

- **Immersive Erfahrung**
- Entwicklung neuer Lehr- und Lernoptionen, Schnittstellen und Interaktionen
- Gamification
- **Entwicklungsplattform Oculus Quest**
 - Standalone, mobile VR Brille

Web 3D Anwendung (PC, tablet)

- Generelle Verfügbarkeit
- Etablierte komplexe Interaktionen (Keyboard, Mouse, Touch ...)
- Integration von Aufgaben und Informationen
- Interaktion in Klassengemeinschaft/Gruppen
- Längeres Arbeiten (Keine *Motion Sickness*)

Web Graphics Library (WebGL) basierende Frameworks

- three.js, A-Frame, X3DOM
- Unabhängig vom OS, Hardware (in 1. Ordnung ...)
- Leichte Integration von anderen Web-Inhalten, Datenbanken und zukünftiger Entwicklungen
- Browser-basiert ohne zusätzliche Software und Installation
- Leichte Verbreitung und zentrale Verwaltung

VR Anwendung (Oculus, Vive, Cardboard...)

- **Immersive Erfahrung**
- Entwicklung neuer Lehr- und Lernoptionen, Schnittstellen und Interaktionen
- Gamification
- **Entwicklungsplattform Oculus Quest**
 - Standalone, mobile VR Brille

Web 3D Anwendung (PC, tablet)

- Generelle Verfügbarkeit
- Etablierte komplexe Interaktionen (Keyboard, Mouse, Touch ...)
- Integration von Aufgaben und Informationen
- Interaktion in Klassengemeinschaft/Gruppen
- Längeres Arbeiten (Keine *Motion Sickness*)

Web Graphics Library (WebGL) basierende Frameworks

- three.js, A-Frame, X3DOM
- Unabhängig vom OS, Hardware (in 1. Ordnung ...)
- Leichte Integration von anderen Web-Inhalten, Datenbanken und zukünftiger Entwicklungen
- Browser-basiert ohne zusätzliche Software und Installation
- Leichte Verbreitung und zentrale Verwaltung



LHC Table

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren



LHC Table



ALICE Table

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren

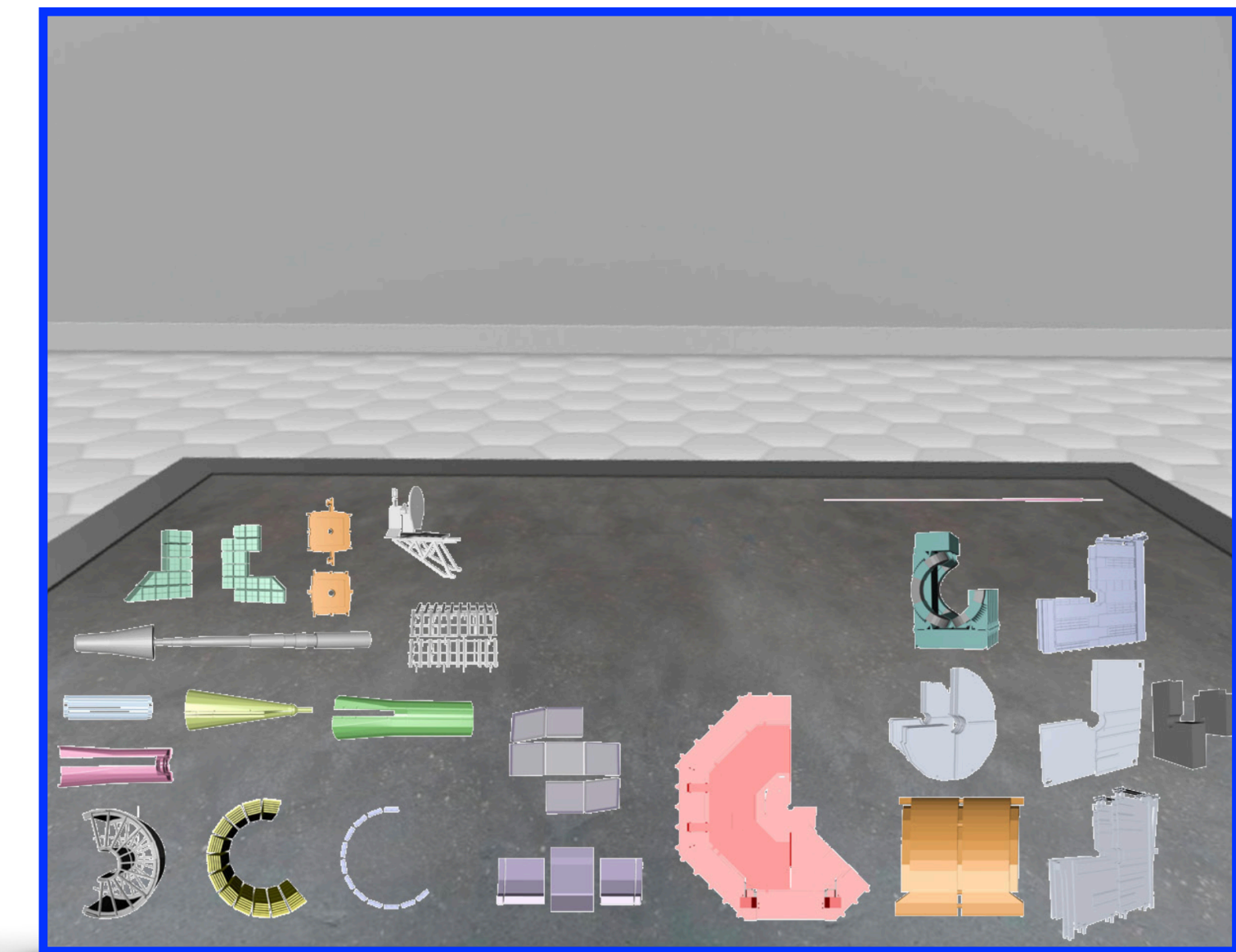


LHC Table



ALICE Table

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren



ALICE Detektor Puzzle



LHC Table

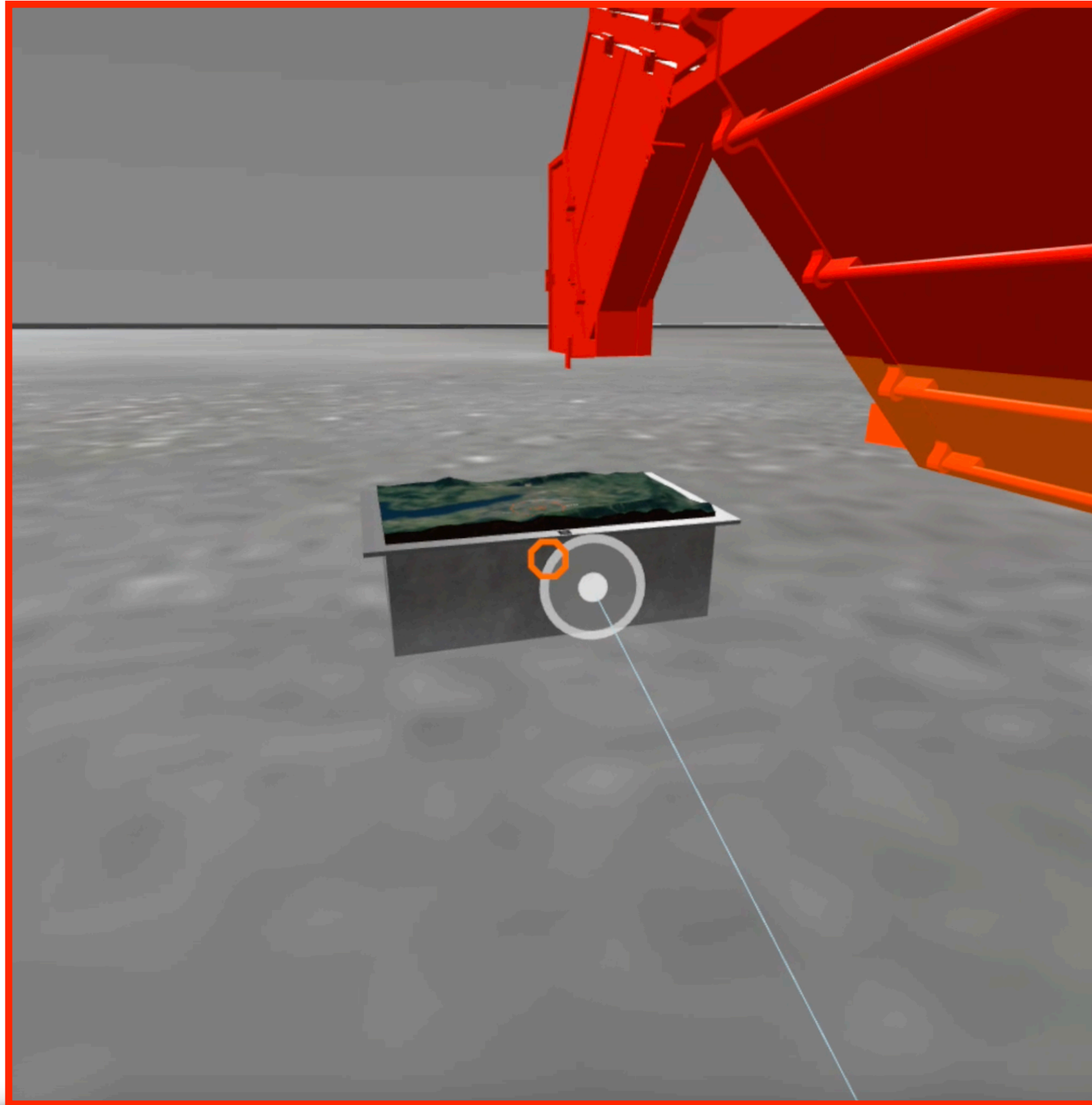


ALICE Table

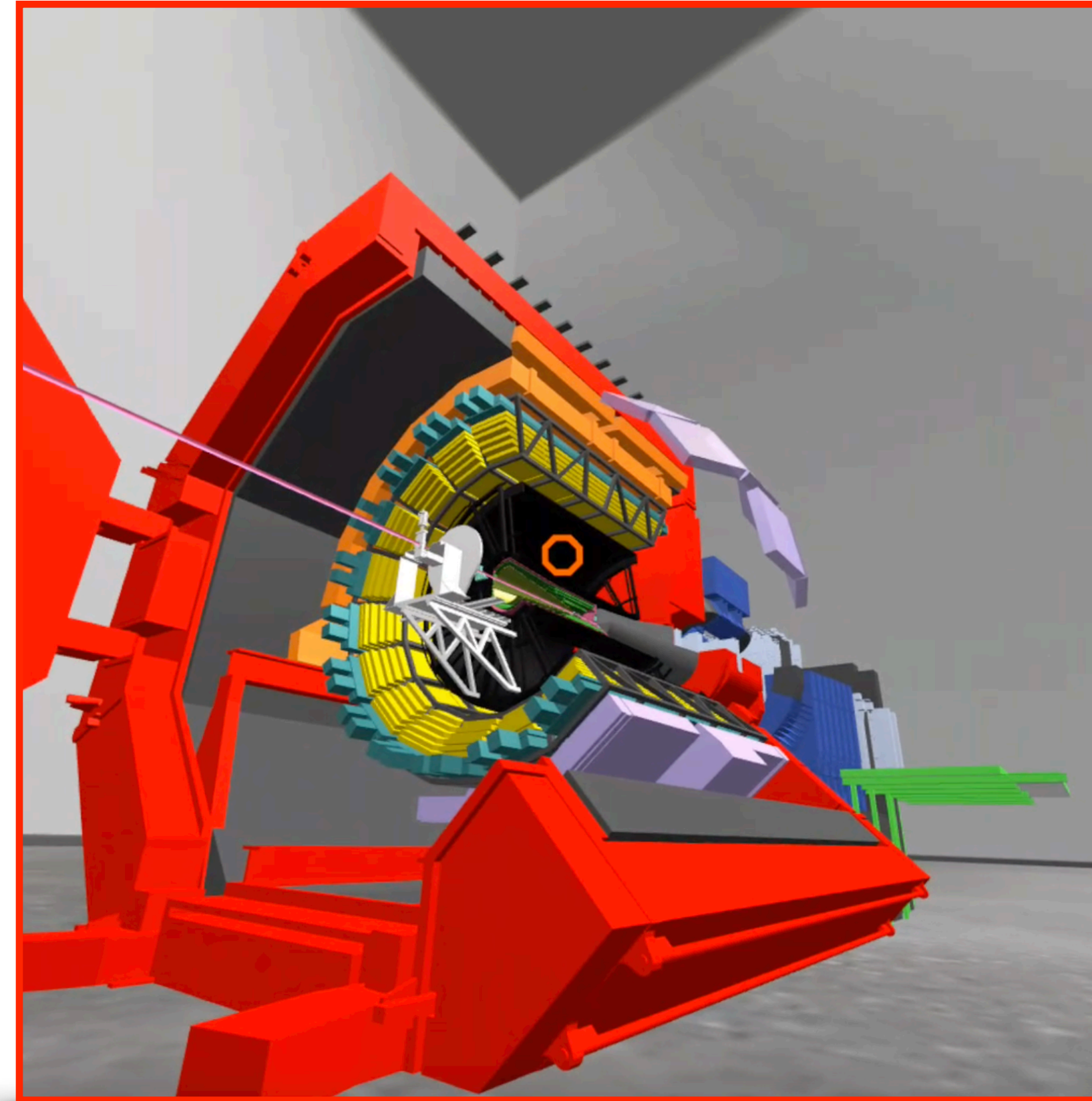
1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren



ALICE Detektor Puzzle



LHC Table

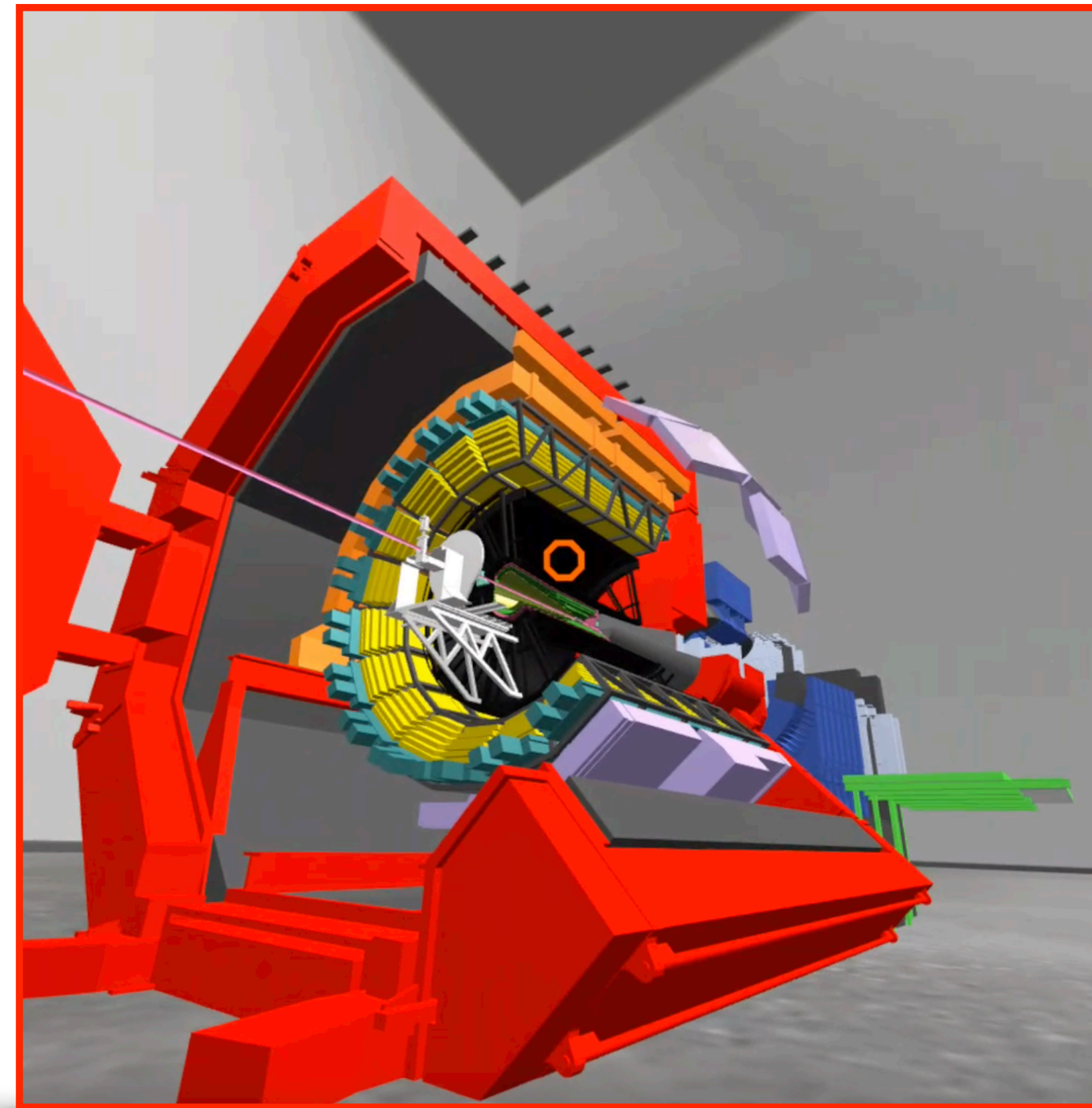


ALICE (Originalgröße)

