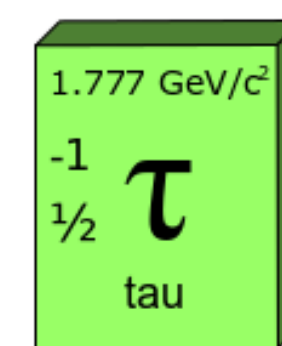
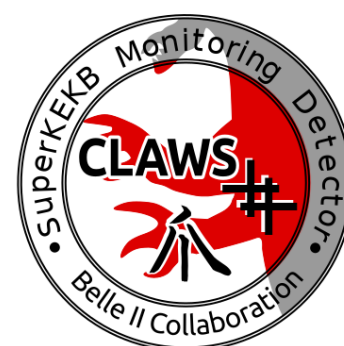


SuperKEKB und Belle II

Thomas Kraetzschmar

MAX PLANCK INSTITUTE
FOR PHYSICS



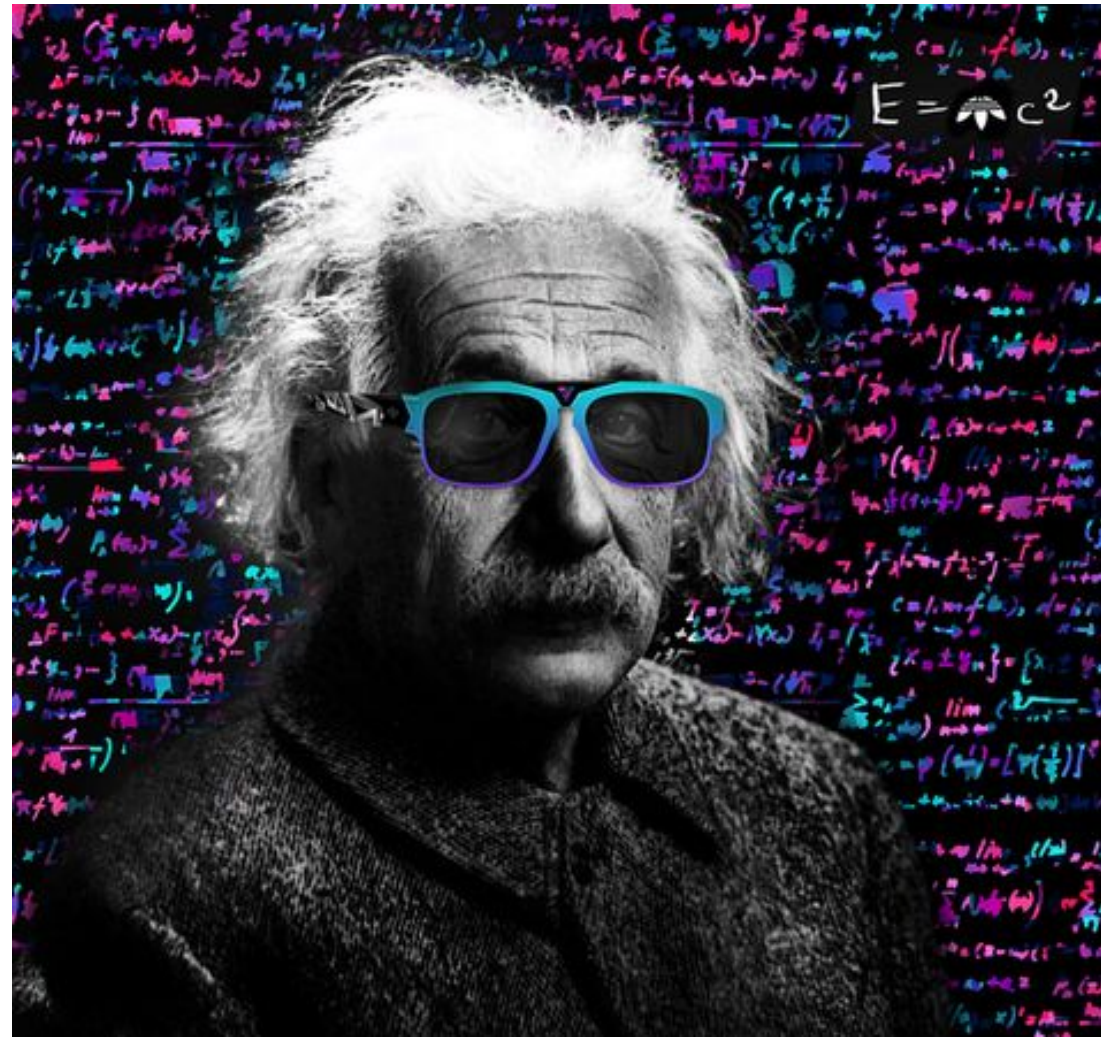
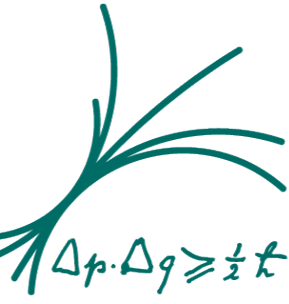
Überblick



- Eine Teilchen Fabrik? - WTF?
 - Prinzip: Wie macht man Teilchen?
 - Funktionsweise: Ich bau mir einen Teilchen Beschleuniger
 - SuperKEKB
- Belle II: Eine sehr teure Kamera!
 - Physikseption! - Physik von Physik für Physik
 - Aufbau
 - Program -Was suchen wir eigentlich?



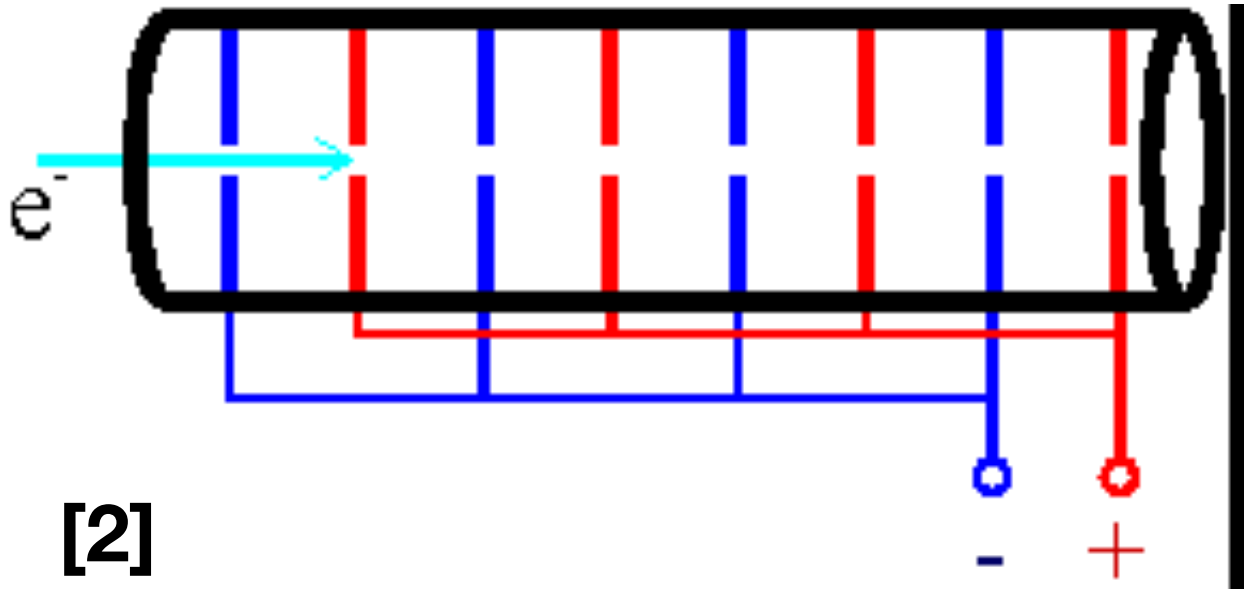
Wie macht man Teilchen?



[1]

Mr. $E = mc^2$

Alias: Albert Einstein



[2]

Kochrezept

Zutaten

2 Teilchen (e^- oder Protonen)
etwas Energie (einige GeV)

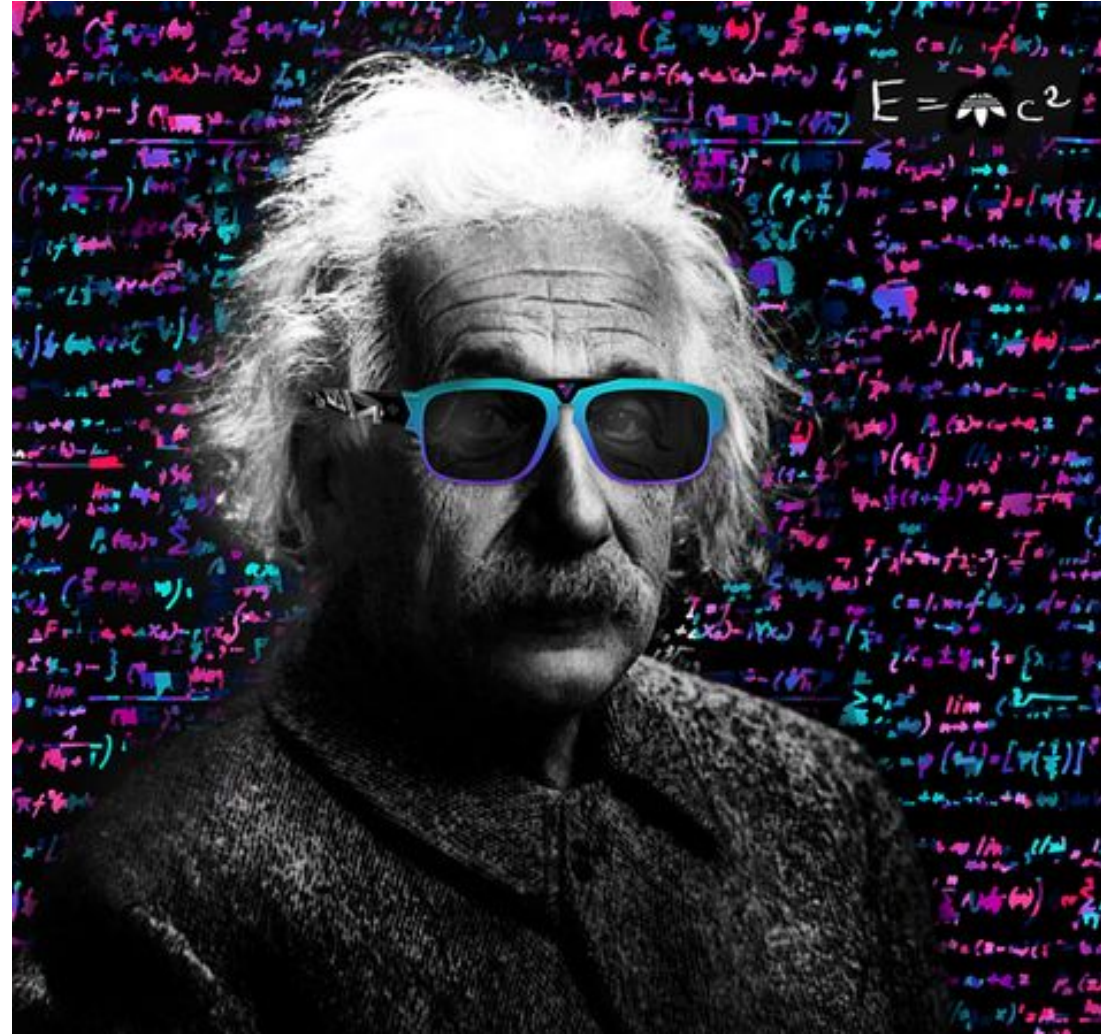
1. Nutze die Energie zum
beschleunigen der Teilchen