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren

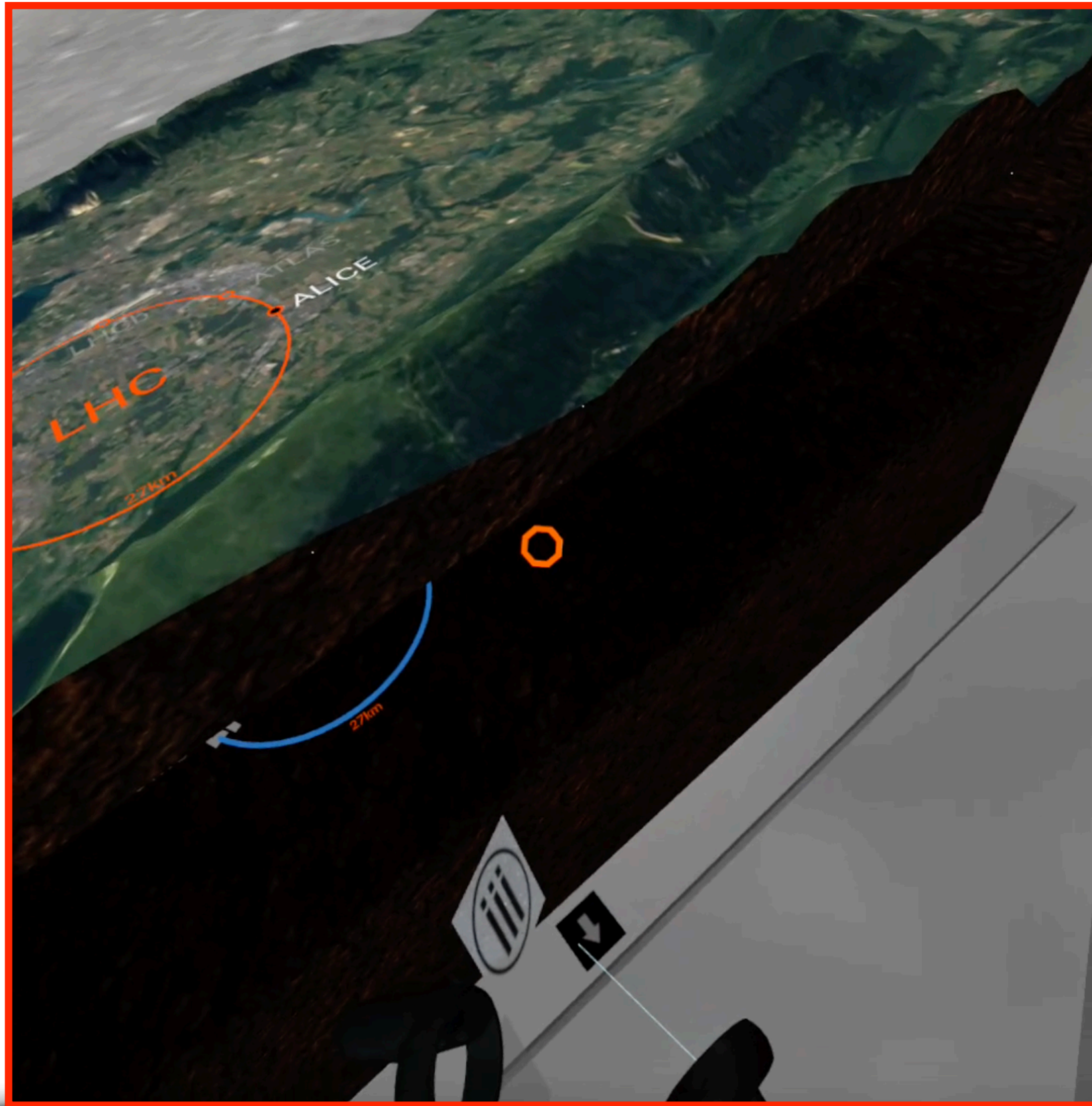


LHC Table

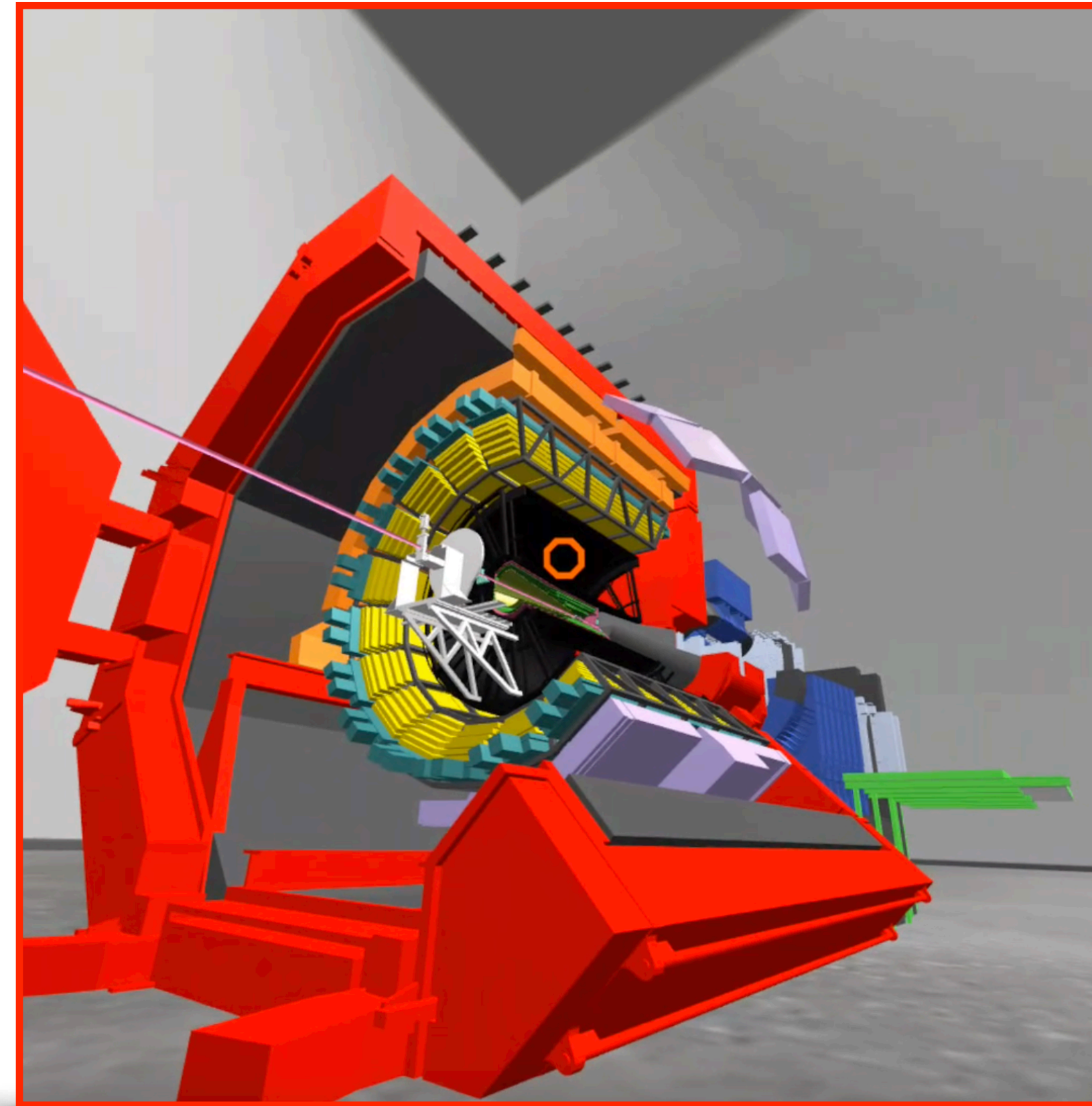


ALICE (Originalgröße)

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren

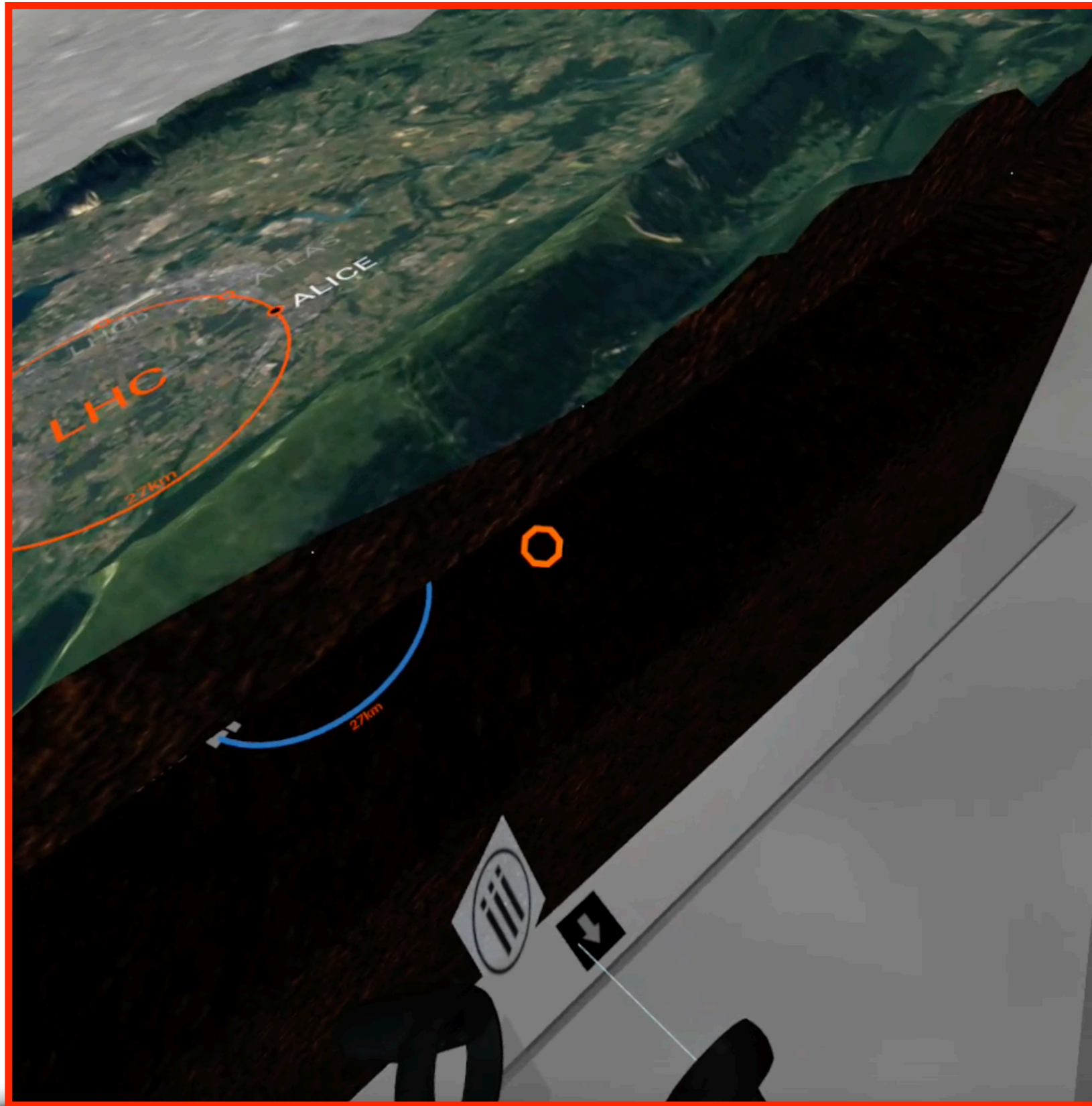


LHC Table

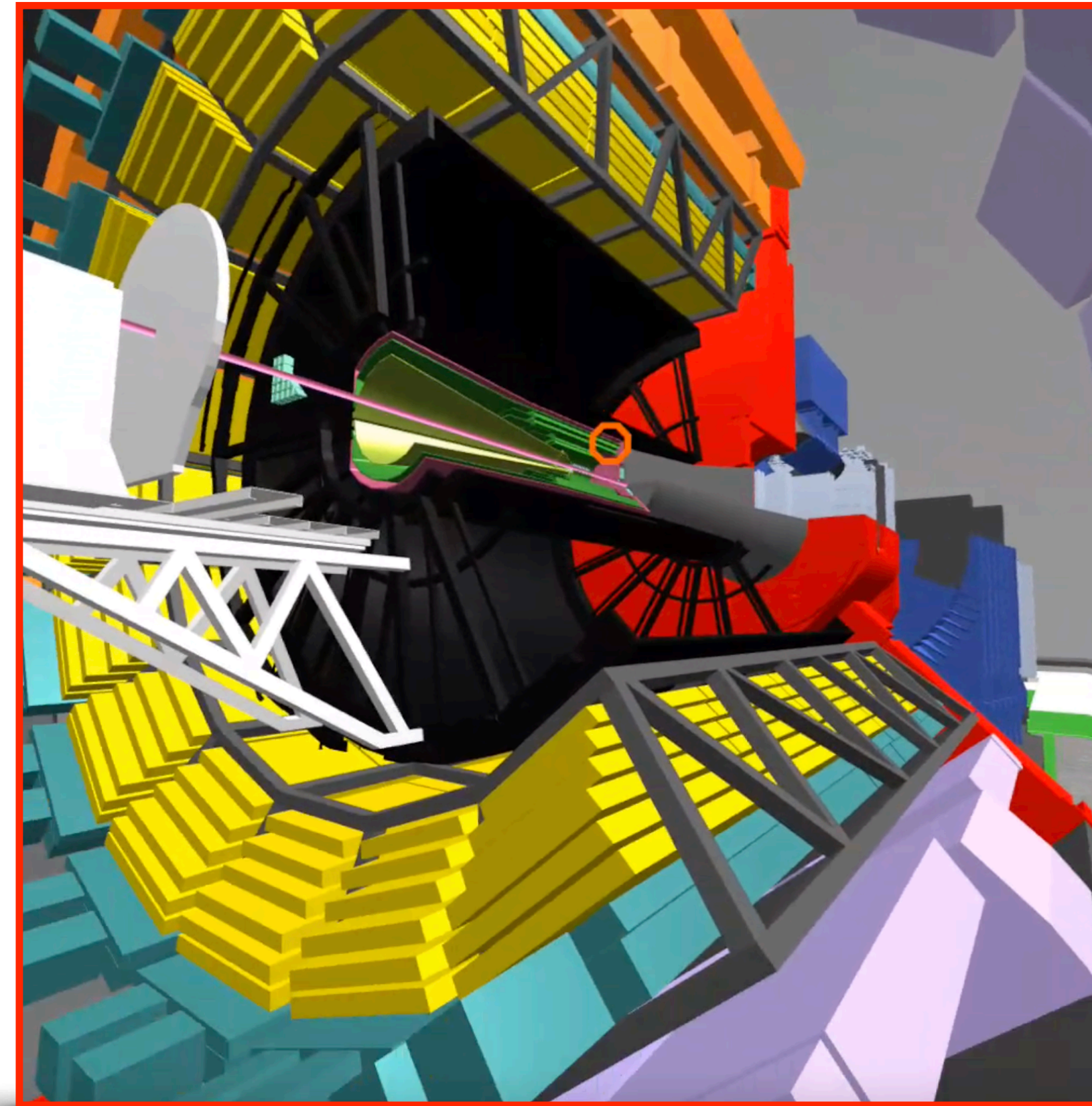


ALICE (Originalgröße)

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren

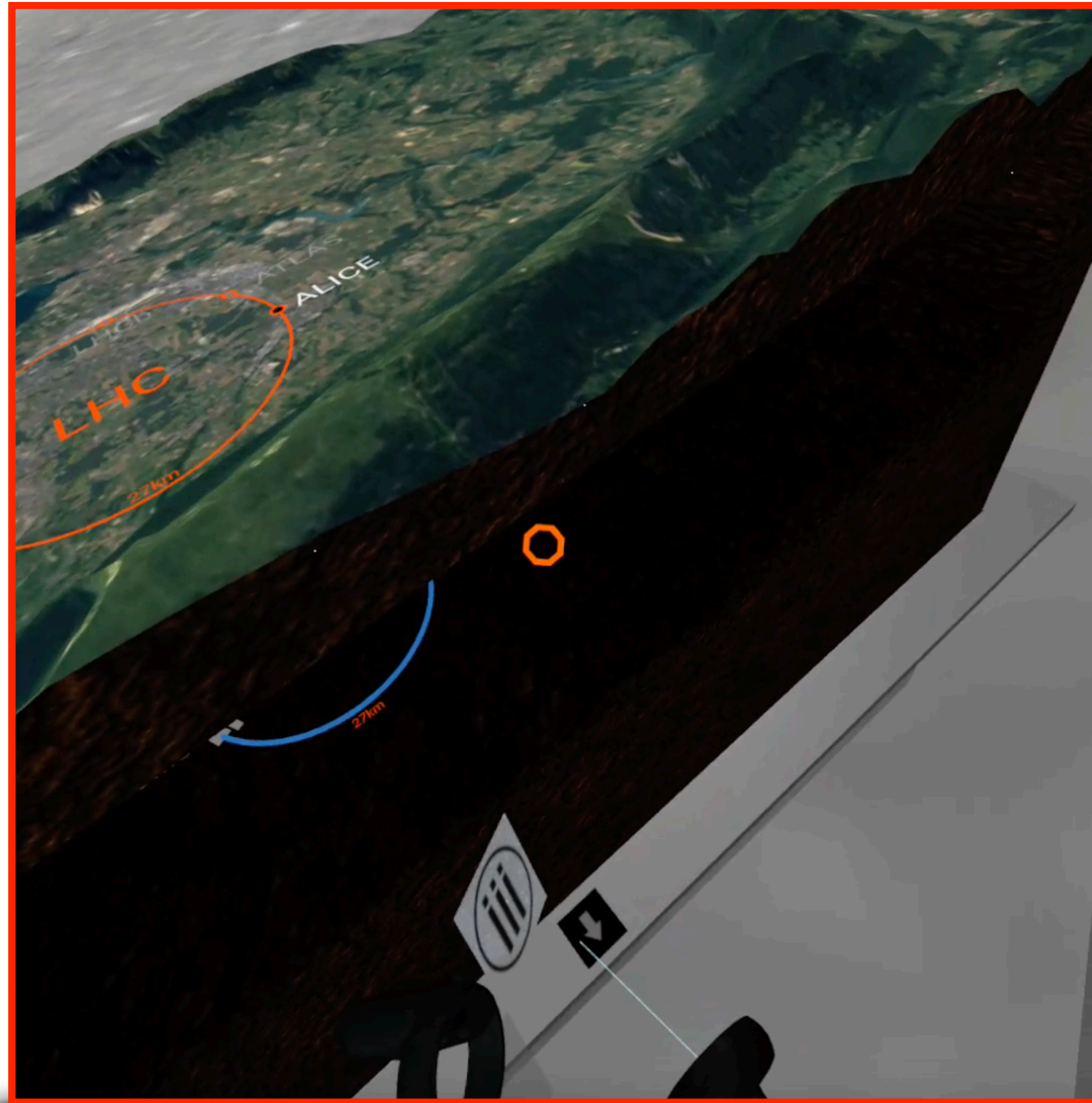


LHC Table

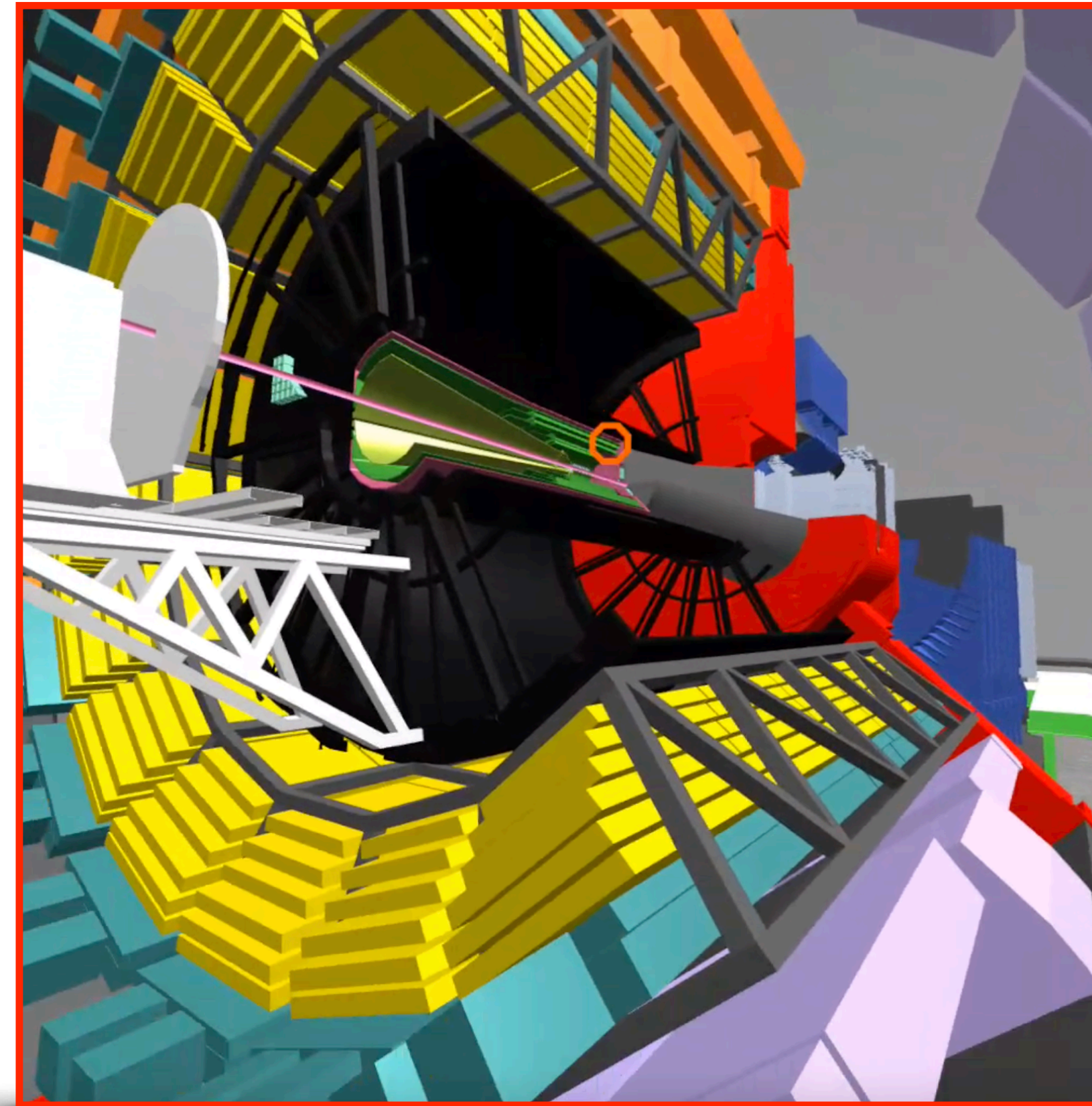


ALICE (Originalgröße)