2. Lasse die Teilchen
aufeinanderkrachen

Zack Bum Fertig: Neue Teilchen!

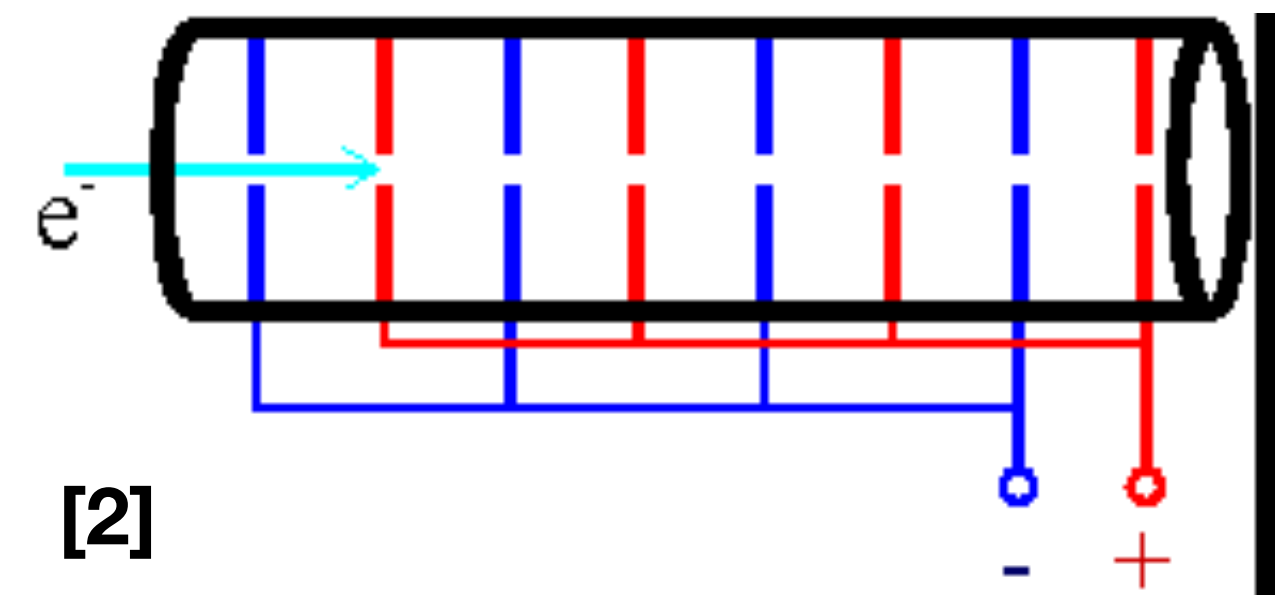


Wie macht man Teilchen?



[1]

Mr. $E = mc^2$
Alias: Albert Einstein



[2]

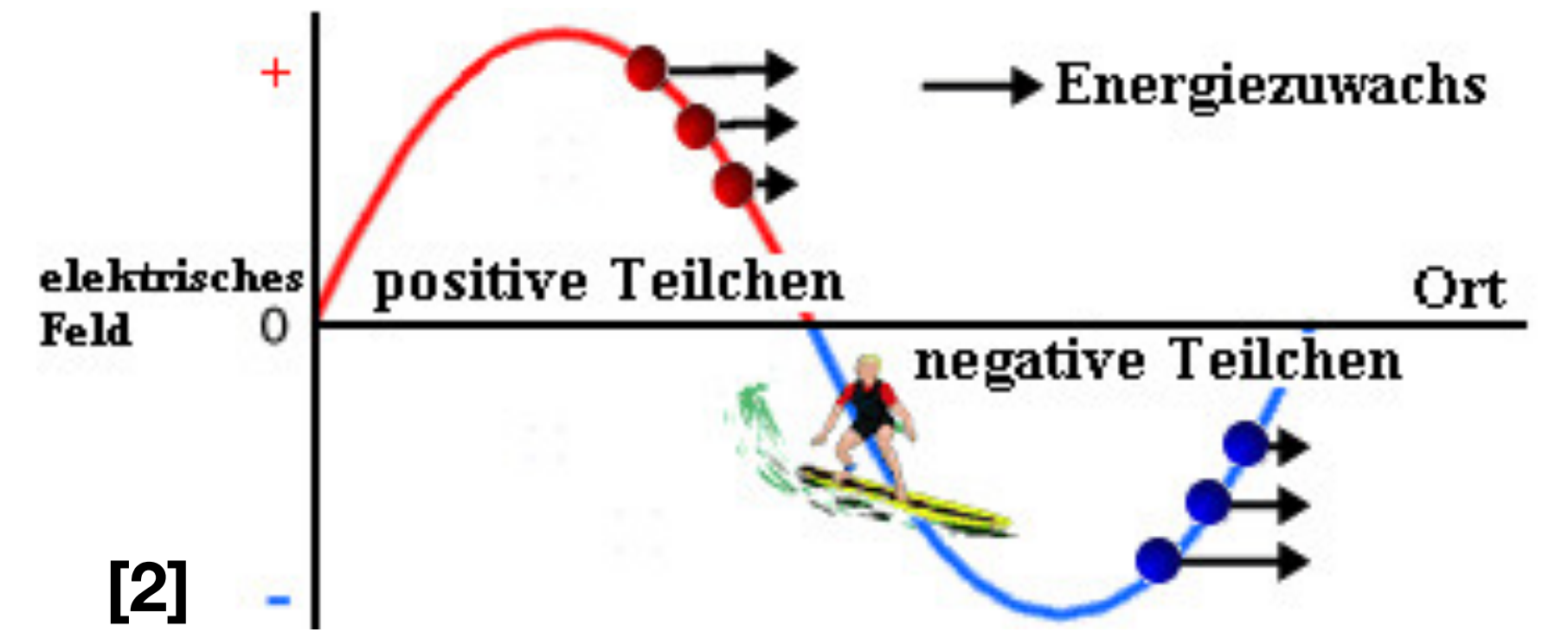
Kochrezept

Zutaten

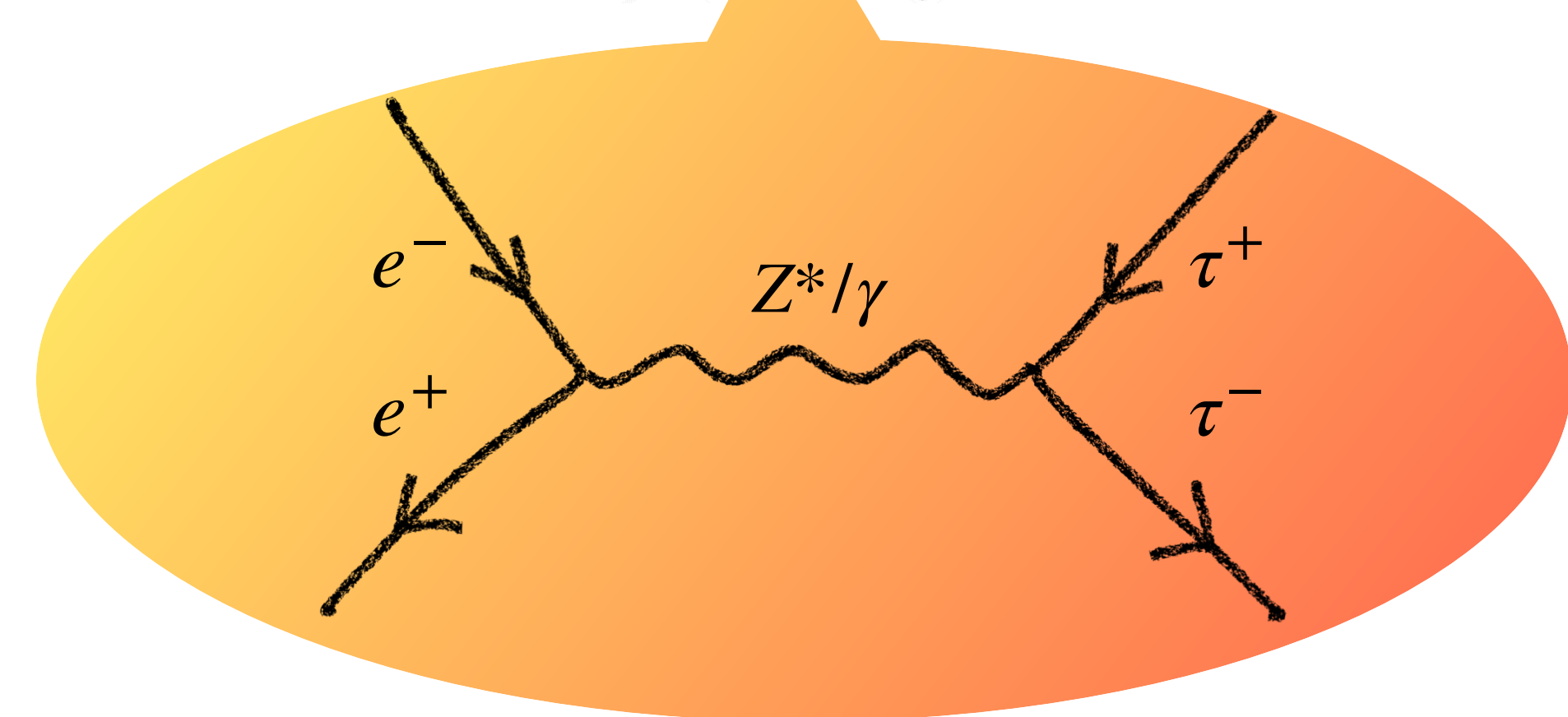
- 2 Teilchen (e^- oder Protonen)
- etwas Energie (einige GeV)

1. Nutze die Energie zum beschleunigen der Teilchen
2. Lasse die Teilchen aufeinander krachen

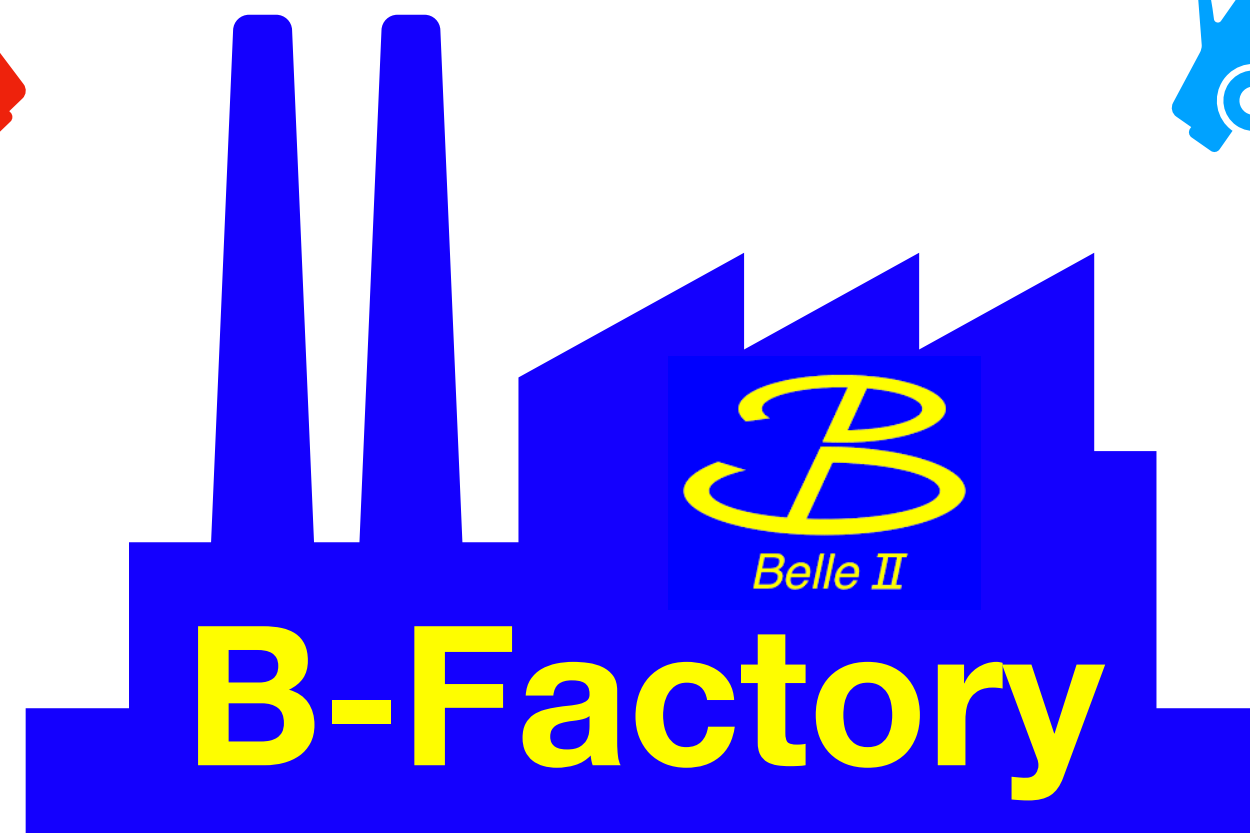
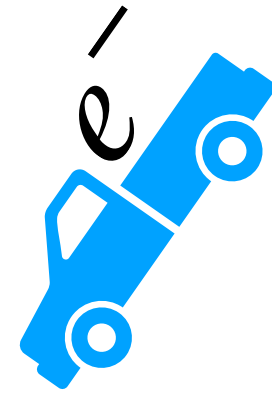
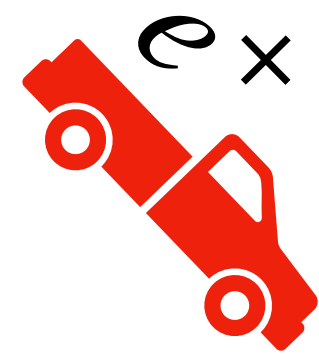
Zack Bum Fertig: Neue Teilchen!



[2]



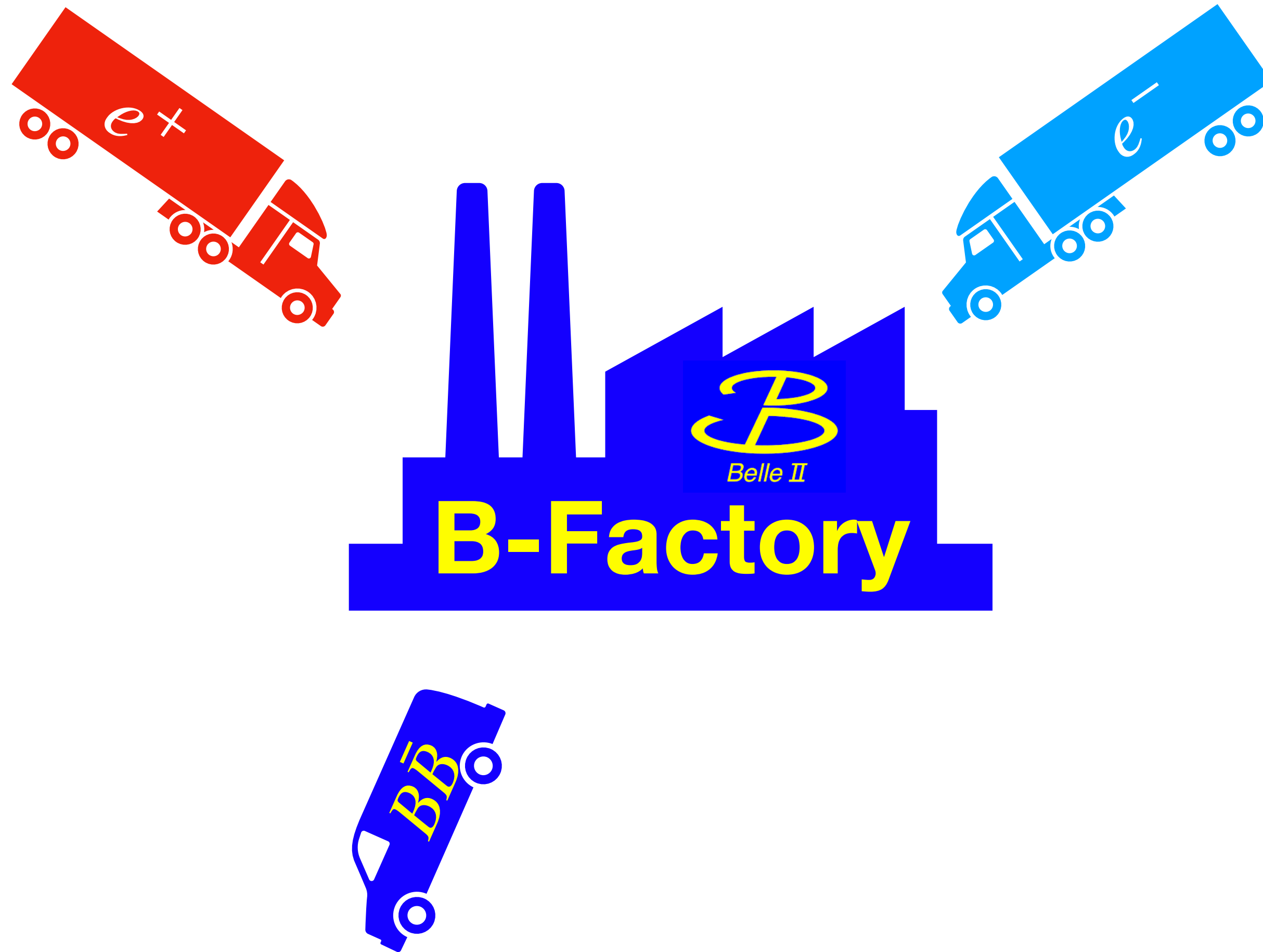
WTF? Eine Teilchenfabrik?



- Idee: produziere so viele Teilchen, einer bestimmten Sorte, so rein wie möglich!
 1. Die richtige Energie:
Richte die Fabrik auf die “Resonanz” aus.
 2. Das richtige Verfahren:
Wähle das richtige Produktionsverfahren.