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren

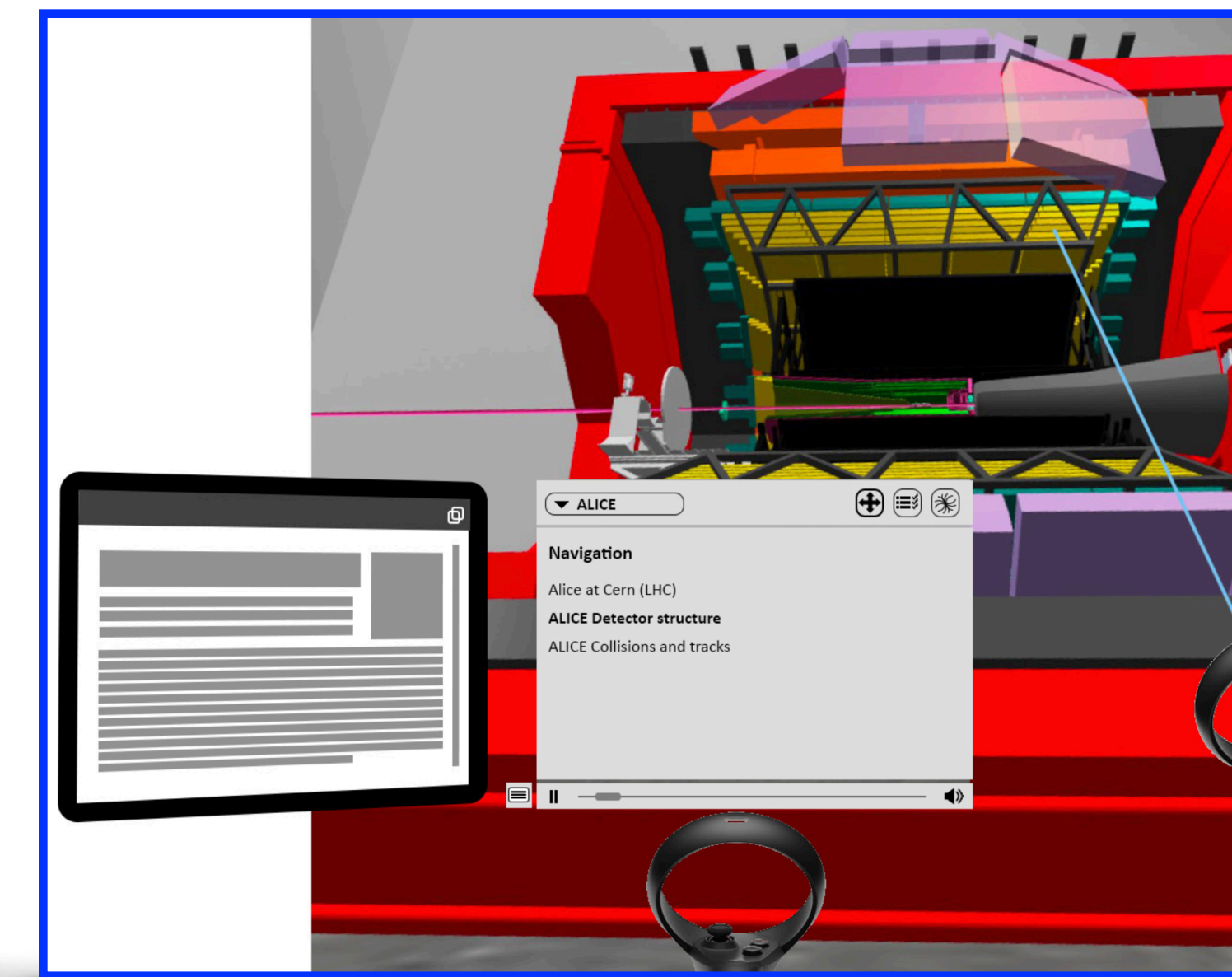


LHC Table

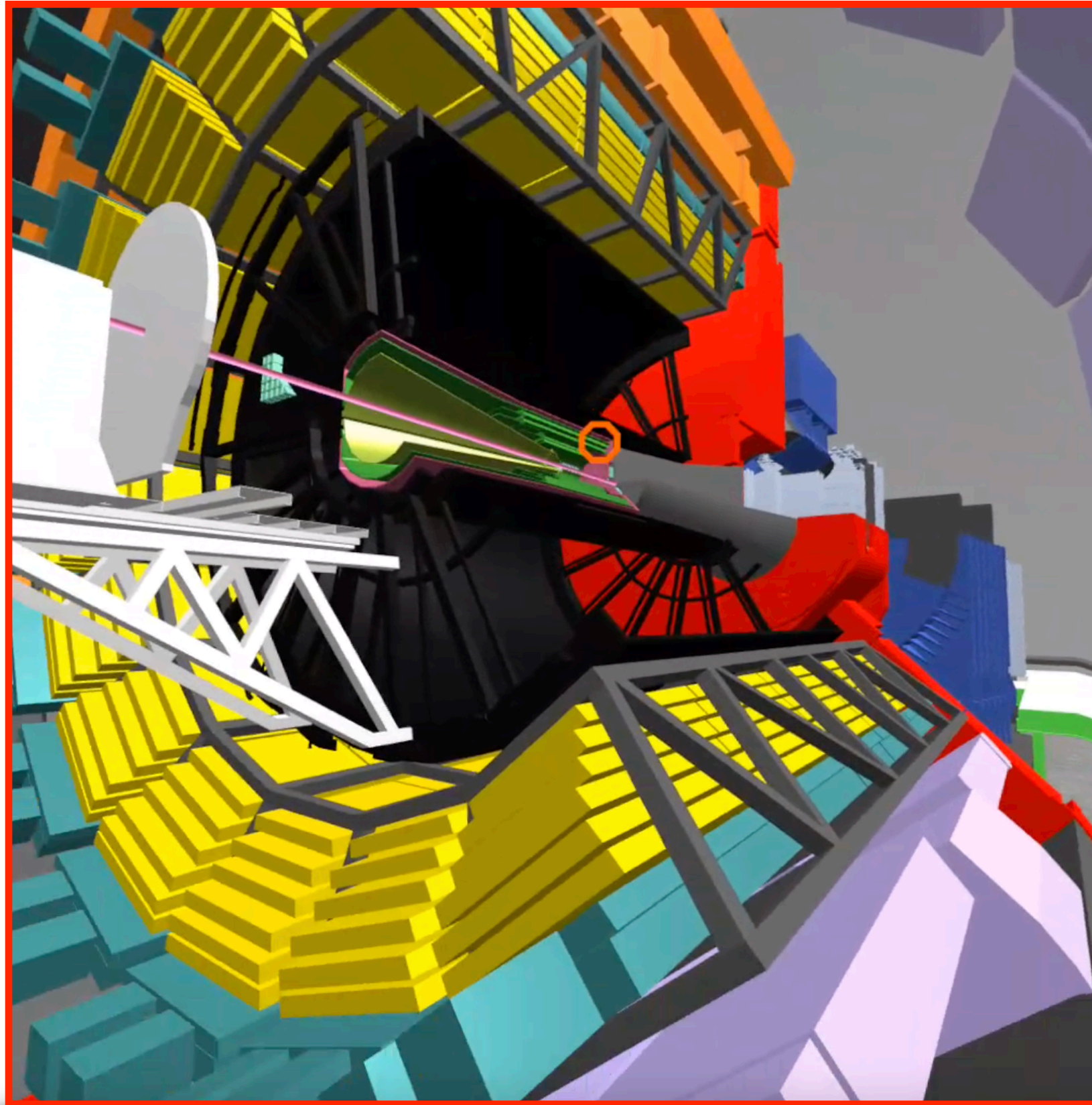


ALICE (Originalgröße)

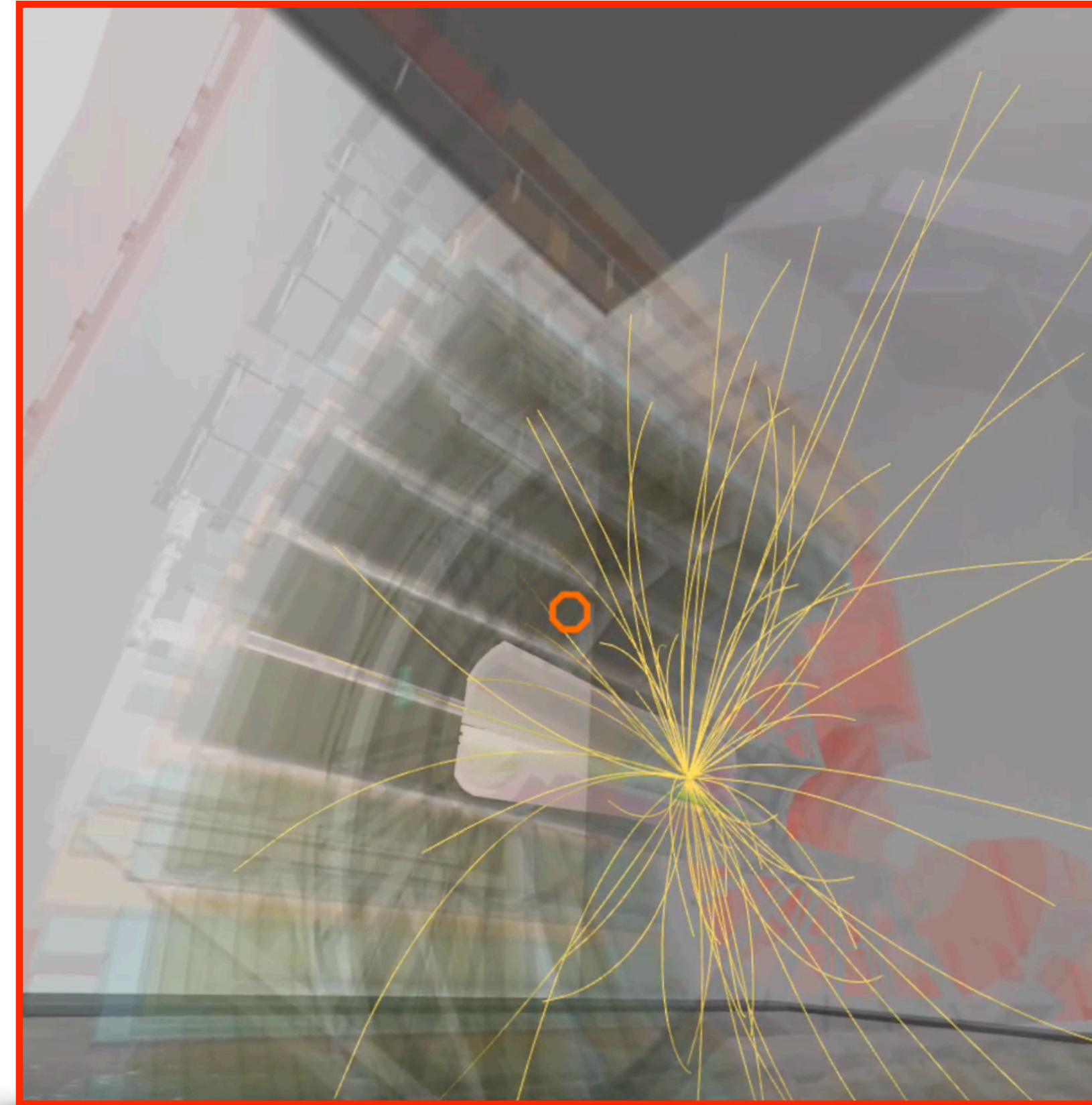
1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren



Navigation, (Audio)-Inhalte

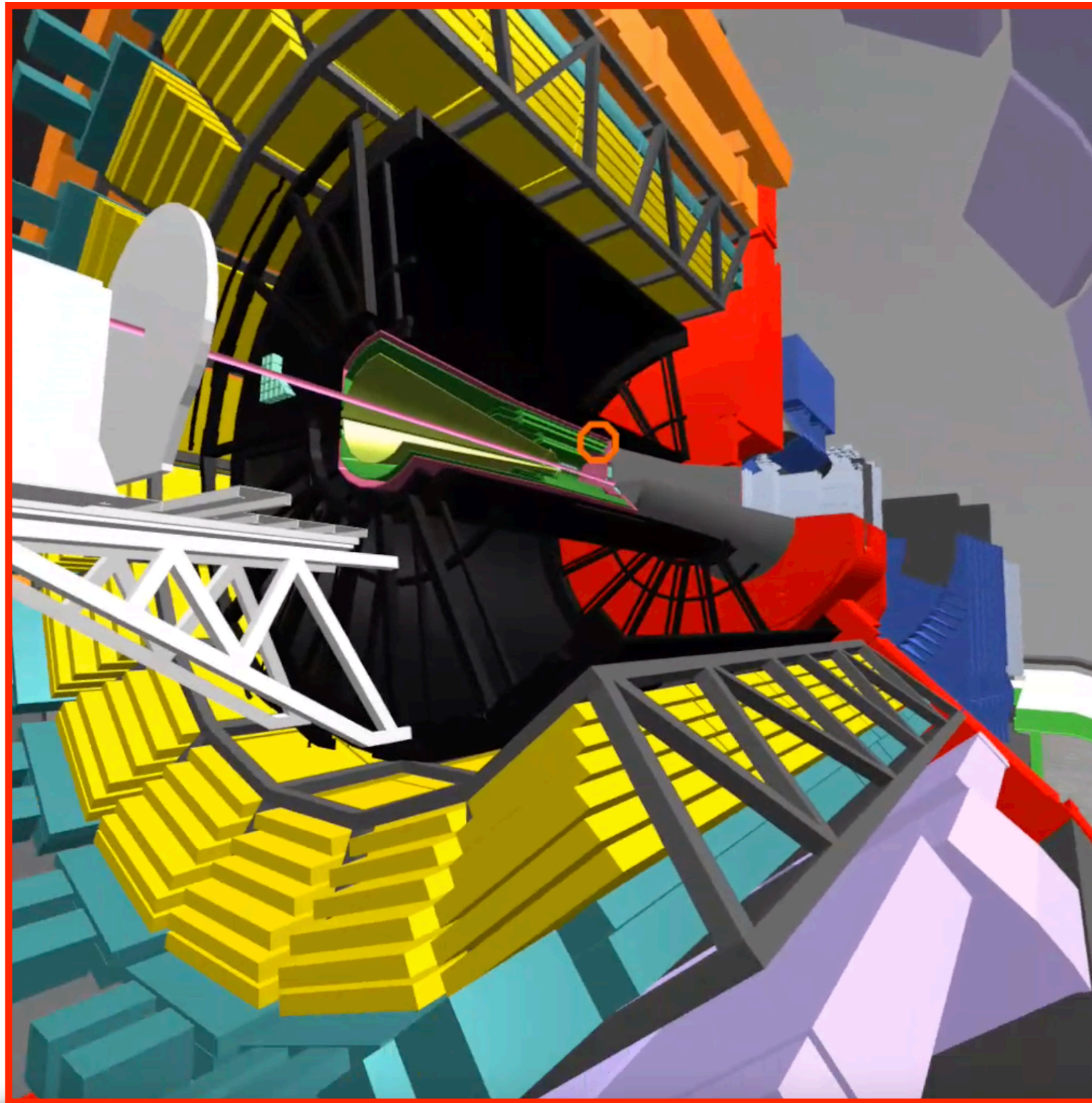


ALICE (Originalgröße)

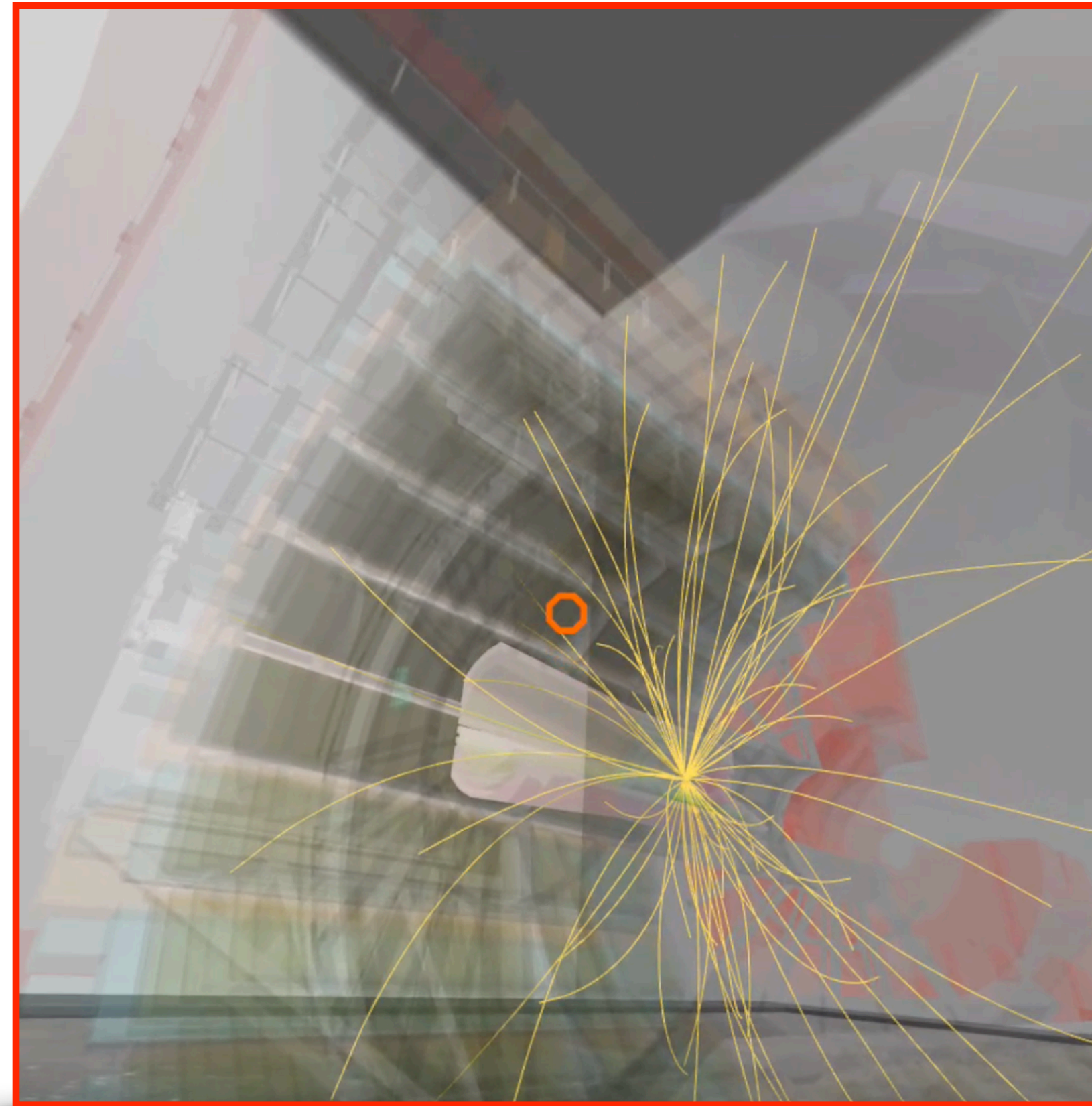


ALICE (Kollisionen und Spuren)