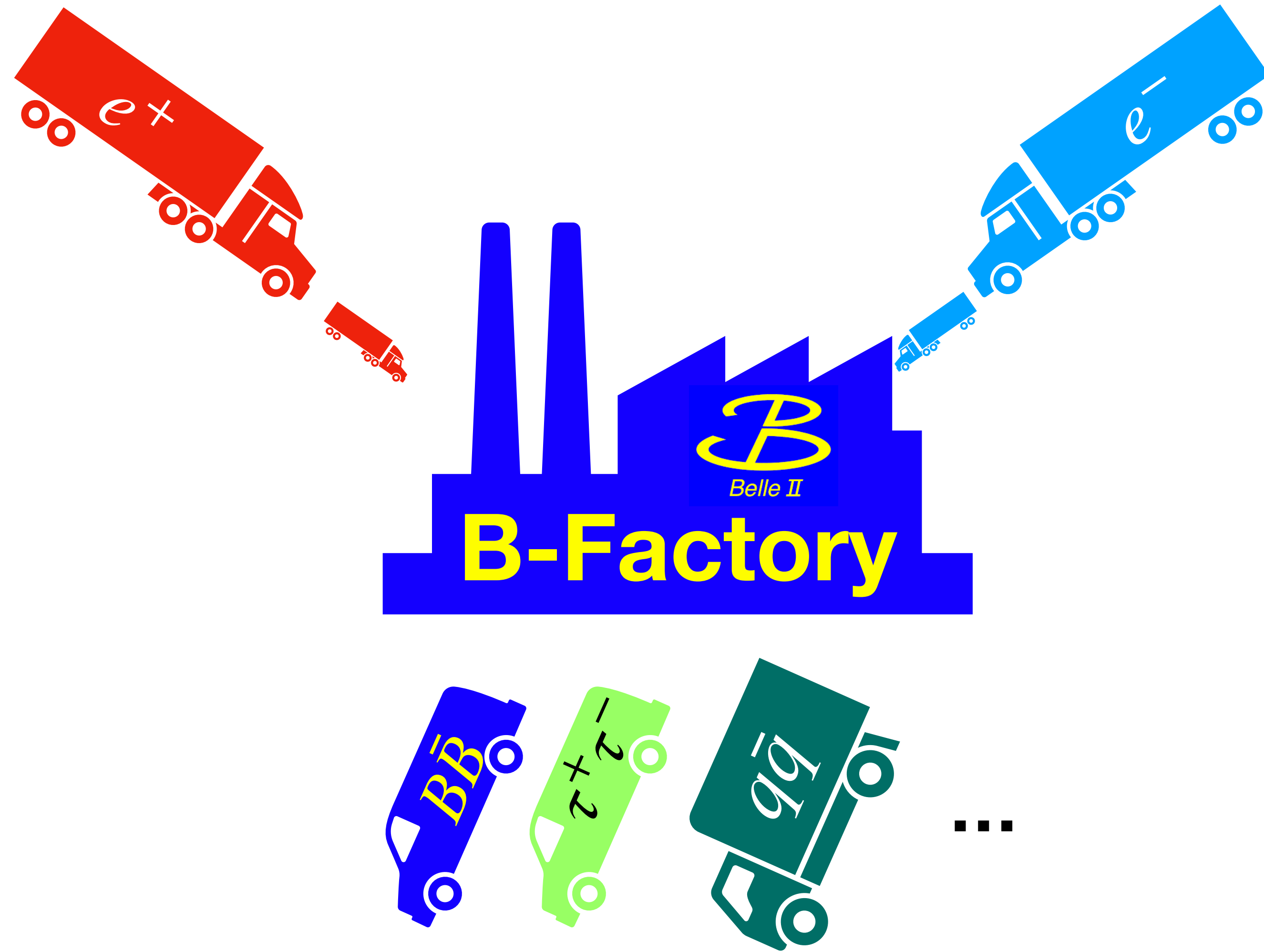
WTF? Eine Teilchenfabrik?



- Idee: produziere so viele Teilchen, einer bestimmten Sorte, so rein wie möglich!
 1. Die richtige Energie:
Richte die Fabrik auf die “Resonanz” aus.
 2. Das richtige Verfahren:
Wähle das richtige Produktionsverfahren.
 3. Nicht kleckern - Klotzen!: So viele Kollisionen wie möglich.



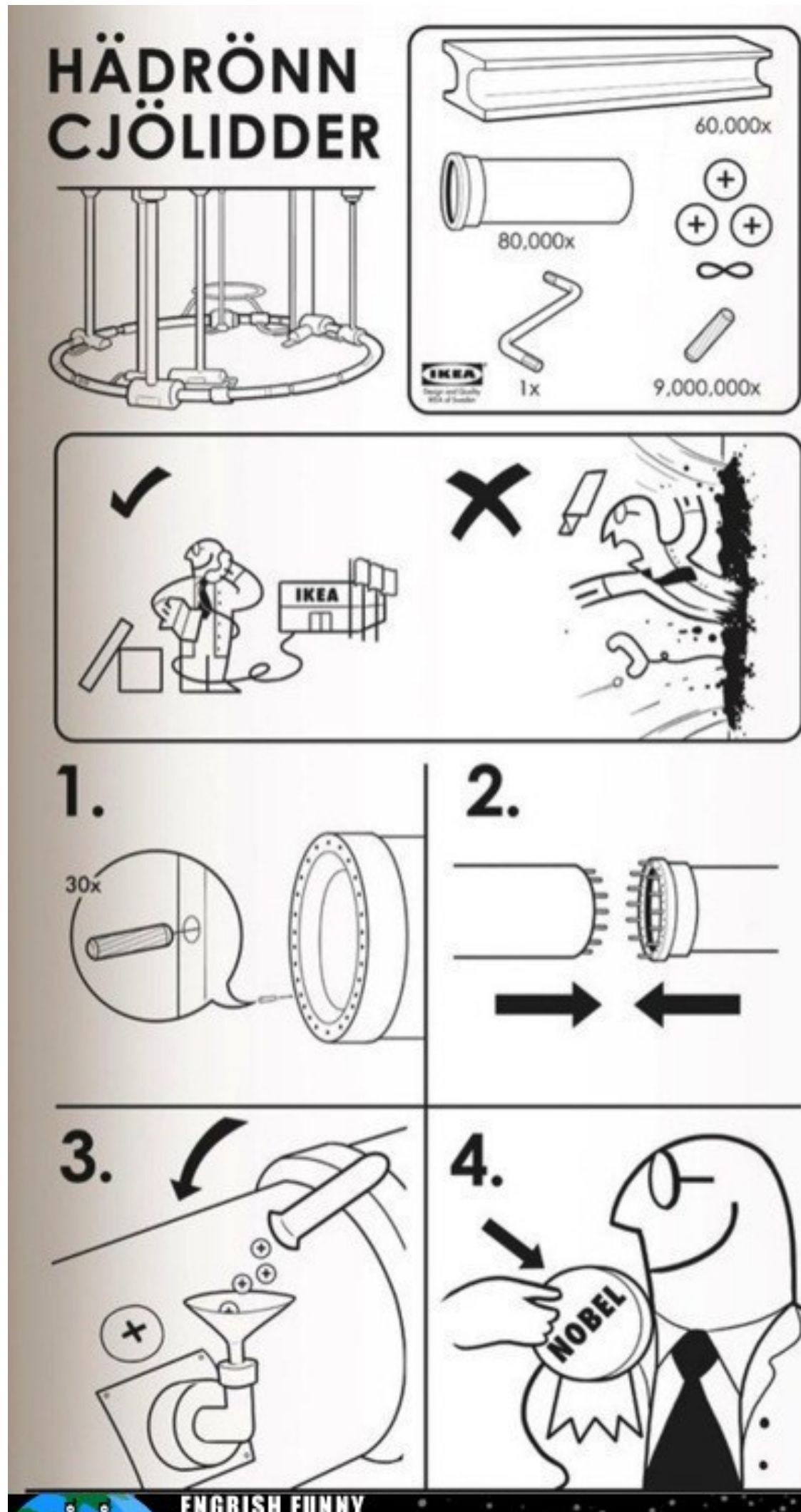
WTF? Eine Teilchenfabrik?



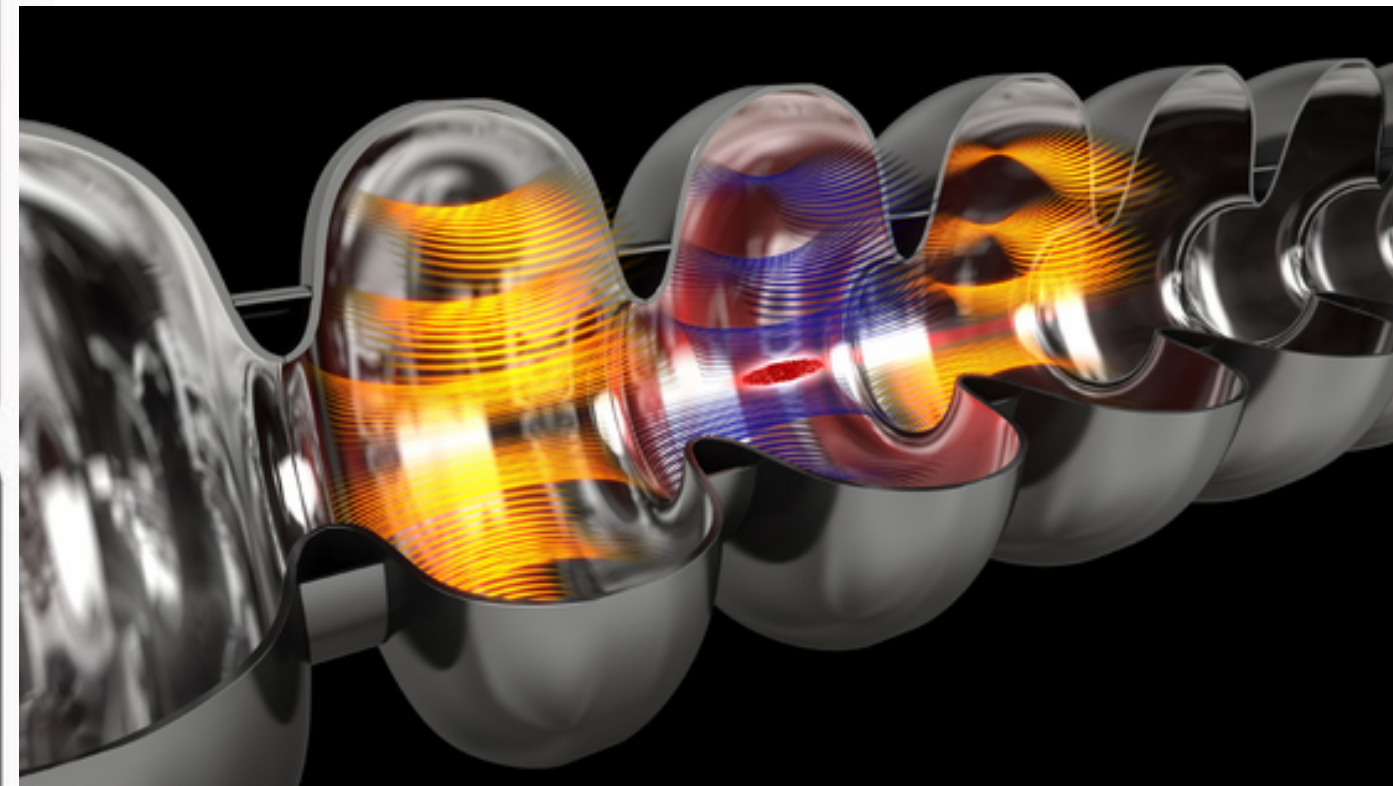
- Idee: produziere so viele Teilchen, einer bestimmten Sorte, so rein wie möglich!
 1. Die richtige Energie: Richte die Fabrik auf die “Resonanz” aus.
 2. Das richtige Verfahren: Wähle das richtige Produktionsverfahren.
 3. Nicht kleckern - Klotzen!: So viele Kollisionen wie möglich.
- Man produziert nicht nur eine Sorte!



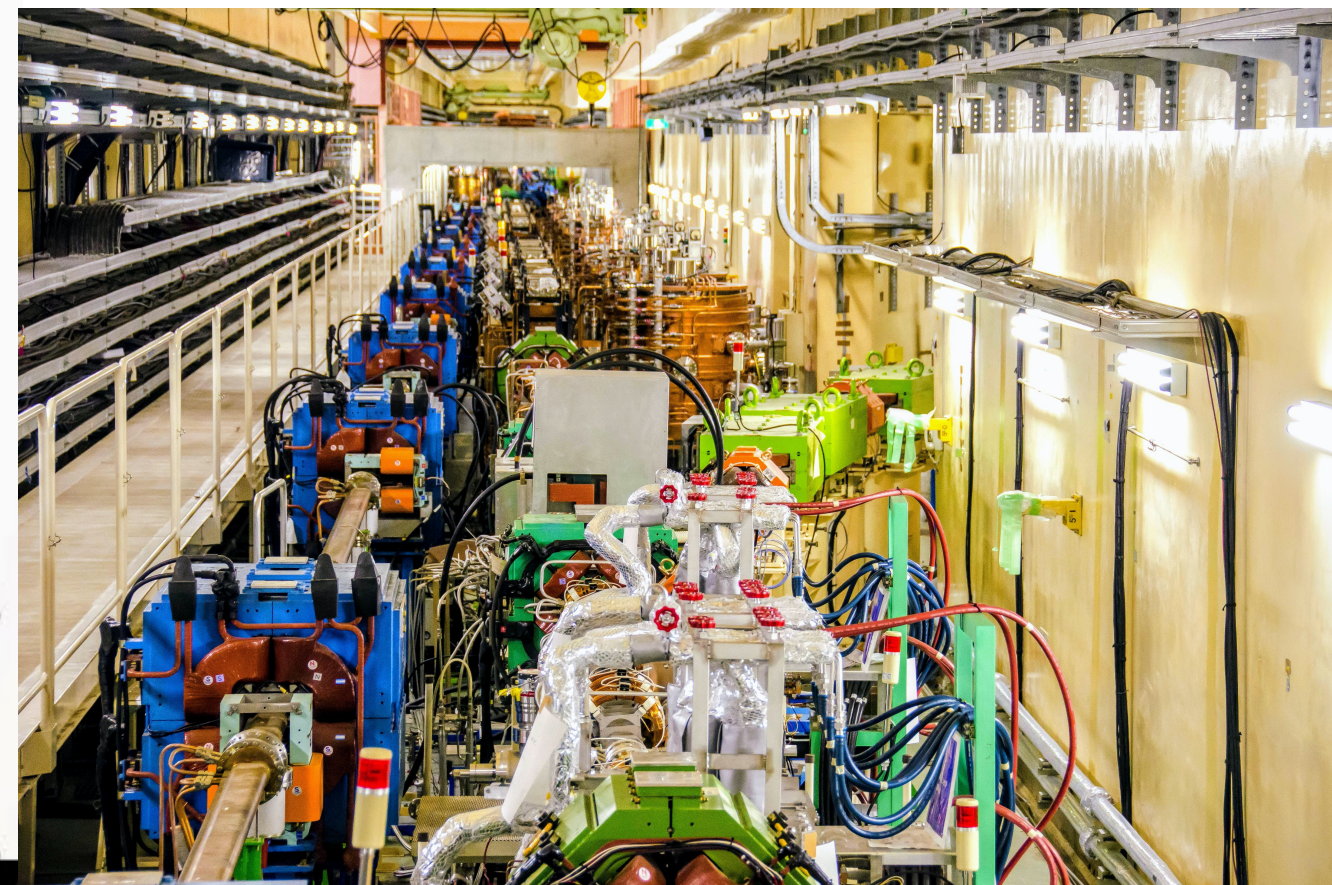
Ich bau mir einen Teilchenbeschleuniger



Hohlraumresonator [4]



Beschleuniger im Tunnel [5]



- Teilchen werden in Vacuum Röhren beschleunigt
- Verhindert aufeinanderprallen der Teilchen mit Luftteilchen
- Beschleuniger sind Kreisförmig um die Teilchen immer wieder verwenden zu können
- Magnete lenken die Teilchen auf eine Kreisbahn.