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren

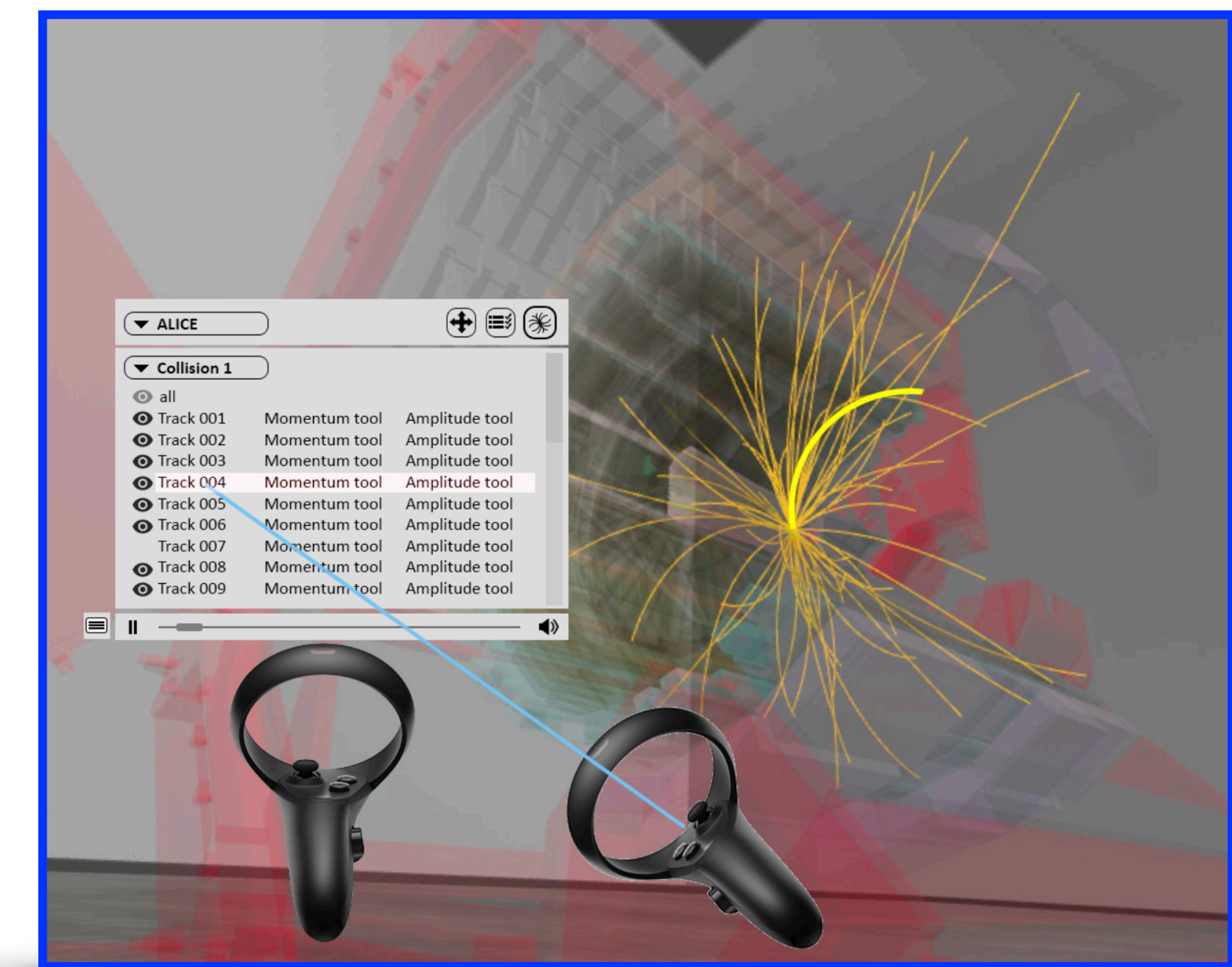


ALICE (Originalgröße)

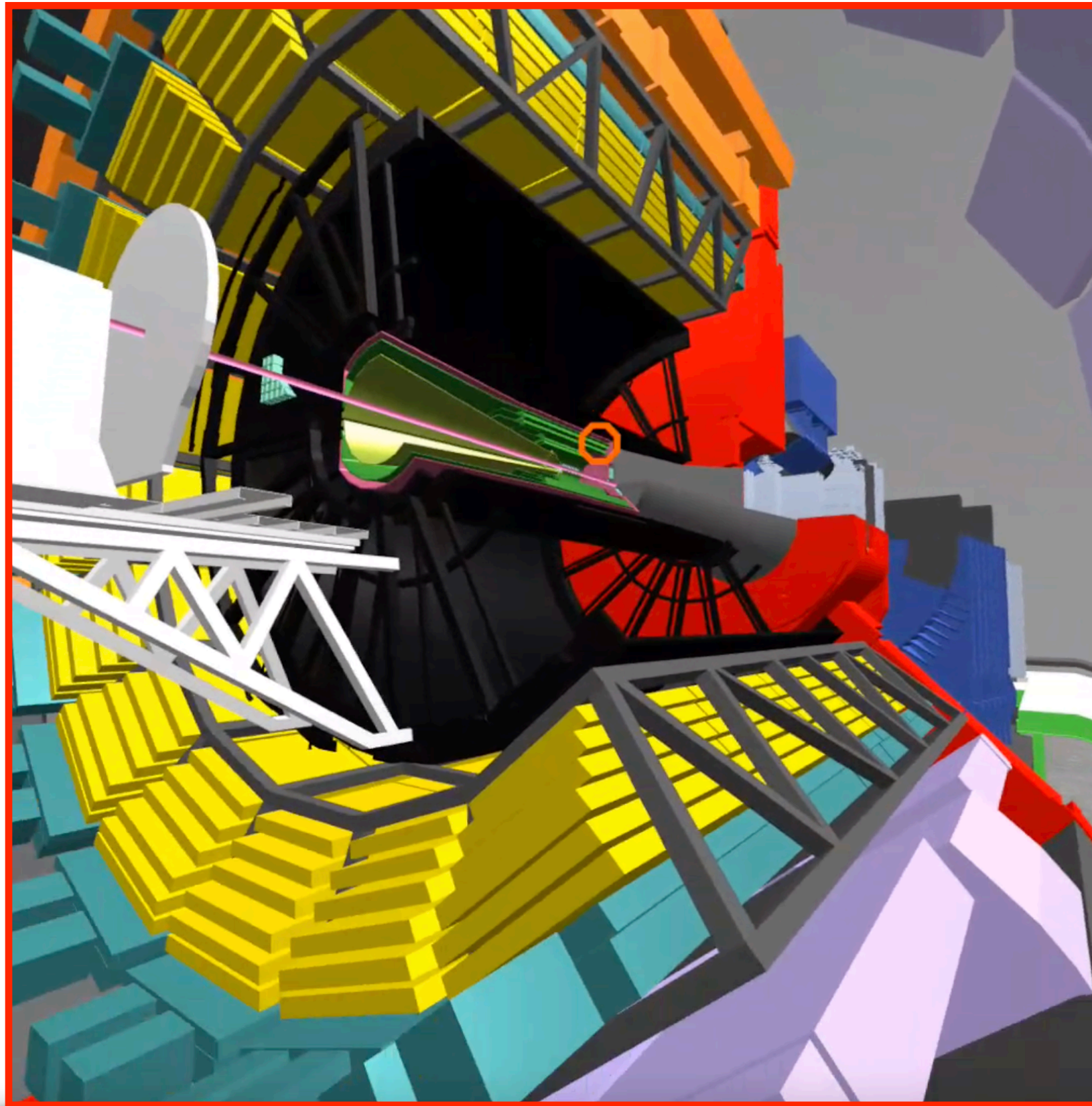


ALICE (Kollisionen und Spuren)

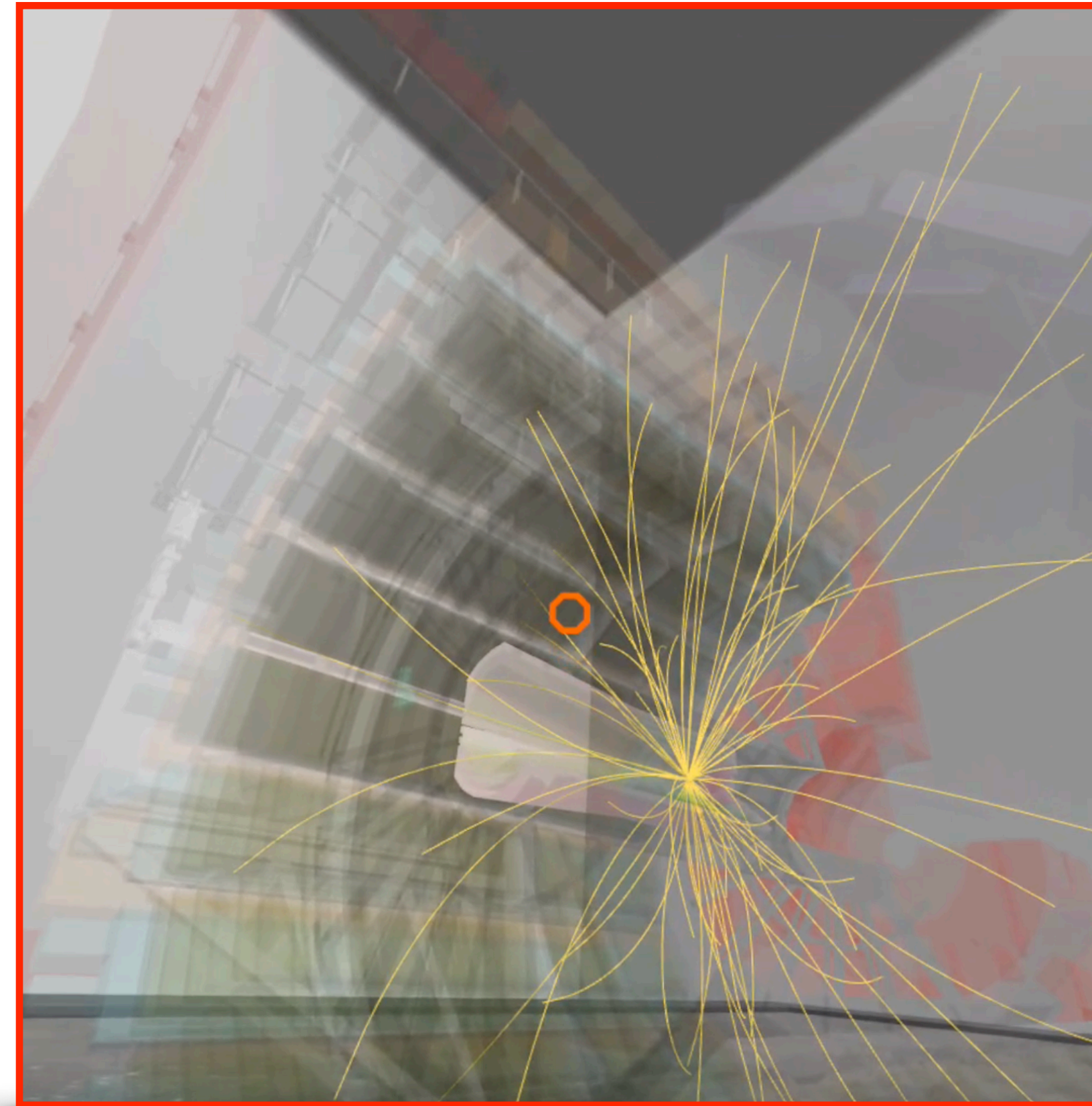
1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren



Navigation durch Ereignis,
Impulsbestimmung von Spuren

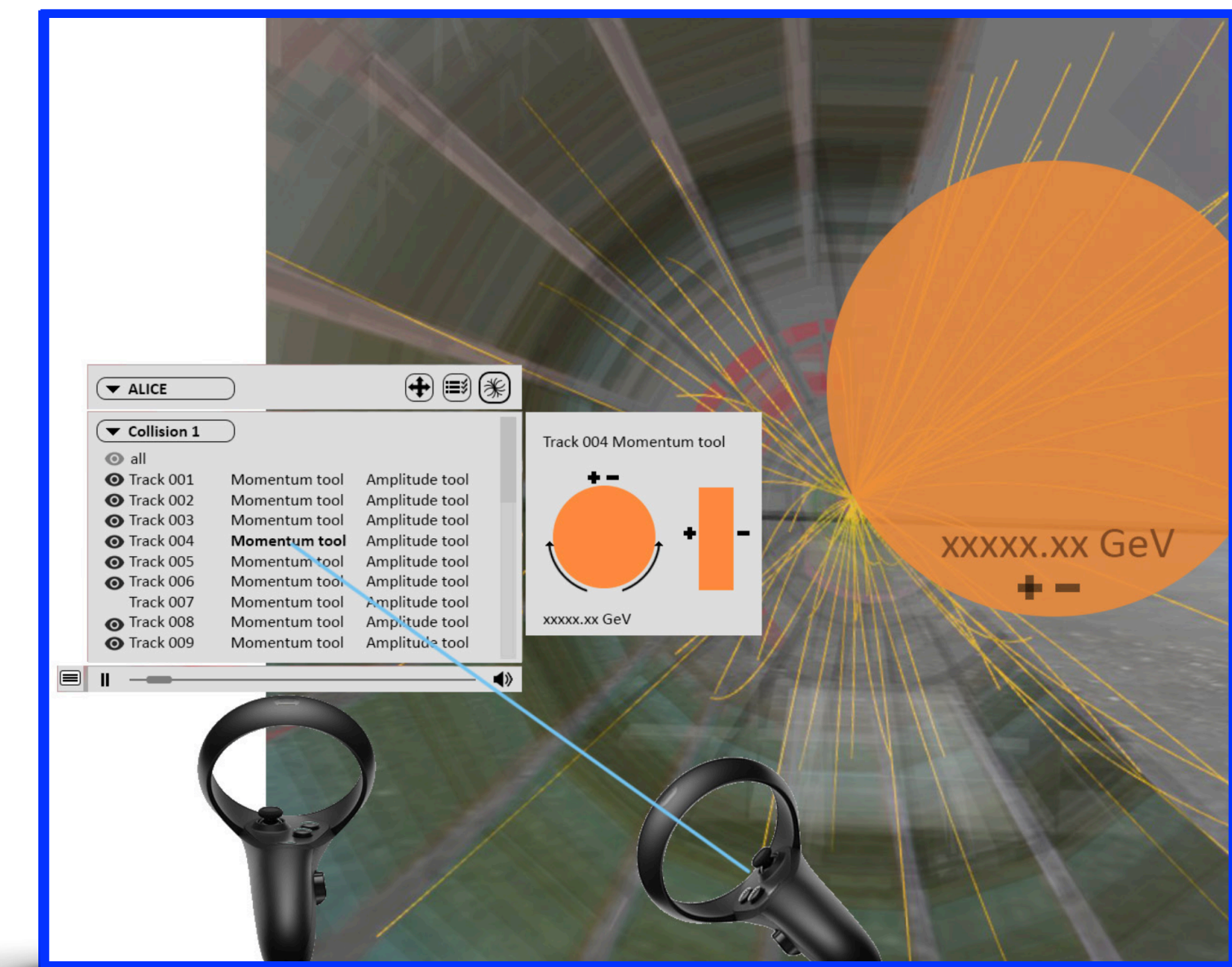


ALICE (Originalgröße)



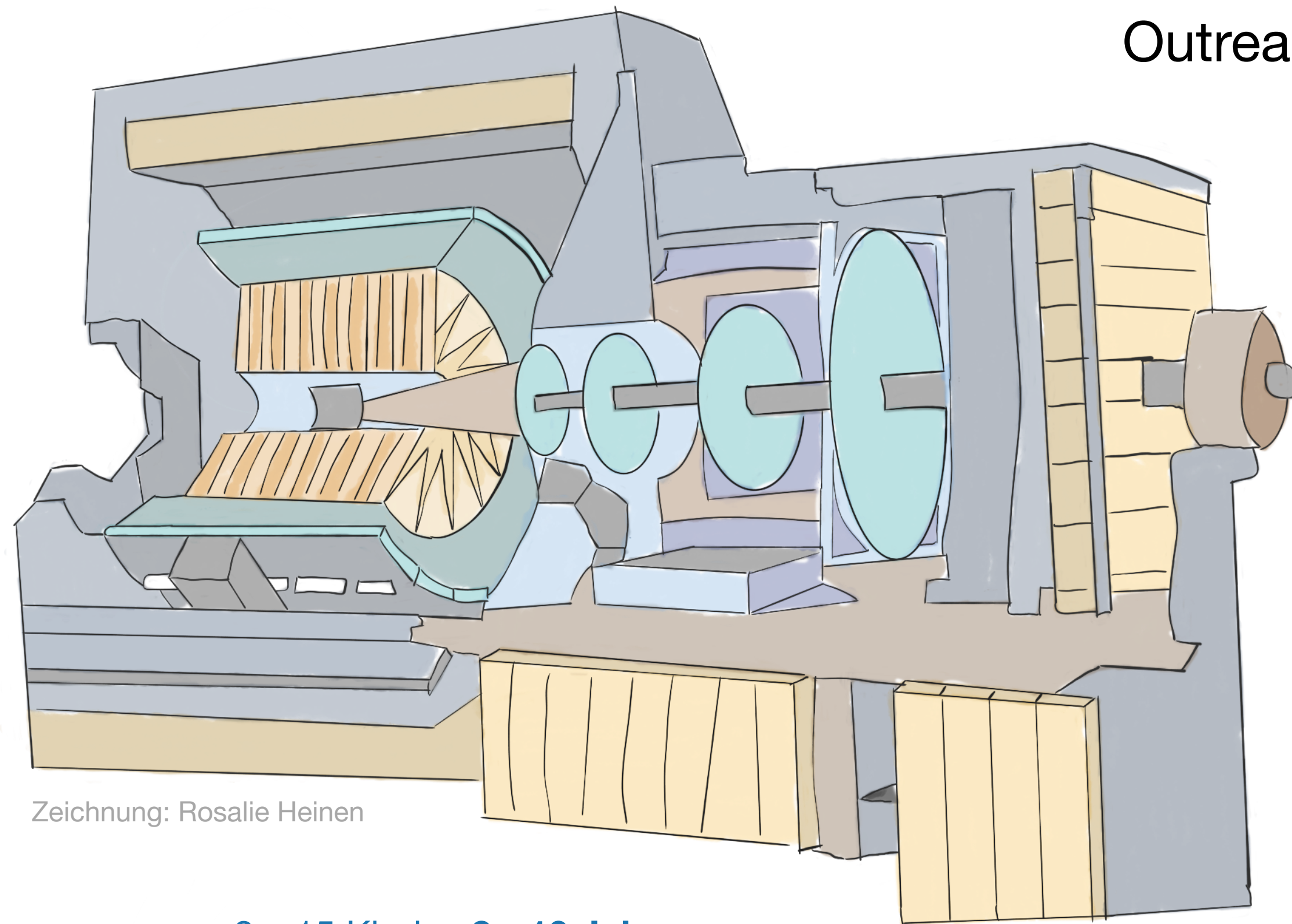
ALICE (Kollisionen und Spuren)

1. ALICE am CERN/LHC
2. ALICE Detektoren
3. Kollisionen und Spuren



Navigation durch Ereignis,
Impulsbestimmung von Spuren

03.10.2020: Maus Türöffner Tag

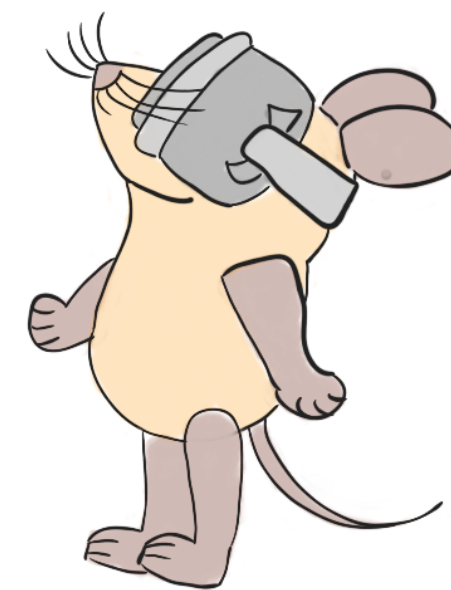


Zeichnung: Rosalie Heinen

3 x 15 Kinder, 8 - 10 Jahre
1h Programm

Teilchenspuren (Vortrag), Nebelkammer
VR Visit ALICE, IceCube Model

Bisher in verschiedenen
Outreach-Formaten ...