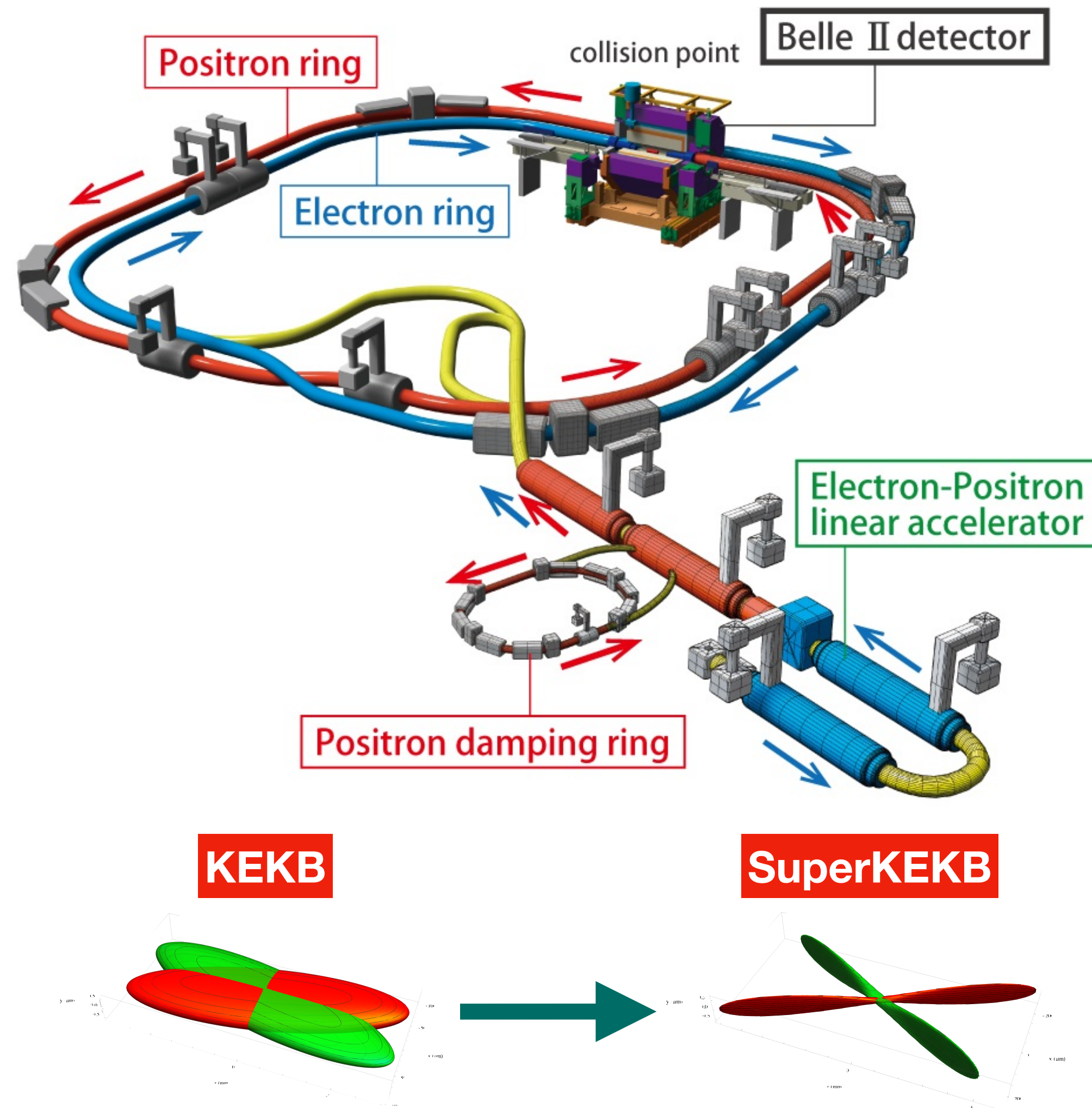
SuperKEKB und Belle II



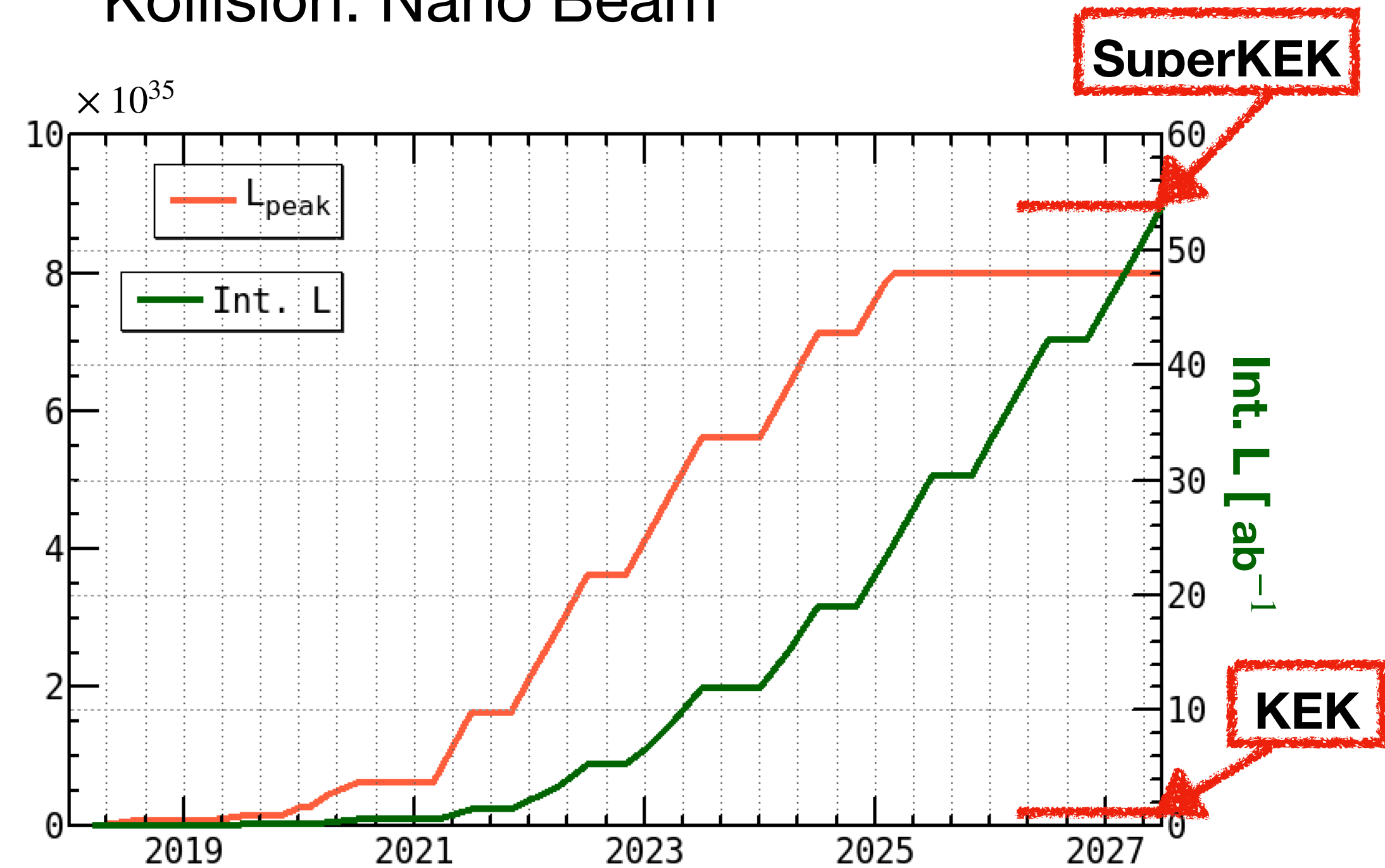
- Belle II ist der Detektor an der (super) *B*-Factory SuperKEKB
- In Japan am Forschungsinstitut für Hochenergiephysik



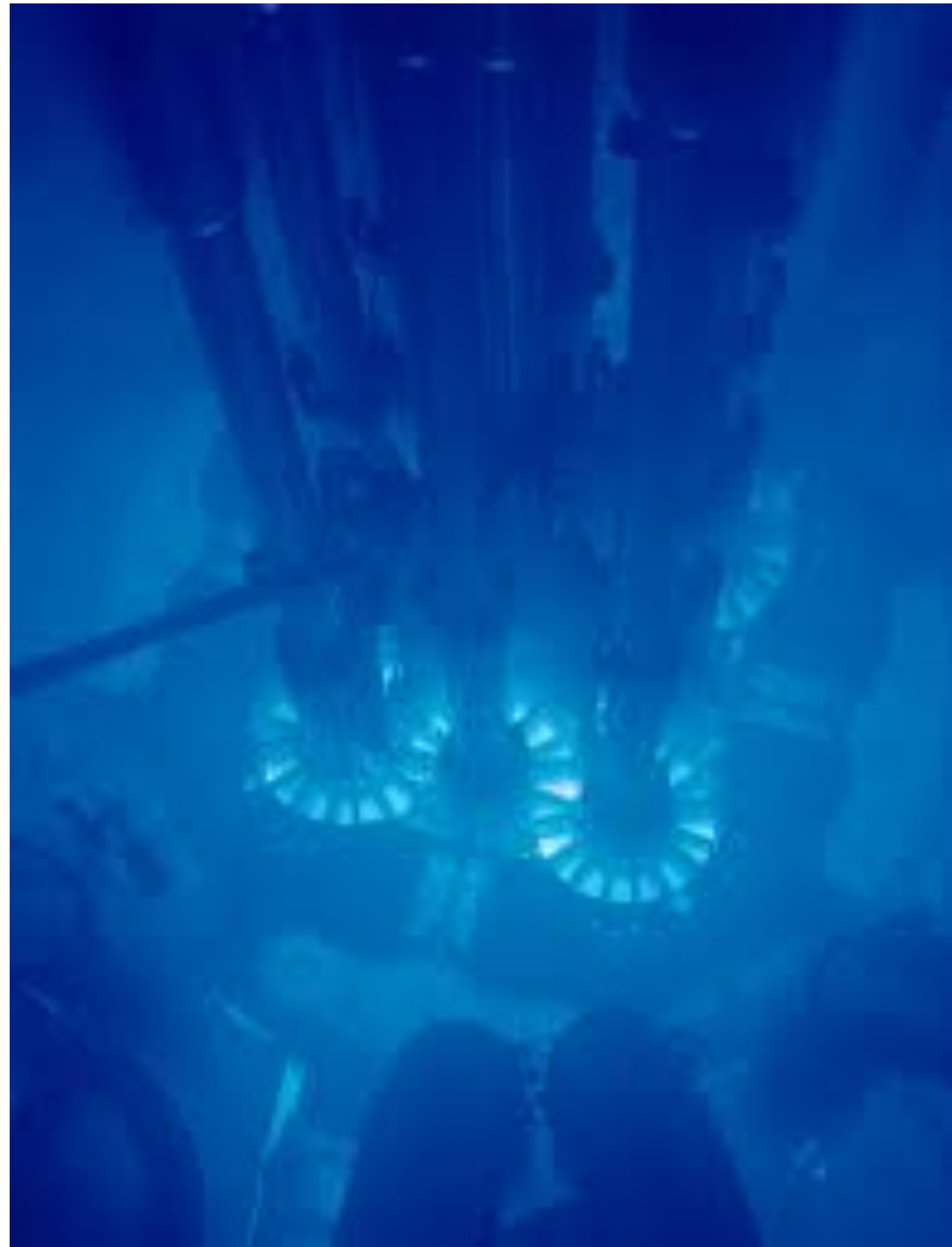
SuperKEKB



- Ist eine B-Mesonen Fabrik der nächsten Generation
- Getrennte Ringe für e^+ und e^-
- Neue innovative Methode der Teilchen Kollision: Nano Beam



Physikseption



[7]

- Physik von Physik für Physik?
Was sind die Grundlegenden Effekte? Oder
Wie Funktioniert ein Teilchendetektor?
- Tscherenkow-Strahlung
- Quantenphysik



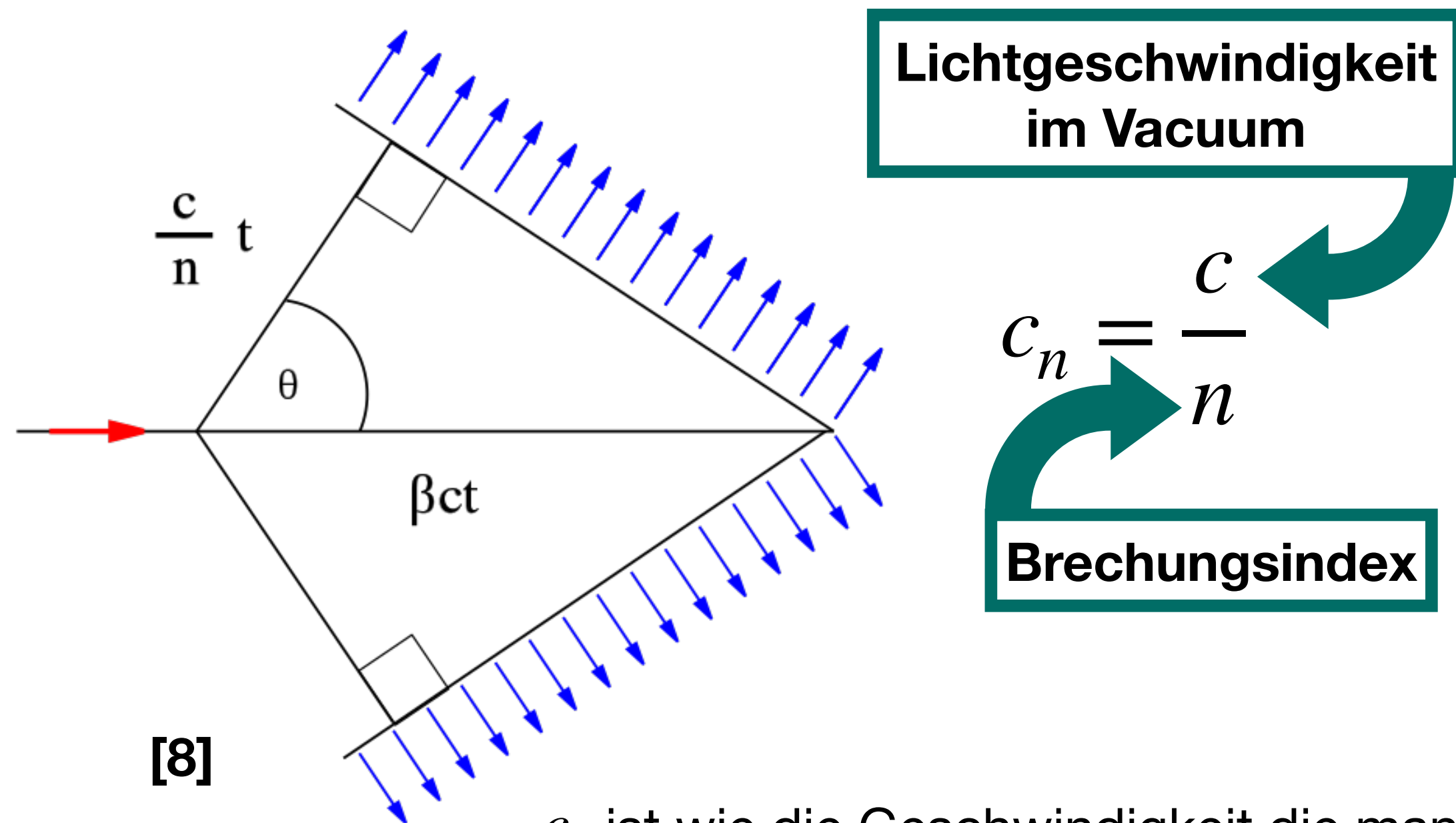
[6]