28.01.20: ALICE Workshop @ school ([link](#))



Urknall @ home

23.10.21: Astroseminar ([link](#))

05.11.21: ALICE Masterclass @ Home ([link](#))
(Virtuelle Führungen)

VR Anwendung (Oculus, Vive, Cardboard...)

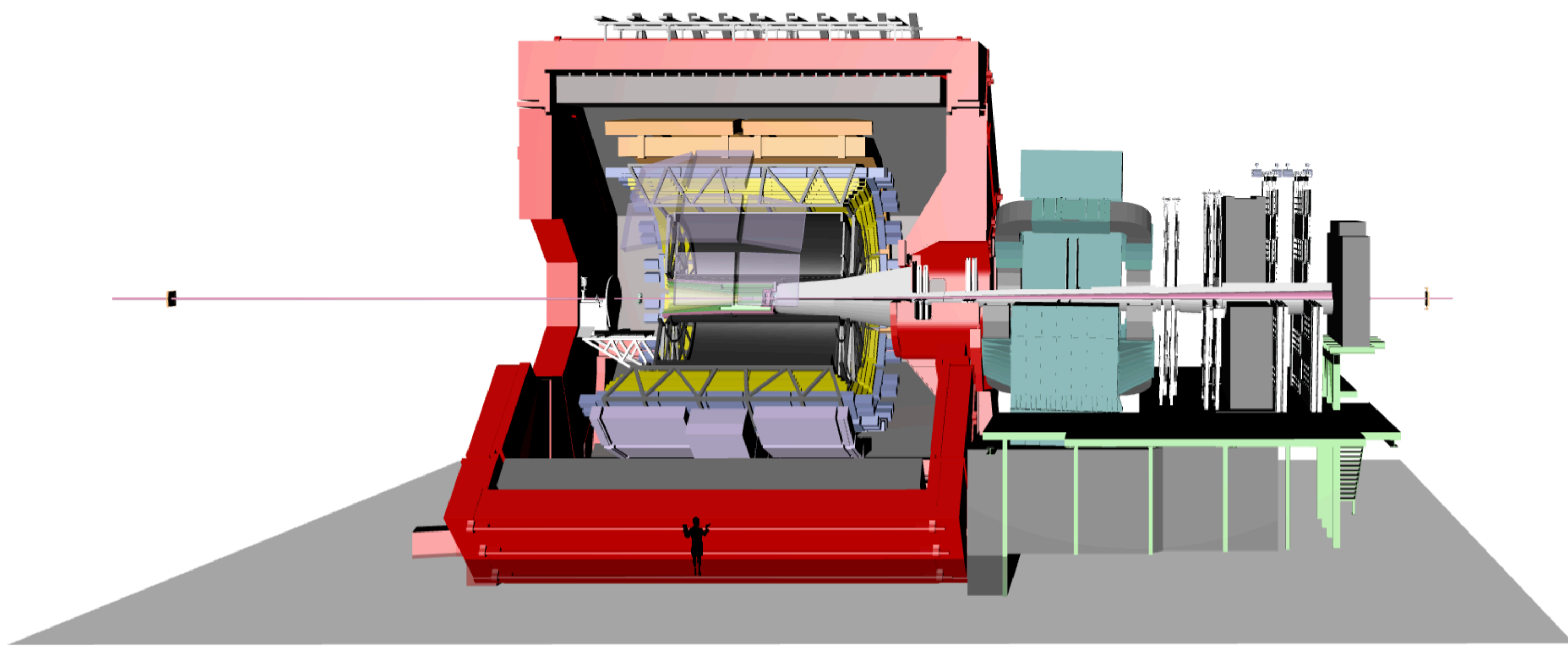
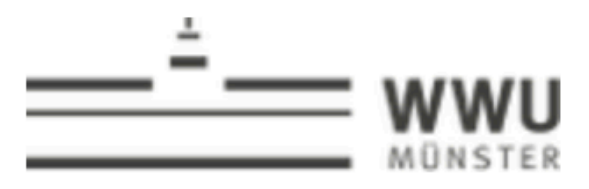
- Immersive Erfahrung
- Entwicklung neuer Lehr- und Lernoptionen, Schnittstellen und Interaktionen
- Gamification
- **Entwicklungsplattform Oculus Quest**
 - WebVR, Standalone, mobile VR Brille

Web 3D Anwendung (PC, tablet)

- Generelle Verfügbarkeit
- Etablierte komplexe Interaktionen (Keyboard, Mouse, Touch ...)
- Integration von Aufgaben und Informationen
- Interaktion in Klassengemeinschaft/Gruppen
- Längeres Arbeiten (Keine *Motion Sickness*)

Web Graphics Library (WebGL) basierende Frameworks

- three.js, A-Frame, X3DOM
- Unabhängig vom OS, Hardware (in 1. Ordnung ...)
- Leichte Integration von anderen Web-Inhalten, Datenbanken und zukünftiger Entwicklungen
- Browser-basiert ohne zusätzliche Software und Installation
- Leichte Verbreitung und zentrale Verwaltung



Detector

Lorem ipsum.

- Home
- Detector
- Collisions
- Chat
- About
- Legal

Center Pivot Explosion Grid (1m) X Y Z

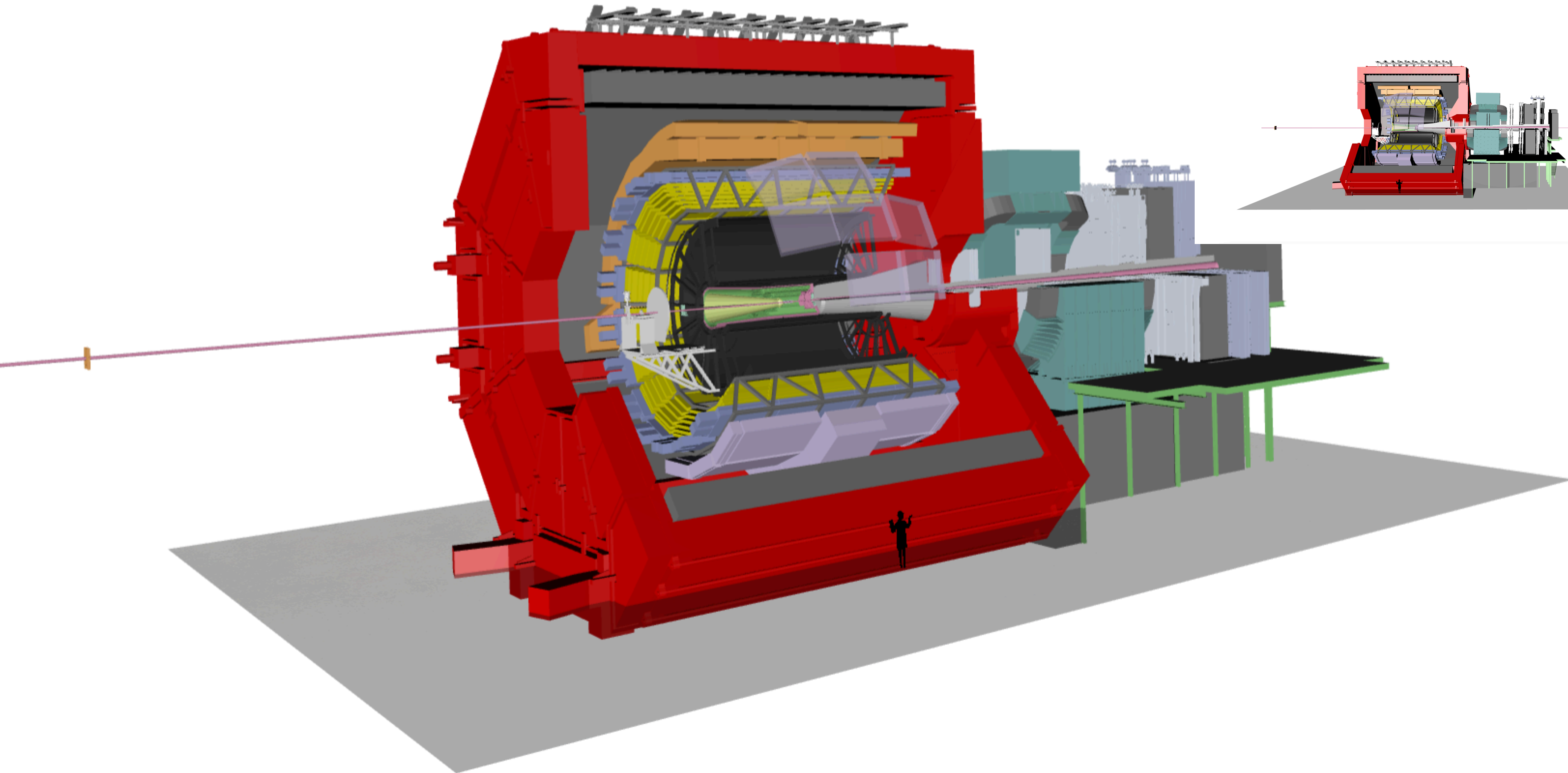
CMOS	<input checked="" type="checkbox"/>	ITS-IB	<input checked="" type="checkbox"/>	ITS-OB	<input checked="" type="checkbox"/>	TPC	
TRD	<input checked="" type="checkbox"/>	TOF	<input checked="" type="checkbox"/>	HMPID	<input checked="" type="checkbox"/>	MAGNET	
EMCal	<input checked="" type="checkbox"/>	DCal	<input checked="" type="checkbox"/>	PHOS	<input checked="" type="checkbox"/>		

MFT	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH A	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH B	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH C	
MID	<input checked="" type="checkbox"/>	ABSORBER	<input checked="" type="checkbox"/>	DIPOLE MAGNET	<input checked="" type="checkbox"/>	MUON FILTER	

T0+A	<input checked="" type="checkbox"/>	T0+C	<input checked="" type="checkbox"/>	AD A	<input checked="" type="checkbox"/>	AD B	
V0+	<input checked="" type="checkbox"/>	ACORDE	<input checked="" type="checkbox"/>				

BEAMPIPE	<input checked="" type="checkbox"/>	SUPPORT	<input checked="" type="checkbox"/>
----------	-------------------------------------	---------	-------------------------------------

<https://x3dom-alice3d.glitch.me>



Detector

Lorem ipsum.

Home: Center Pivot, Explosion, Grid (1m)

Detector:

<input checked="" type="checkbox"/> CMOS	<input checked="" type="checkbox"/> ITS-IB	<input checked="" type="checkbox"/> ITS-OB	<input checked="" type="checkbox"/> TPC
<input checked="" type="checkbox"/> TRD	<input checked="" type="checkbox"/> TOF	<input checked="" type="checkbox"/> HMPID	<input checked="" type="checkbox"/> MAGNET
<input checked="" type="checkbox"/> EMCal	<input checked="" type="checkbox"/> DCal	<input checked="" type="checkbox"/> PHOS	<input checked="" type="checkbox"/>

Collisions:

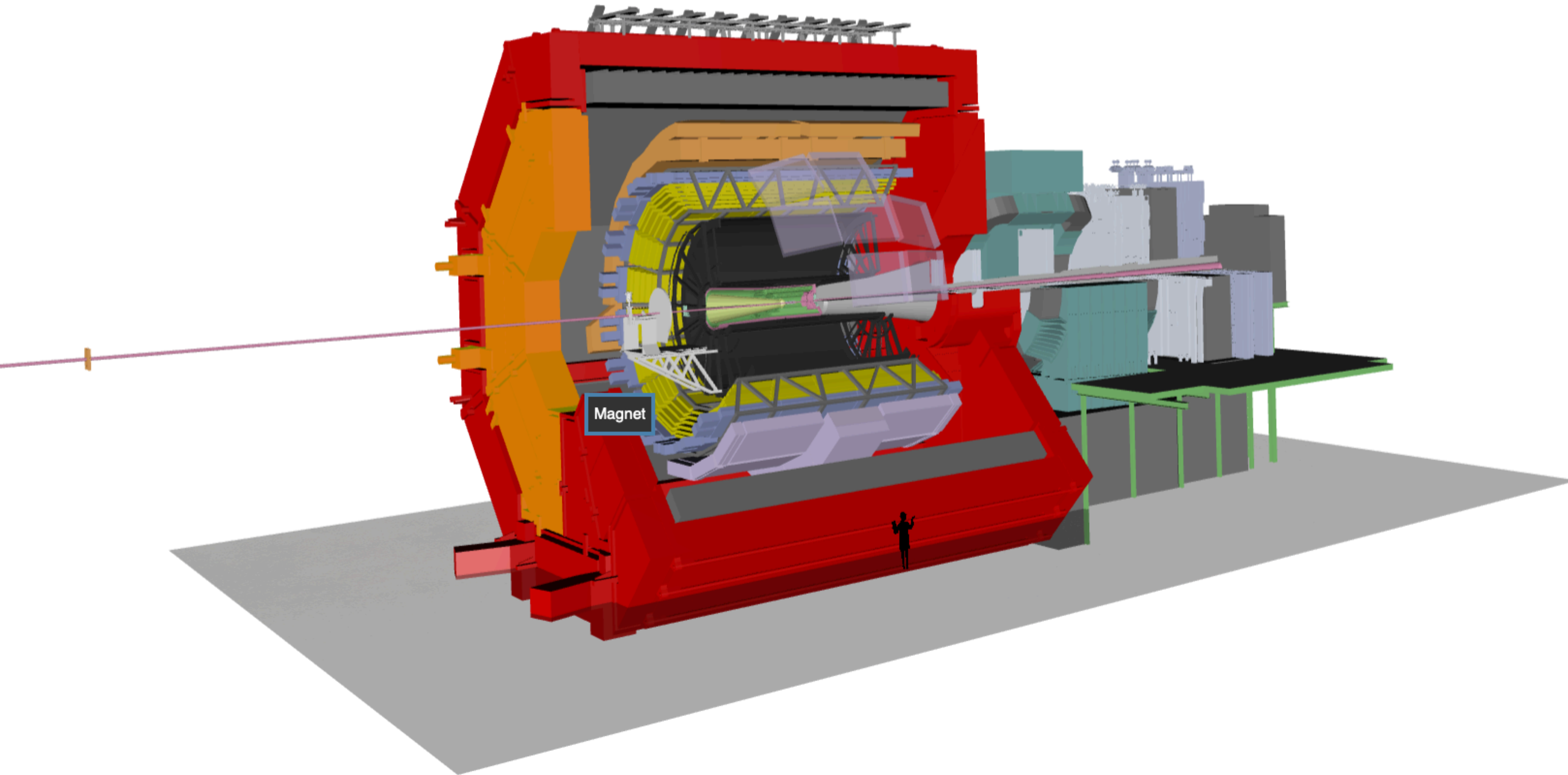
<input checked="" type="checkbox"/> MFT	<input checked="" type="checkbox"/> MCH A	<input checked="" type="checkbox"/> MCH B	<input checked="" type="checkbox"/> MCH C
<input checked="" type="checkbox"/> MID	<input checked="" type="checkbox"/> ABSORBER	<input checked="" type="checkbox"/> DIPOLE MAGNET	<input checked="" type="checkbox"/> MUON FILT

Chat:

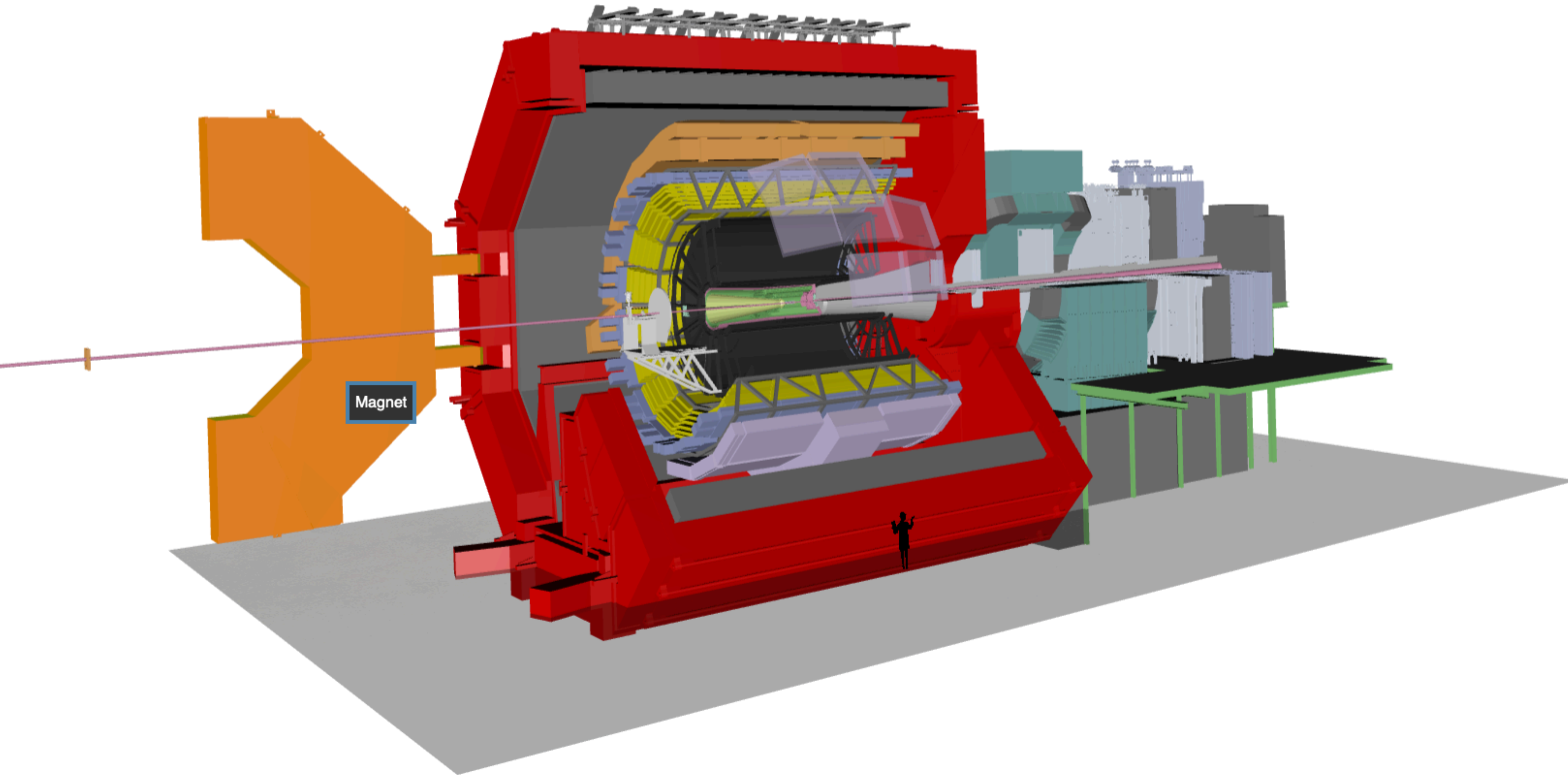
<input checked="" type="checkbox"/> T0+A	<input checked="" type="checkbox"/> T0+C	<input checked="" type="checkbox"/> AD A	<input checked="" type="checkbox"/> AD B
<input checked="" type="checkbox"/> V0+	<input checked="" type="checkbox"/> ACORDE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

About:

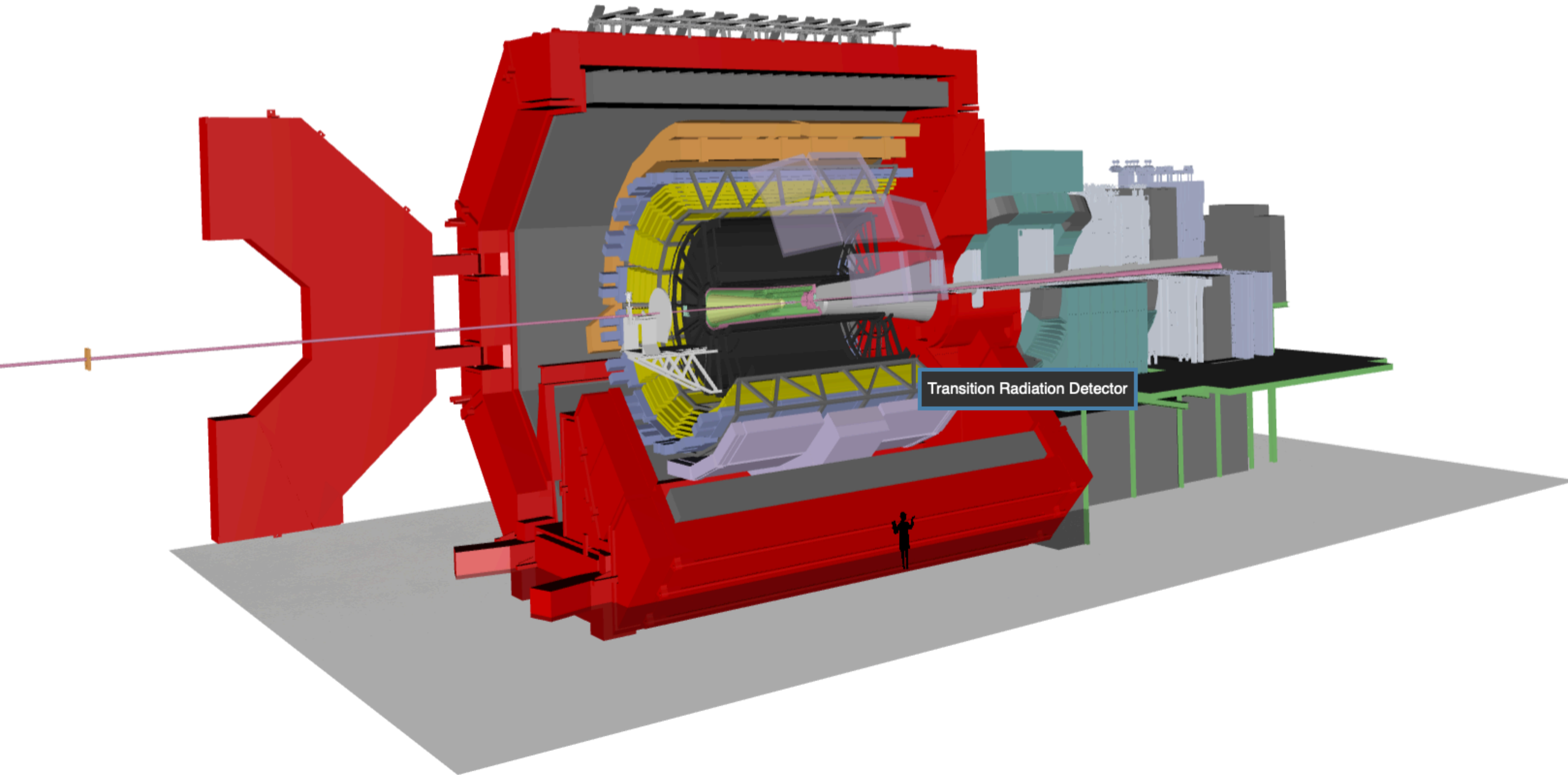
Legal: BEAMPIPE SUPPORT



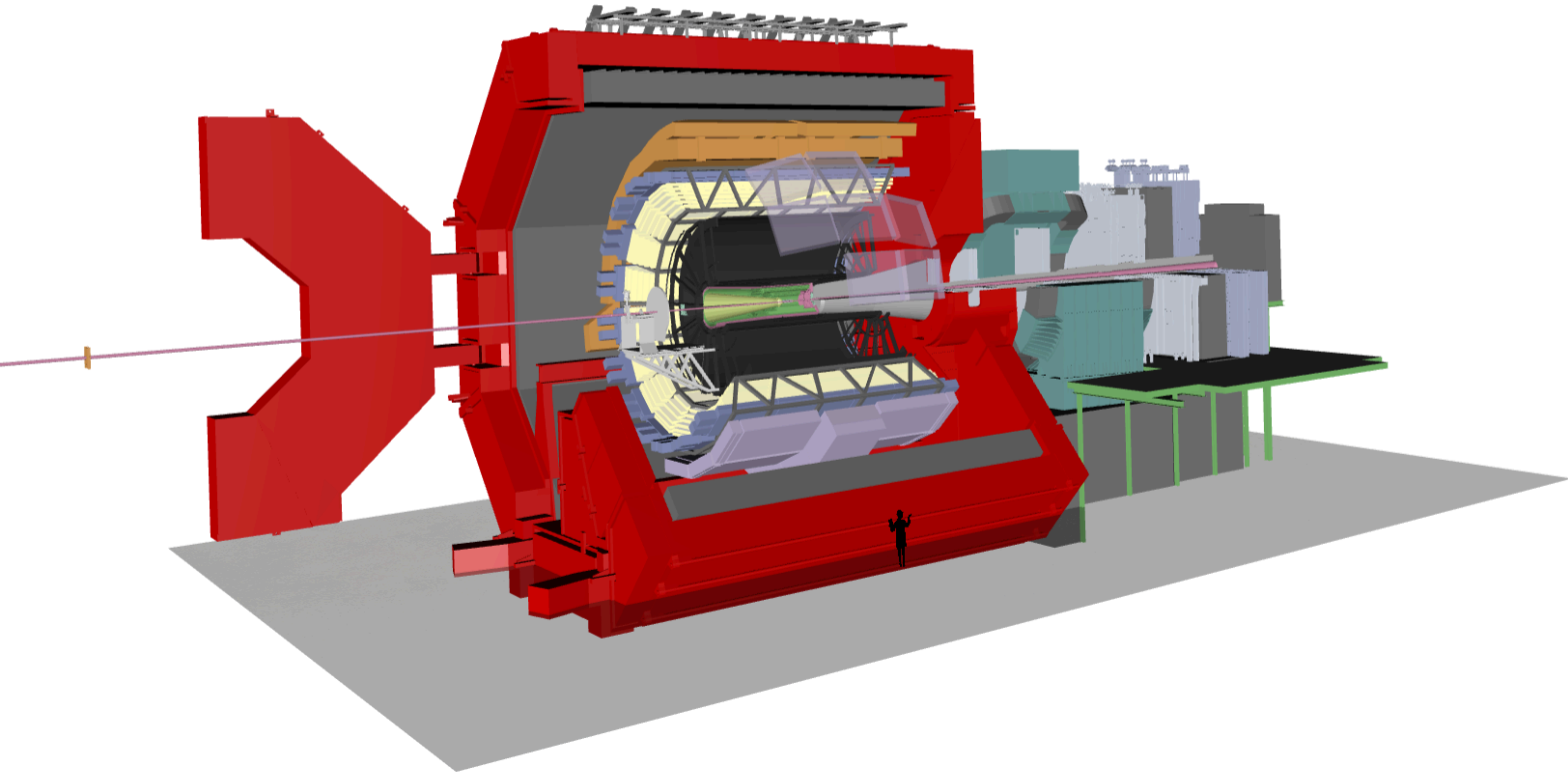
<https://x3dom-alice3d.glitch.me>



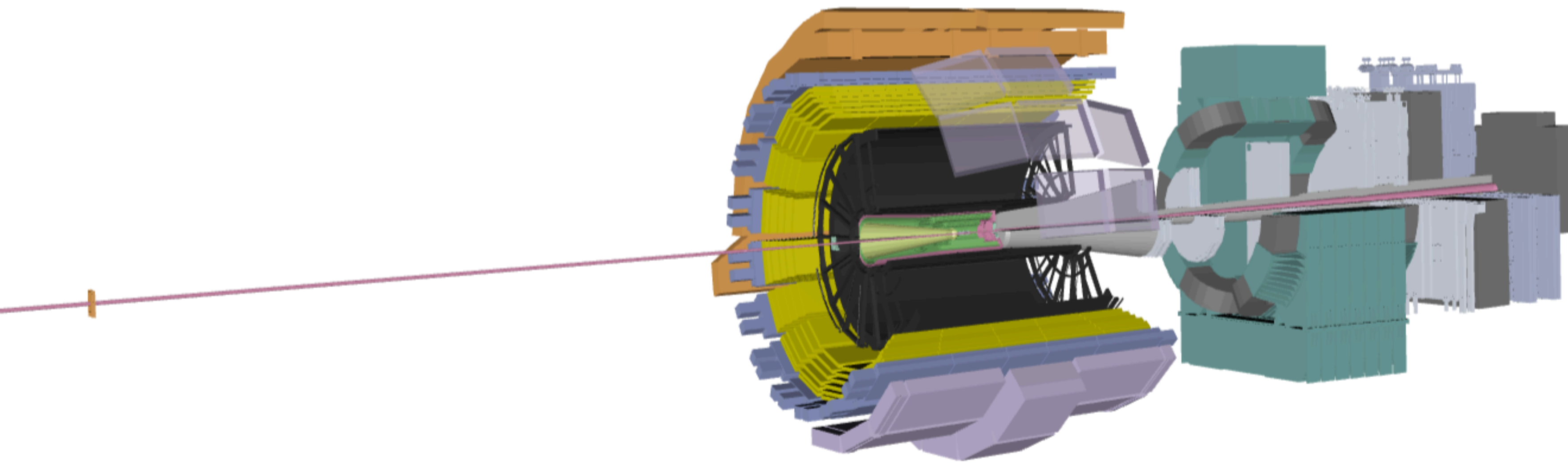
Magnet



Transition Radiation Detector



<https://x3dom-alice3d.glitch.me>



Detector ▼

Lorem ipsum.

Home
Center Pivot
Explosion
Grid (1m) X
Y
Z

Detector

CMOS	<input checked="" type="checkbox"/>	ITS-IB	<input checked="" type="checkbox"/>	ITS-OB	<input checked="" type="checkbox"/>	TPC	<input checked="" type="checkbox"/>
TRD	<input checked="" type="checkbox"/>	TOF	<input checked="" type="checkbox"/>	HMPID	<input checked="" type="checkbox"/>	MAGNET	<input type="checkbox"/>
EMCal	<input checked="" type="checkbox"/>	DCal	<input checked="" type="checkbox"/>	PHOS	<input checked="" type="checkbox"/>		

Collisions

MFT	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH A	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH B	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH C	<input checked="" type="checkbox"/>
MID	<input checked="" type="checkbox"/>	ABSORBER	<input checked="" type="checkbox"/>	DIPOLE MAGNET	<input checked="" type="checkbox"/>	MUON FILTER	<input checked="" type="checkbox"/>

Chat

T0+A	<input checked="" type="checkbox"/>	T0+C	<input checked="" type="checkbox"/>	AD A	<input checked="" type="checkbox"/>	AD B	<input checked="" type="checkbox"/>
V0+	<input type="checkbox"/>	ACORDE	<input type="checkbox"/>				

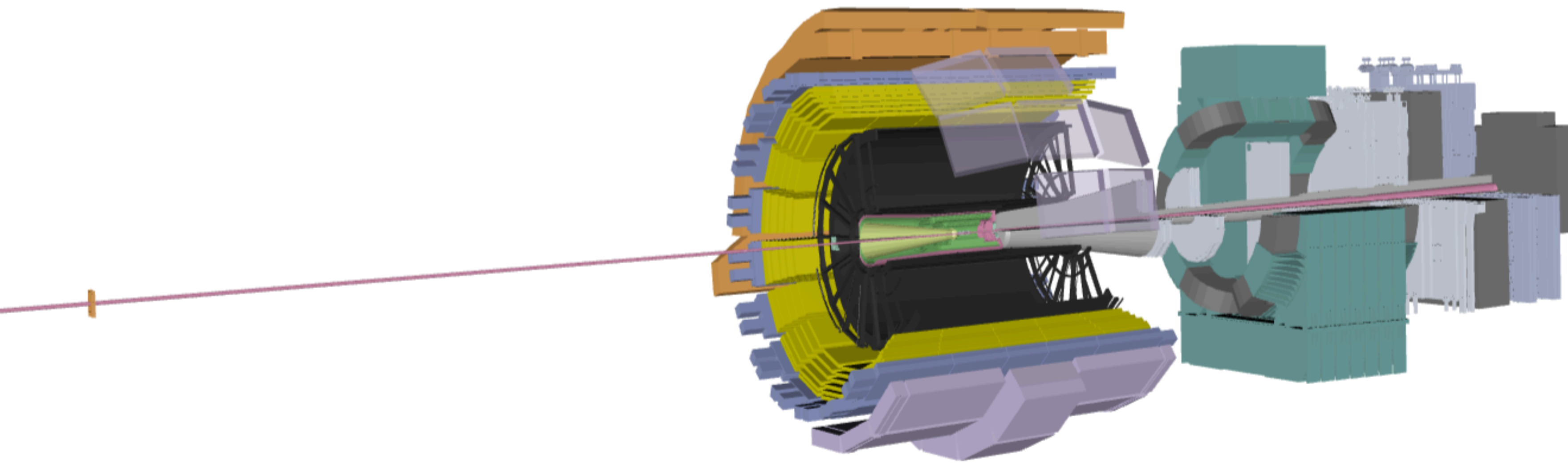
About

BEAMPIPE	<input checked="" type="checkbox"/>	SUPPORT	<input type="checkbox"/>
----------	-------------------------------------	---------	--------------------------

Legal

footer

<https://x3dom-alice3d.glitch.me>



Detector

Lorem ipsum.

Home

Center Pivot
Explosion
Grid (1m)

X
Y
Z

Detector

CMOS	<input checked="" type="checkbox"/>	ITS-IB	<input checked="" type="checkbox"/>	ITS-OB	<input checked="" type="checkbox"/>	TPC	<input checked="" type="checkbox"/>
TRD	<input checked="" type="checkbox"/>	TOF	<input checked="" type="checkbox"/>	HMPID	<input checked="" type="checkbox"/>	MAGNET	<input type="checkbox"/>
EMCal	<input checked="" type="checkbox"/>	DCal	<input checked="" type="checkbox"/>	PHOS	<input checked="" type="checkbox"/>		

Collisions

MFT	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH A	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH B	<input checked="" type="checkbox"/>	MCH C	<input checked="" type="checkbox"/>
MID	<input checked="" type="checkbox"/>	ABSORBER	<input checked="" type="checkbox"/>	DIPOLE MAGNET	<input checked="" type="checkbox"/>	MUON FILTER	<input checked="" type="checkbox"/>

Chat

T0+A	<input checked="" type="checkbox"/>	T0+C	<input checked="" type="checkbox"/>	AD A	<input checked="" type="checkbox"/>	AD B	<input checked="" type="checkbox"/>
V0+	<input type="checkbox"/>	ACORDE	<input type="checkbox"/>				

About

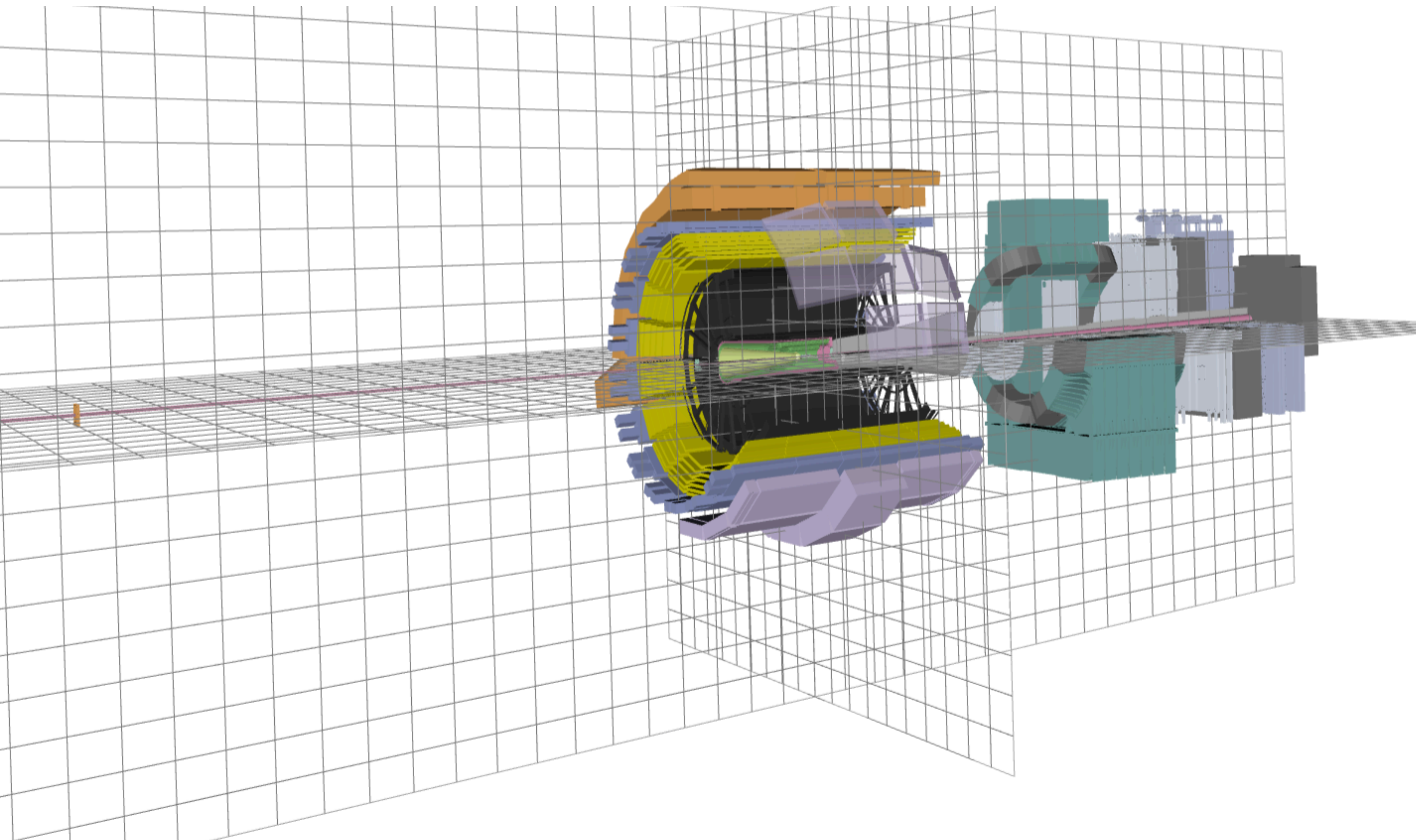
BEAMPIPE	<input checked="" type="checkbox"/>	SUPPORT	<input type="checkbox"/>
----------	-------------------------------------	---------	--------------------------

Legal

footer

Inhalte parallel zur WebVR Anwendung,
aber mehr Text und Querverweise möglich

<https://x3dom-alice3d.glitch.me>



Detector ▼

Lorem ipsum.