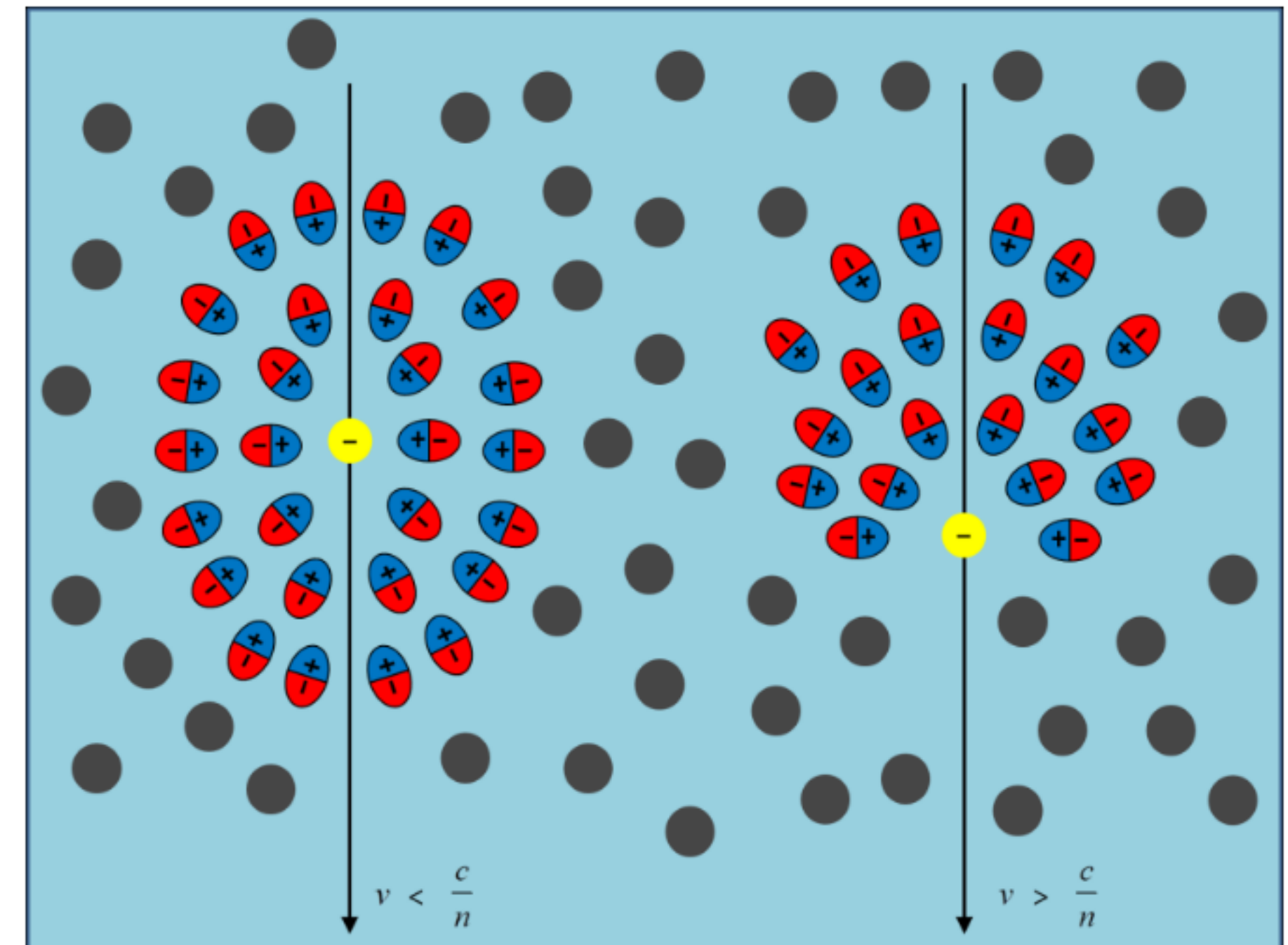
Tscherenkow-Strahlung



- Geladene Teilchen ...
- ... die **schneller** sind als die Lichtgeschwindigkeit ...
- ... in dem Material
- Geladene Teilchen erzeugen ein elektrisches Feld \vec{E}
- Absorbiert für $v < c_n$
- Sichtbar für $v > c_n$



c_n ist wie die Geschwindigkeit die man fahren solte, wenn schlechtes wetter ist.



[9]

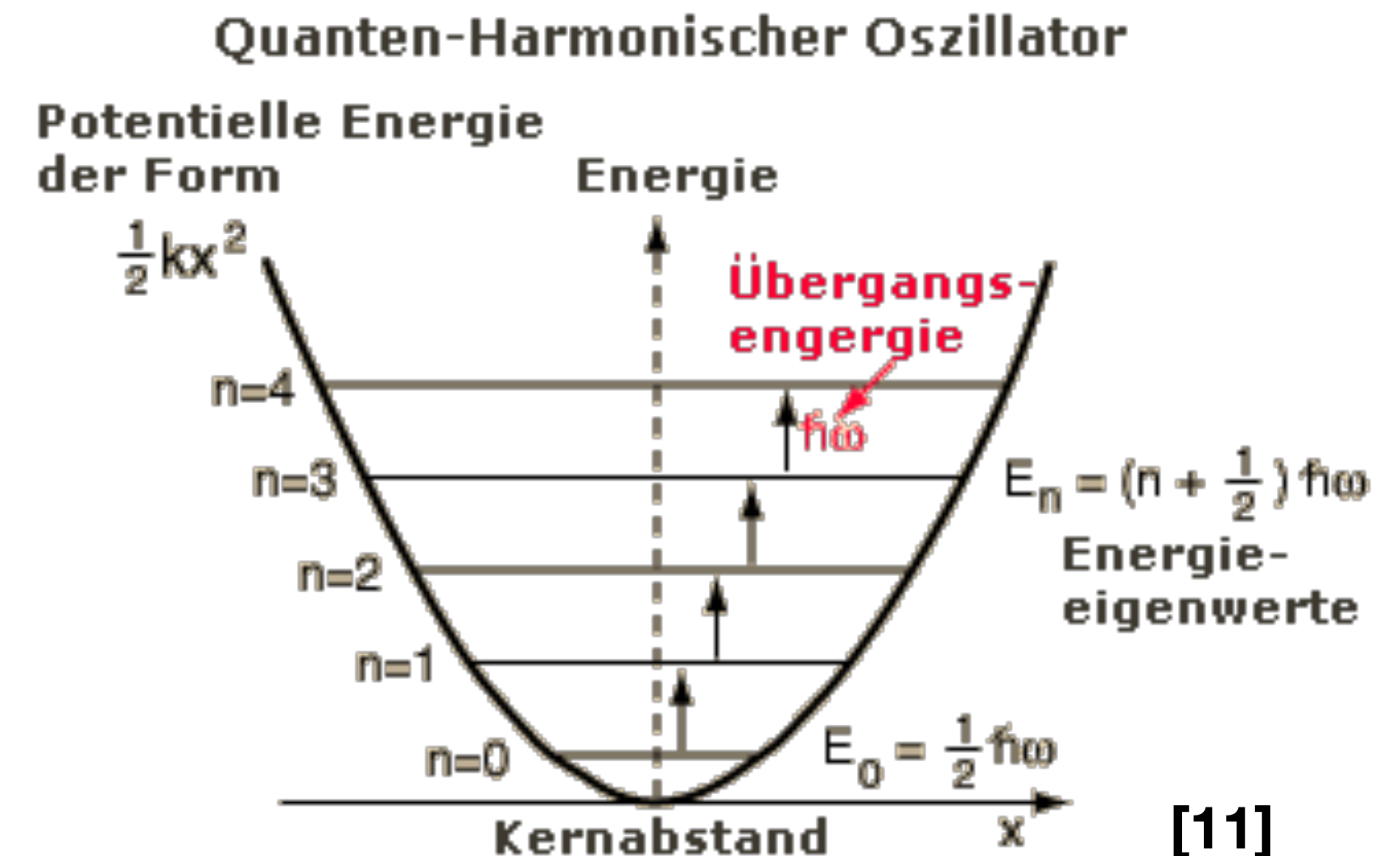
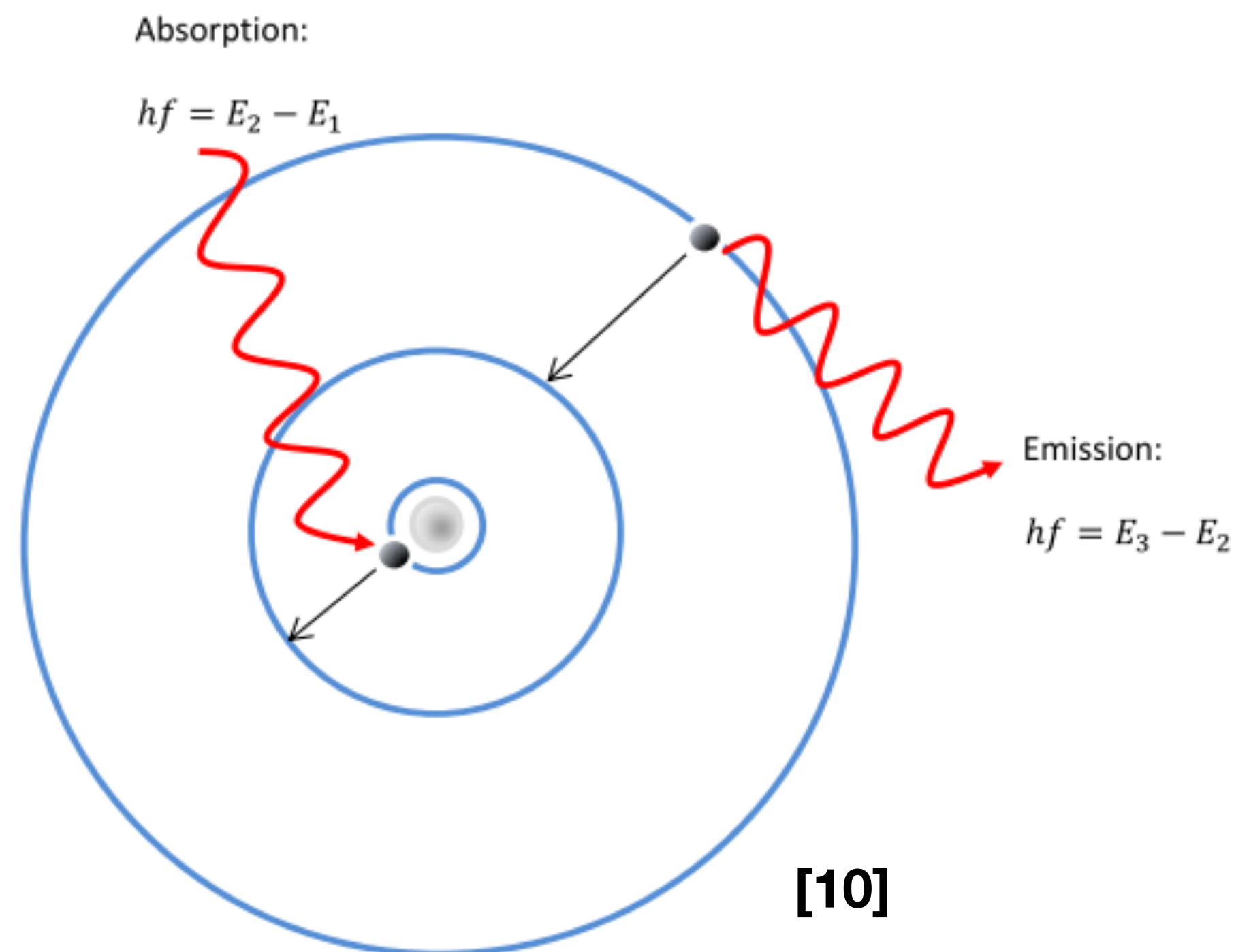