Center Pivot
Explosion
Grid (1m) X
Y
Z

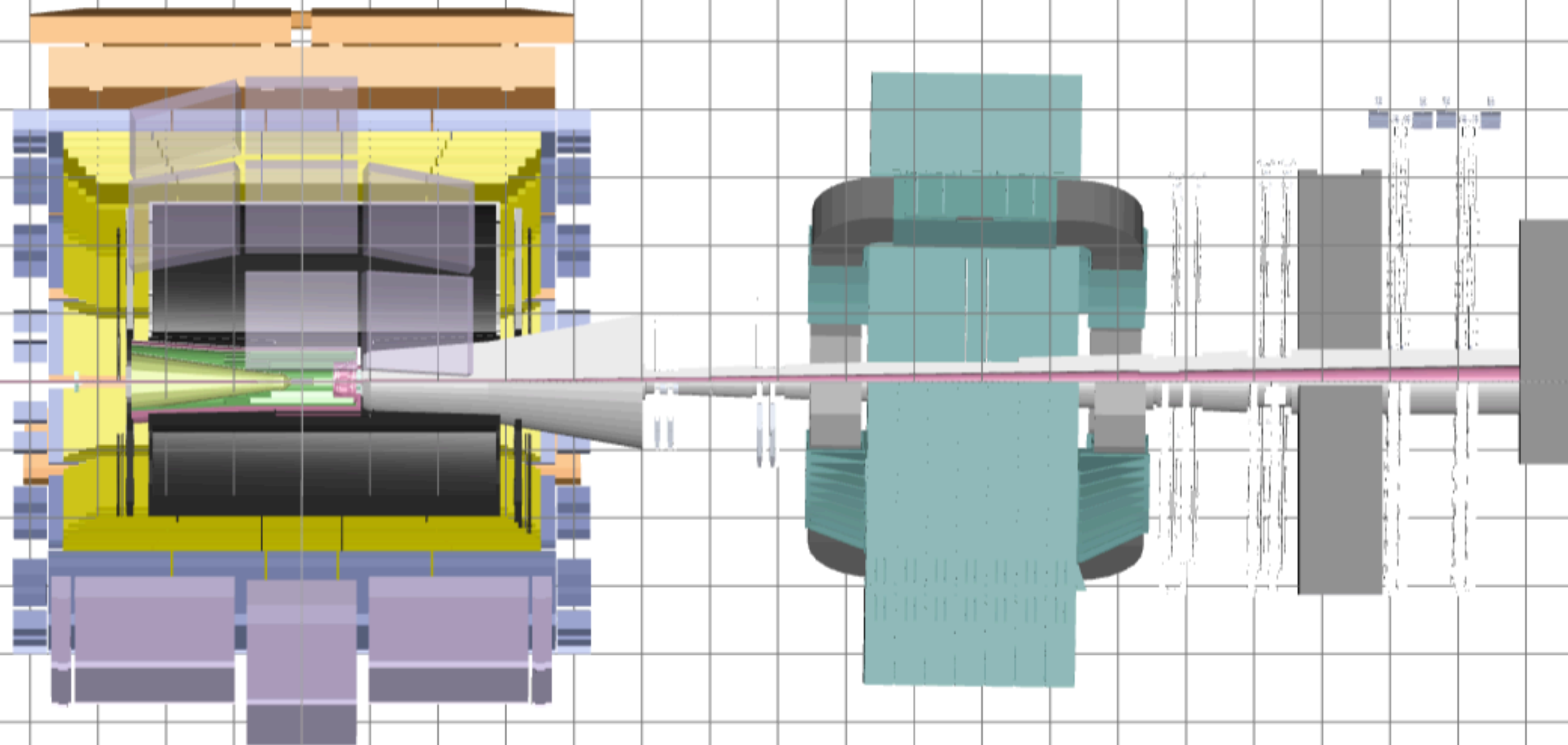
CMOS <input checked="" type="checkbox"/>	ITS-IB <input checked="" type="checkbox"/>	ITS-OB <input checked="" type="checkbox"/>	TPC <input checked="" type="checkbox"/>
TRD <input checked="" type="checkbox"/>	TOF <input checked="" type="checkbox"/>	HMPID <input checked="" type="checkbox"/>	MAGNET <input type="checkbox"/>
EMCal <input checked="" type="checkbox"/>	DCal <input checked="" type="checkbox"/>	PHOS <input checked="" type="checkbox"/>	

MFT <input checked="" type="checkbox"/>	MCH A <input checked="" type="checkbox"/>	MCH B <input checked="" type="checkbox"/>	MCH C <input checked="" type="checkbox"/>
MID <input checked="" type="checkbox"/>	ABSORBER <input checked="" type="checkbox"/>	DIPOLE MAGNET <input checked="" type="checkbox"/>	MUON FILTER <input checked="" type="checkbox"/>

T0+A <input checked="" type="checkbox"/>	T0+C <input checked="" type="checkbox"/>	AD A <input checked="" type="checkbox"/>	AD B <input checked="" type="checkbox"/>
V0+ <input type="checkbox"/>	ACORDE <input type="checkbox"/>		

BEAMPIPE <input checked="" type="checkbox"/>	SUPPORT <input type="checkbox"/>
--	----------------------------------

footer



Detector ▼

Lorem ipsum.

Center Pivot
Explosion
Grid (1m) X
Y
Z

CMOS <input checked="" type="checkbox"/>	ITS-IB <input checked="" type="checkbox"/>	ITS-OB <input checked="" type="checkbox"/>	TPC <input checked="" type="checkbox"/>
TRD <input checked="" type="checkbox"/>	TOF <input checked="" type="checkbox"/>	HMPID <input checked="" type="checkbox"/>	MAGNET <input type="checkbox"/>
EMCal <input checked="" type="checkbox"/>	DCal <input checked="" type="checkbox"/>	PHOS <input checked="" type="checkbox"/>	

MFT <input checked="" type="checkbox"/>	MCH A <input checked="" type="checkbox"/>	MCH B <input checked="" type="checkbox"/>	MCH C <input checked="" type="checkbox"/>
MID <input checked="" type="checkbox"/>	ABSORBER <input checked="" type="checkbox"/>	DIPOLE MAGNET <input checked="" type="checkbox"/>	MUON FILTER <input checked="" type="checkbox"/>

T0+A <input checked="" type="checkbox"/>	T0+C <input checked="" type="checkbox"/>	AD A <input checked="" type="checkbox"/>	AD B <input checked="" type="checkbox"/>
V0+ <input type="checkbox"/>	ACORDE <input type="checkbox"/>		

BEAMPIPE <input checked="" type="checkbox"/>	SUPPORT <input type="checkbox"/>
--	----------------------------------

footer



Die Bausteine der Materie

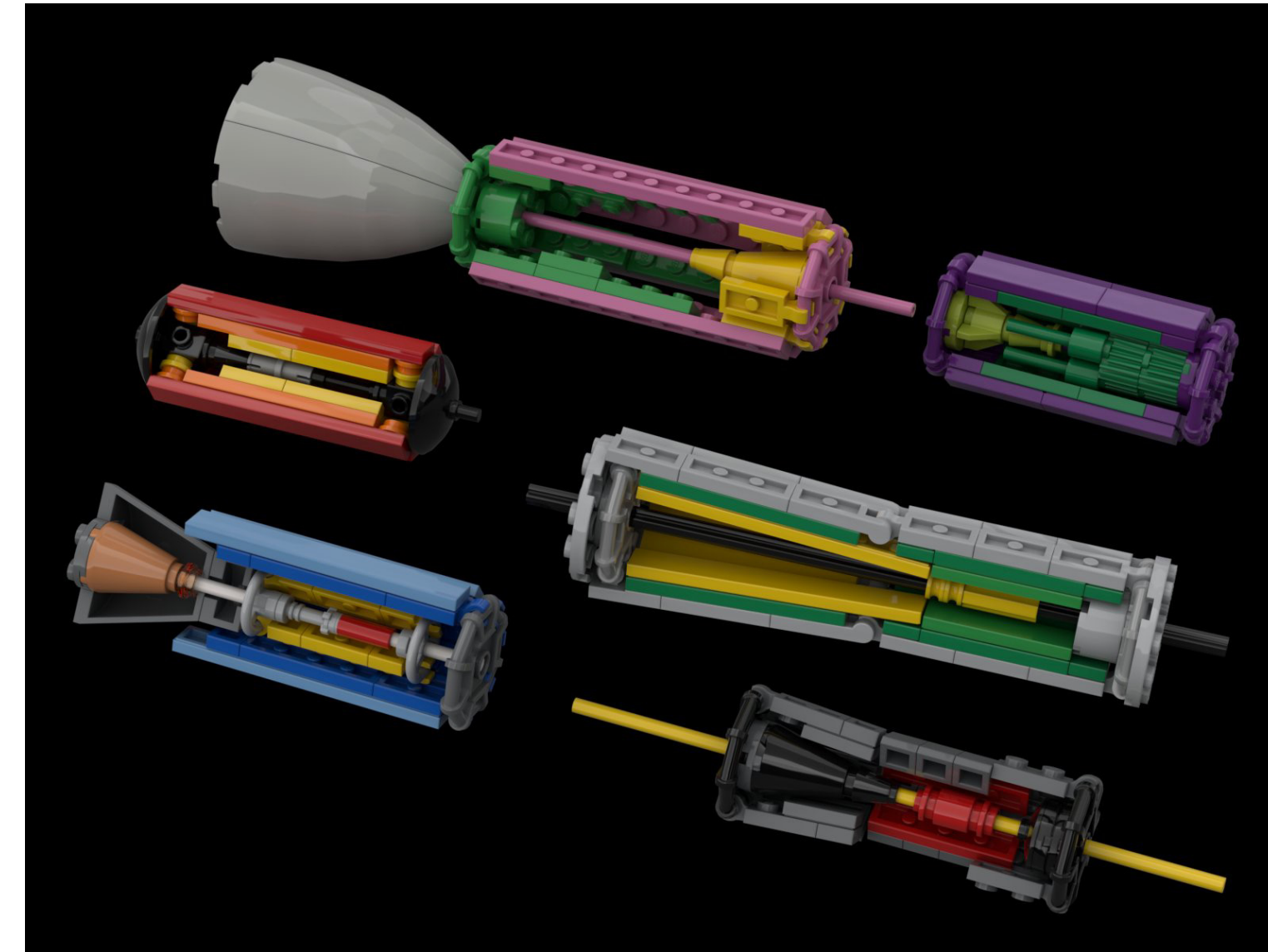
Workshop zur Konstruktion eines LEGO®-Modells
des ALICE-Detektors am Large Hadron Collider

Goethe-Universität Frankfurt
Westfälische-Wilhelms Universität Münster

Januar – Juni 2021 | ZOOM-Auftakt: 18.01.21 14:00 – 18:00

6 Gruppen 4-6 Jugendliche:

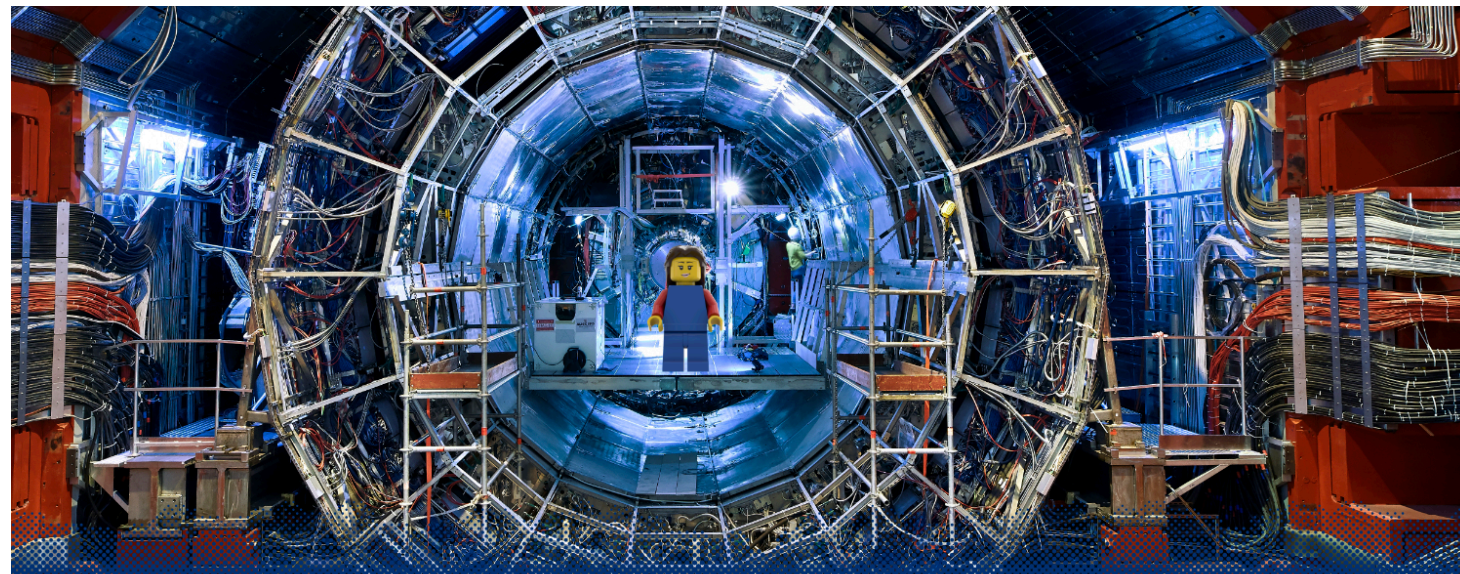
- wöchentliche Treffen
- Vorträge
- Gruppenarbeit/Kollaboration
- [indico](#)



Inner Tracking Systems (ITS)

6 Gruppen 4-6 Jugendliche:

- wöchentliche Treffen
- Vorträge
- Gruppenarbeit/Kollaboration
- [indico](#)



Die Bausteine der Materie

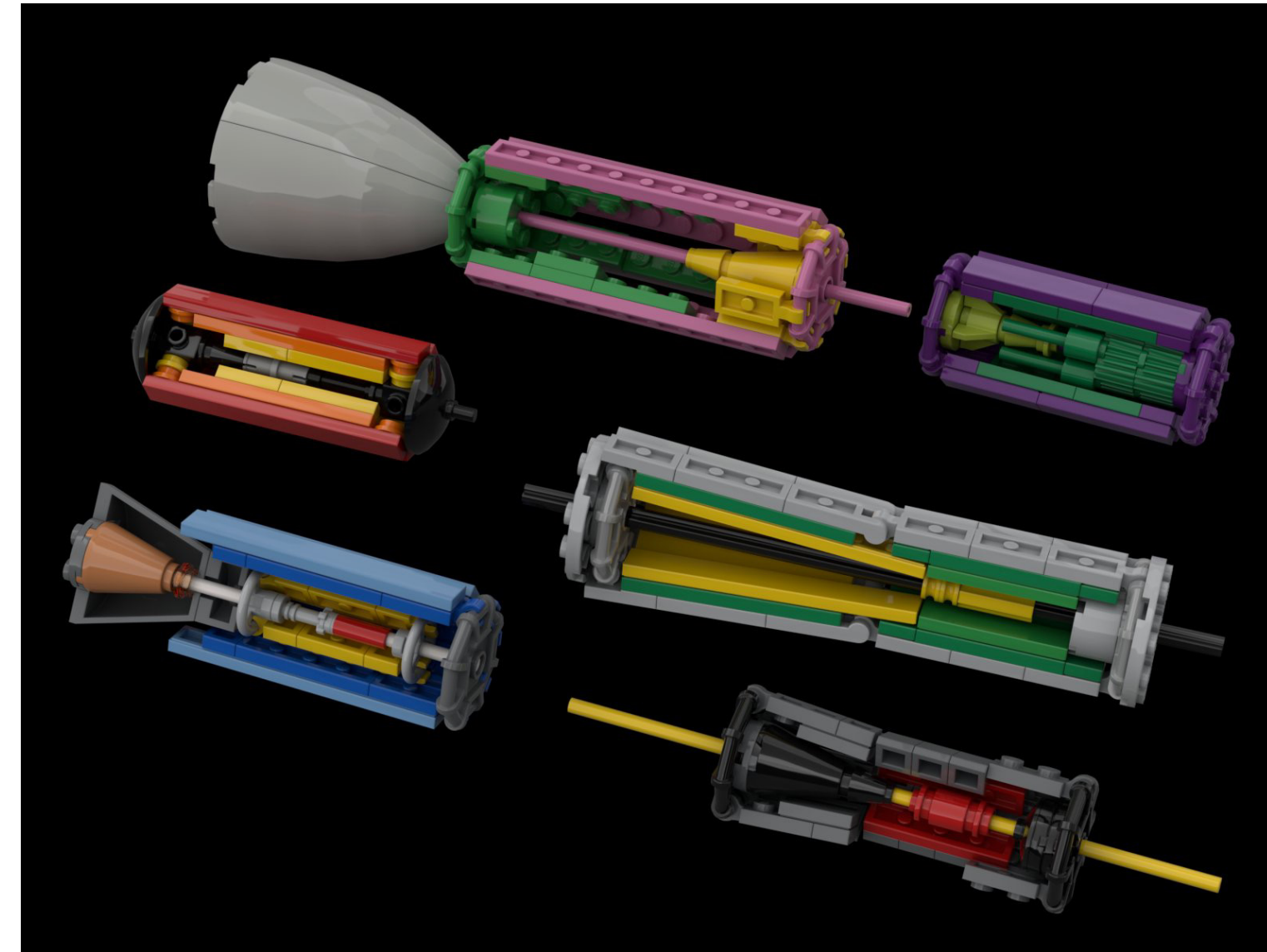
Workshop zur Konstruktion eines LEGO®-Modells
des ALICE-Detektors am Large Hadron Collider

Goethe-Universität Frankfurt
Westfälische-Wilhelms Universität Münster

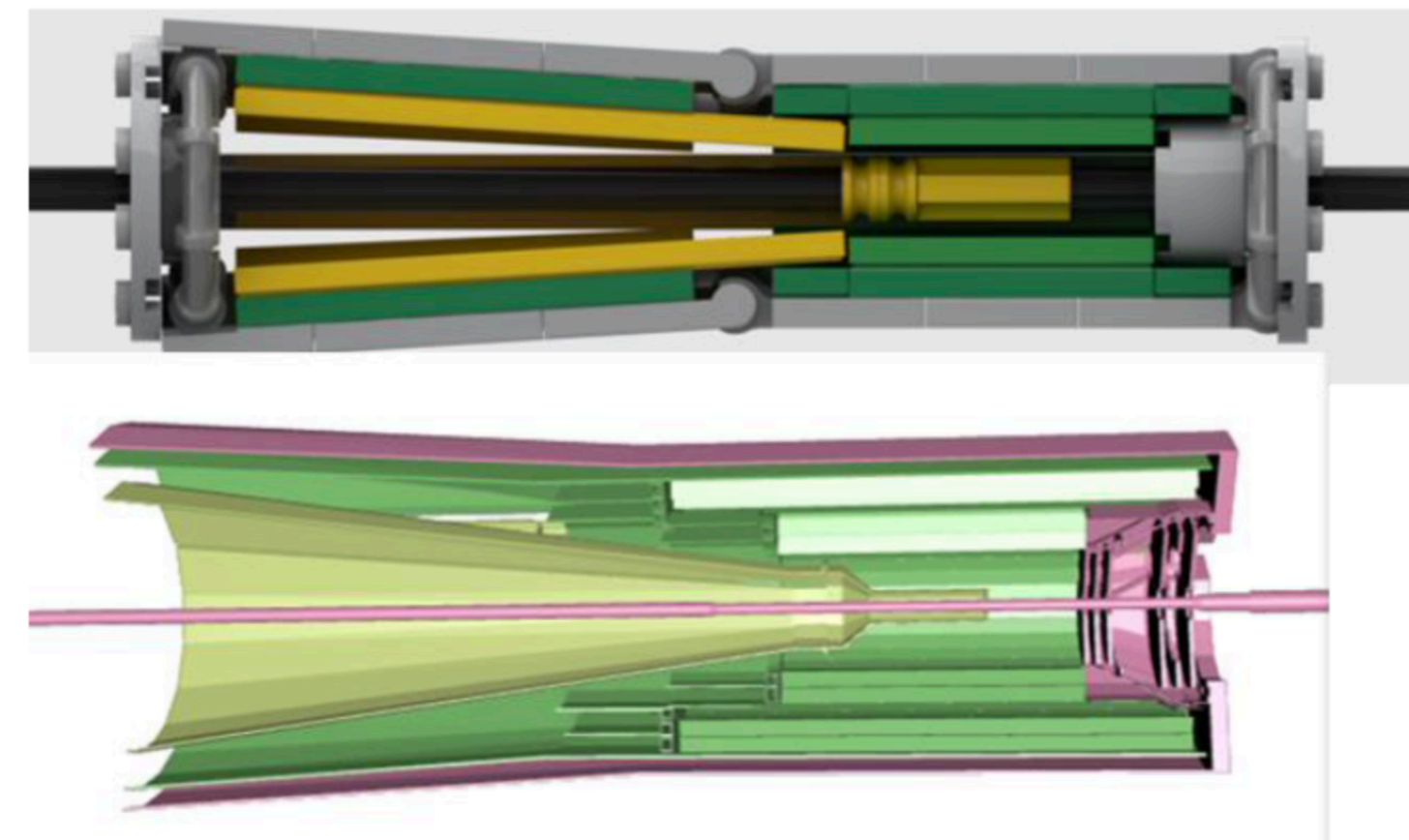
Januar – Juni 2021 | ZOOM-Auftakt: 18.01.21 14:00 – 18:00

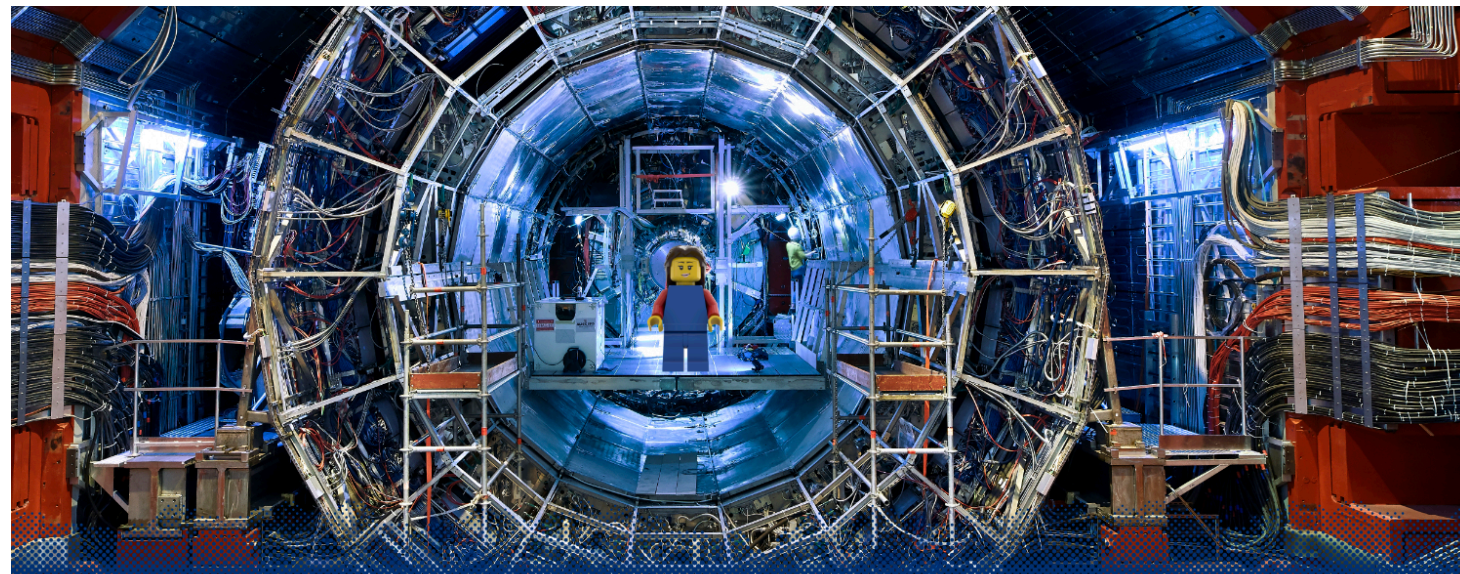
6 Gruppen 4-6 Jugendliche:

- wöchentliche Treffen
- Vorträge
- Gruppenarbeit/Kollaboration
- [indico](#)



Inner Tracking Systems (ITS)





Die Bausteine der Materie

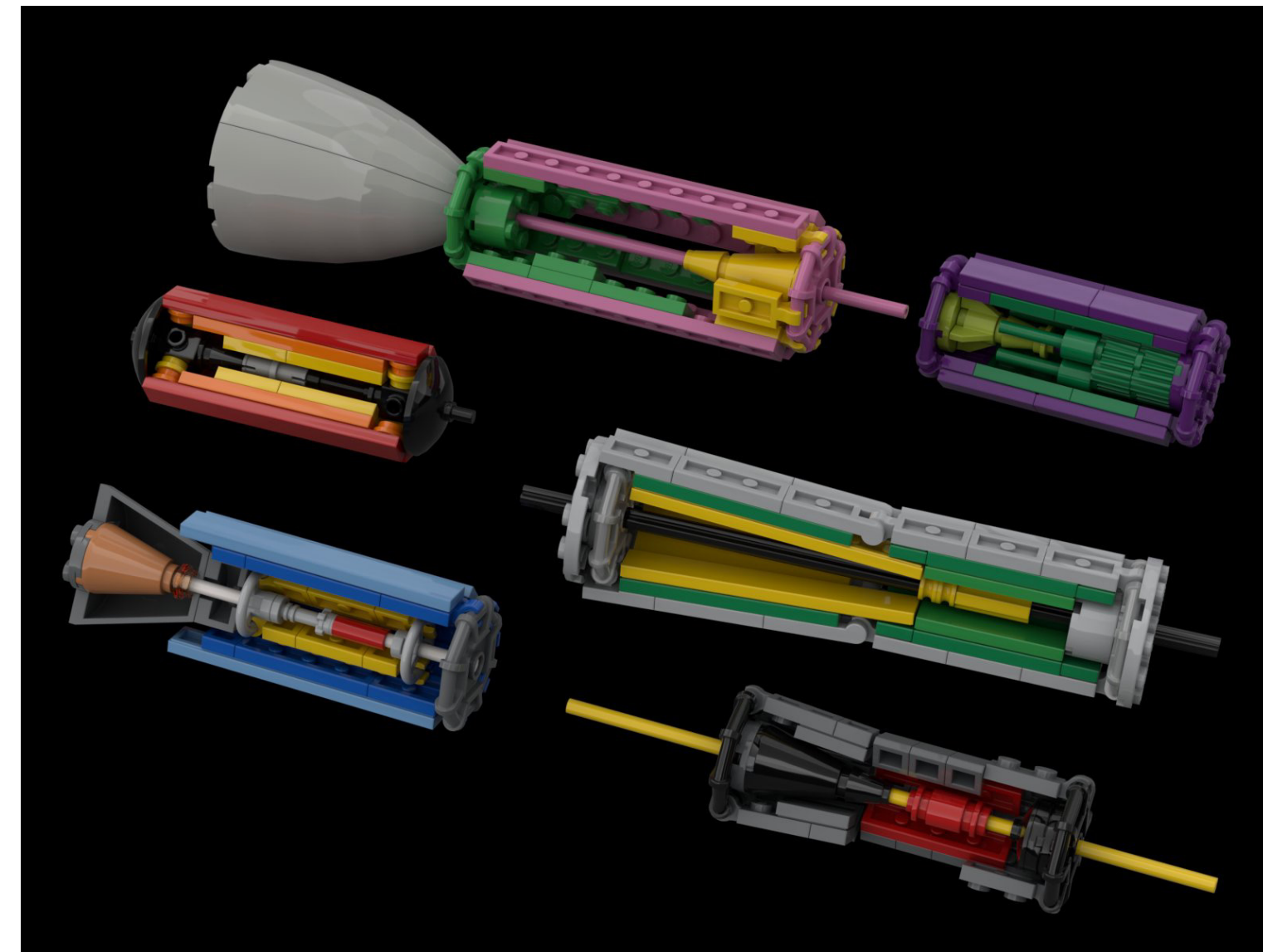
Workshop zur Konstruktion eines LEGO®-Modells
des ALICE-Detektors am Large Hadron Collider

Goethe-Universität Frankfurt
Westfälische-Wilhelms Universität Münster

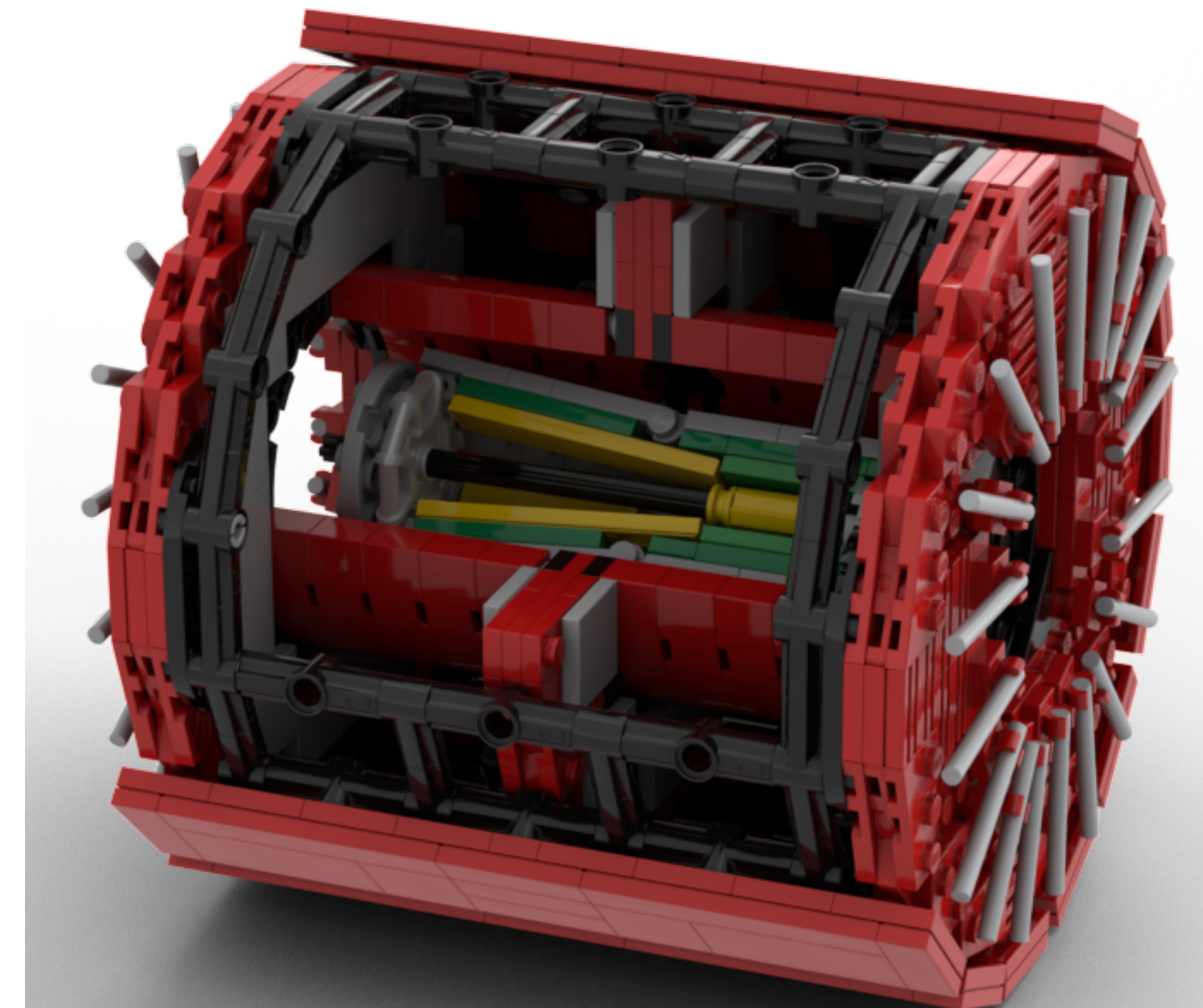
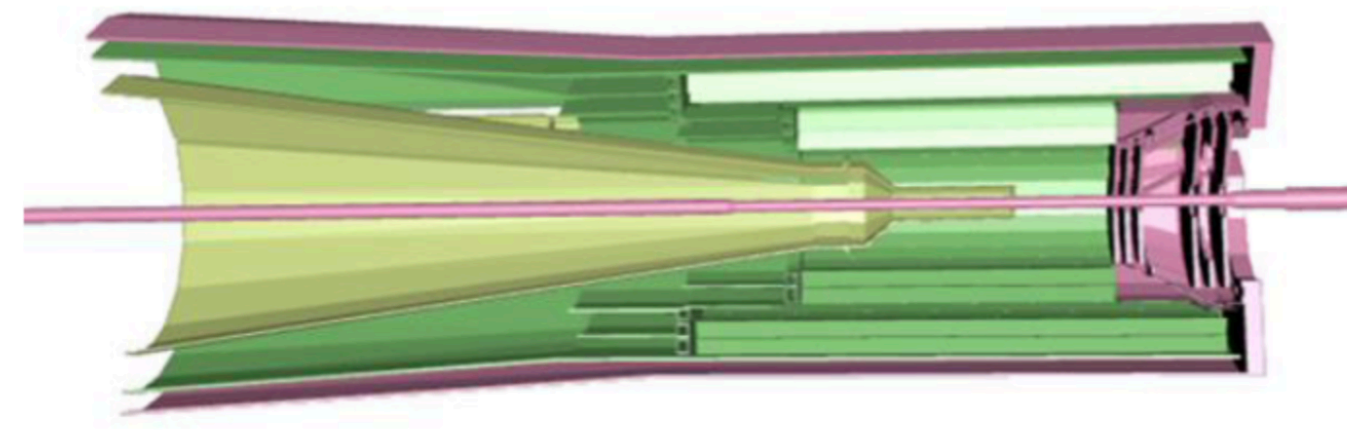
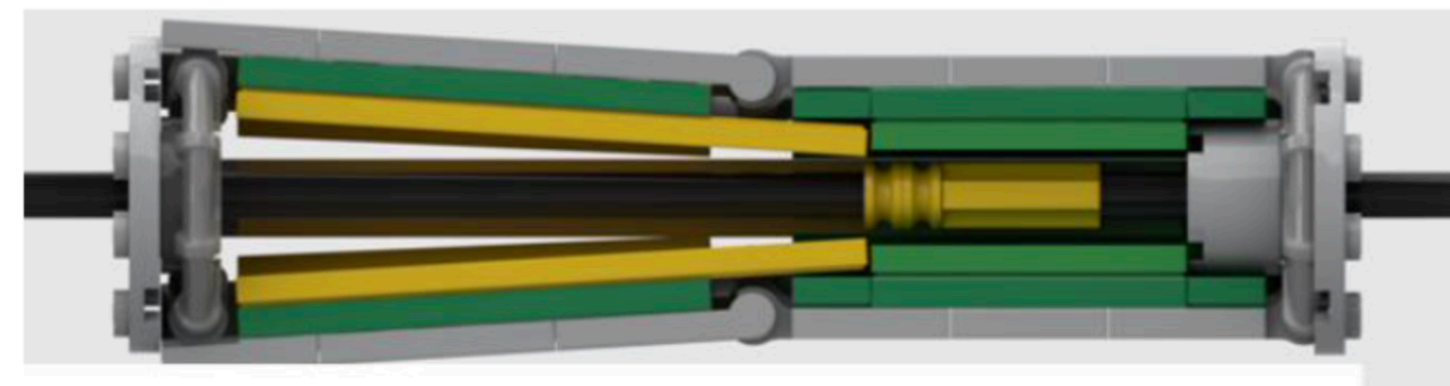
Januar – Juni 2021 | ZOOM-Auftakt: 18.01.21 14:00 – 18:00

6 Gruppen 4-6 Jugendliche:

- wöchentliche Treffen
- Vorträge
- Gruppenarbeit/Kollaboration
- [indico](#)

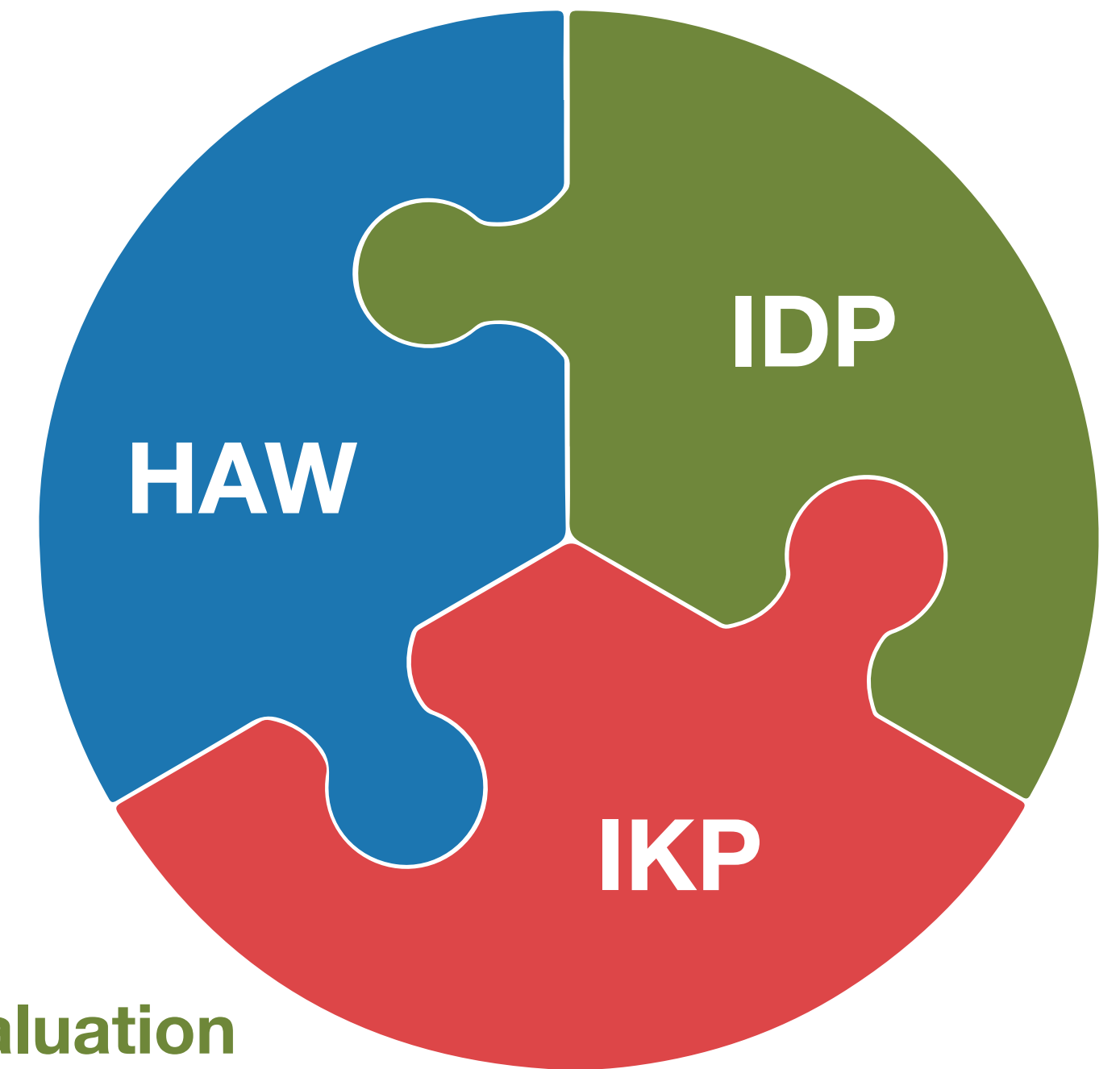


Inner Tracking Systems (ITS)



TPC+ITS (Work in Progress)

- **Implementation des ALICE-Detektors in Web3D**
 - Plattformunabhängige, immersive Virtual Reality Anwendung (WebVR)
 - Browser basierte Web-Application
 - Lerninhalt fokussiert auf Detektortechnologie
- **Weitere Schritte**
 - Finalisierung der Inhalte (Audio, Text)
 - Nutzerführung und Aufgaben in VR
 - Direkter Einsatz im Unterricht
- **Didaktik und Designforschung**
 - Erfolgsparameter für Lernerfolg?
 - Usability
 - Individuell gestaltbarer Lernwege in 3D
 - Gestaltungskonzepte zur Skalierung von Komplexität und Informationstiefe
 - Multimodales Lernen
 - 3D / 2D / in-scenario / heads-up-display
 - Audio-, Video- oder Textinhalte



Real time Web3D

Lernumgebungen und Evaluation

ALICE, Teilchen und Detektoren, KONTAKT



Evaluation in
Masterclasses,
Workshops und Studierenden-Seminaren

NETZWERK
TEILCHENWELT

How to deonstrate the scale of the experiemtn