Quantenphysik

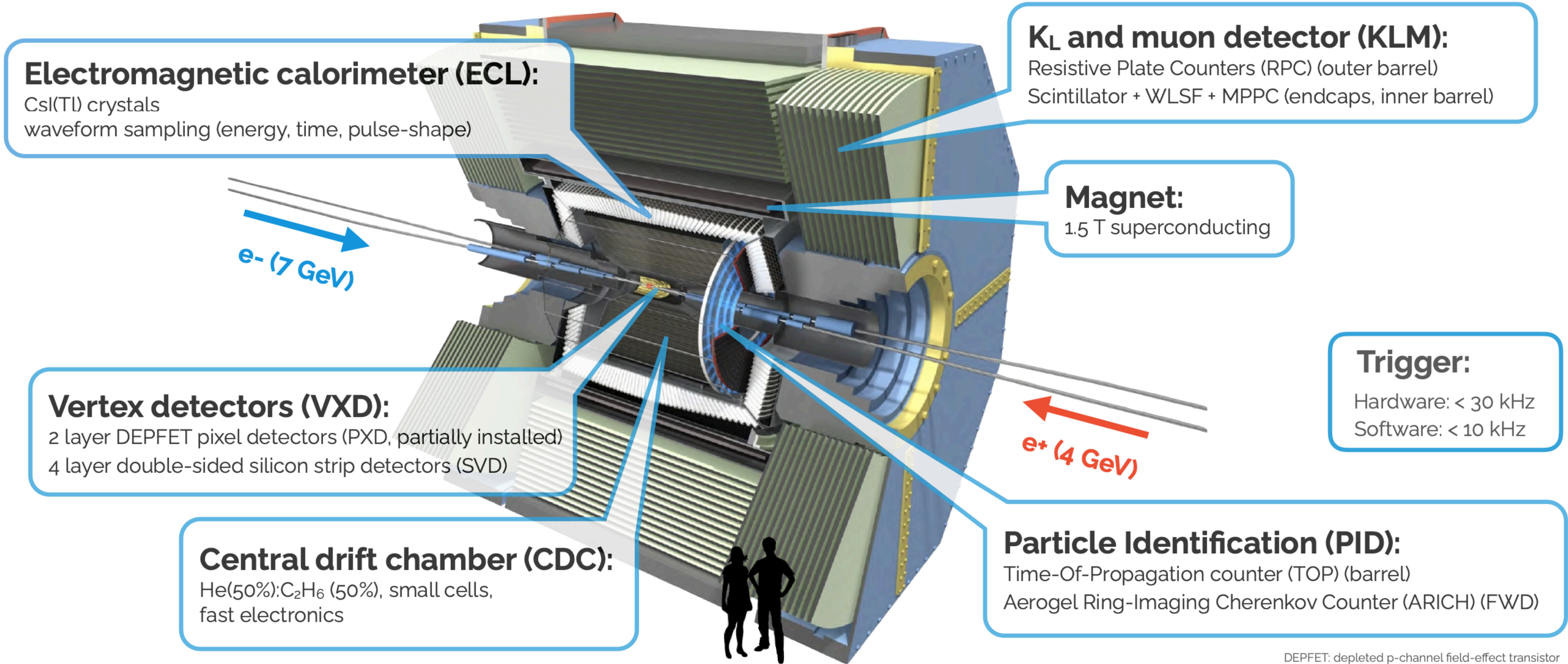


- 2 Prinzipien:
 - Die Welt ist gestückerl
 - Alles hat eine Wahrscheinlichkeit

- Verwendet:
 - Szintillatoren: erzeugen Licht
 - Halbleitern: es fließt ein Strom
 - Driftkammern: Drift geladener Teilchen



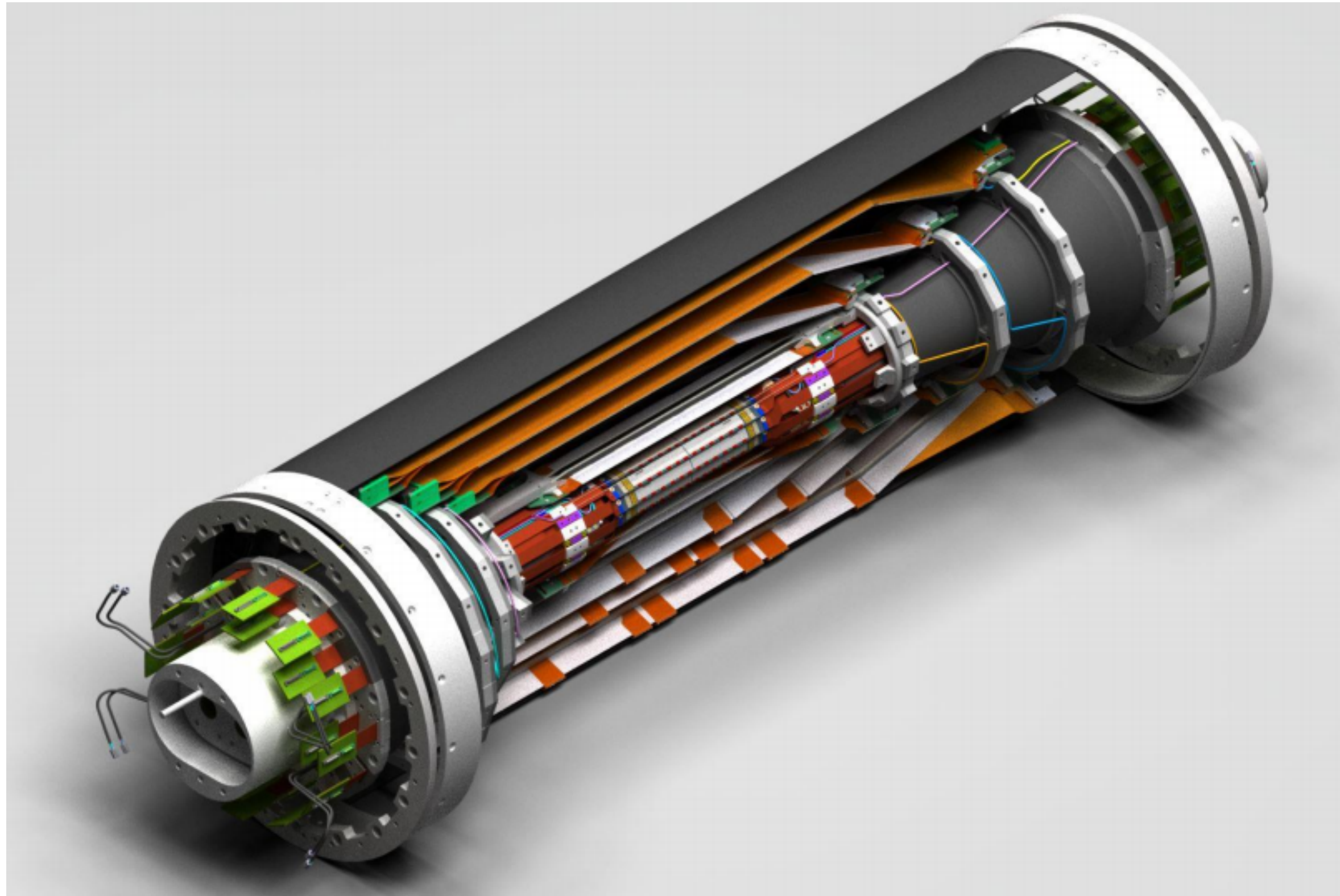
Belle II Detektor



DEPFET: depleted p-channel field-effect transistor
WLSF: wavelength-shifting fiber
MPPC: multi-pixel photon counter



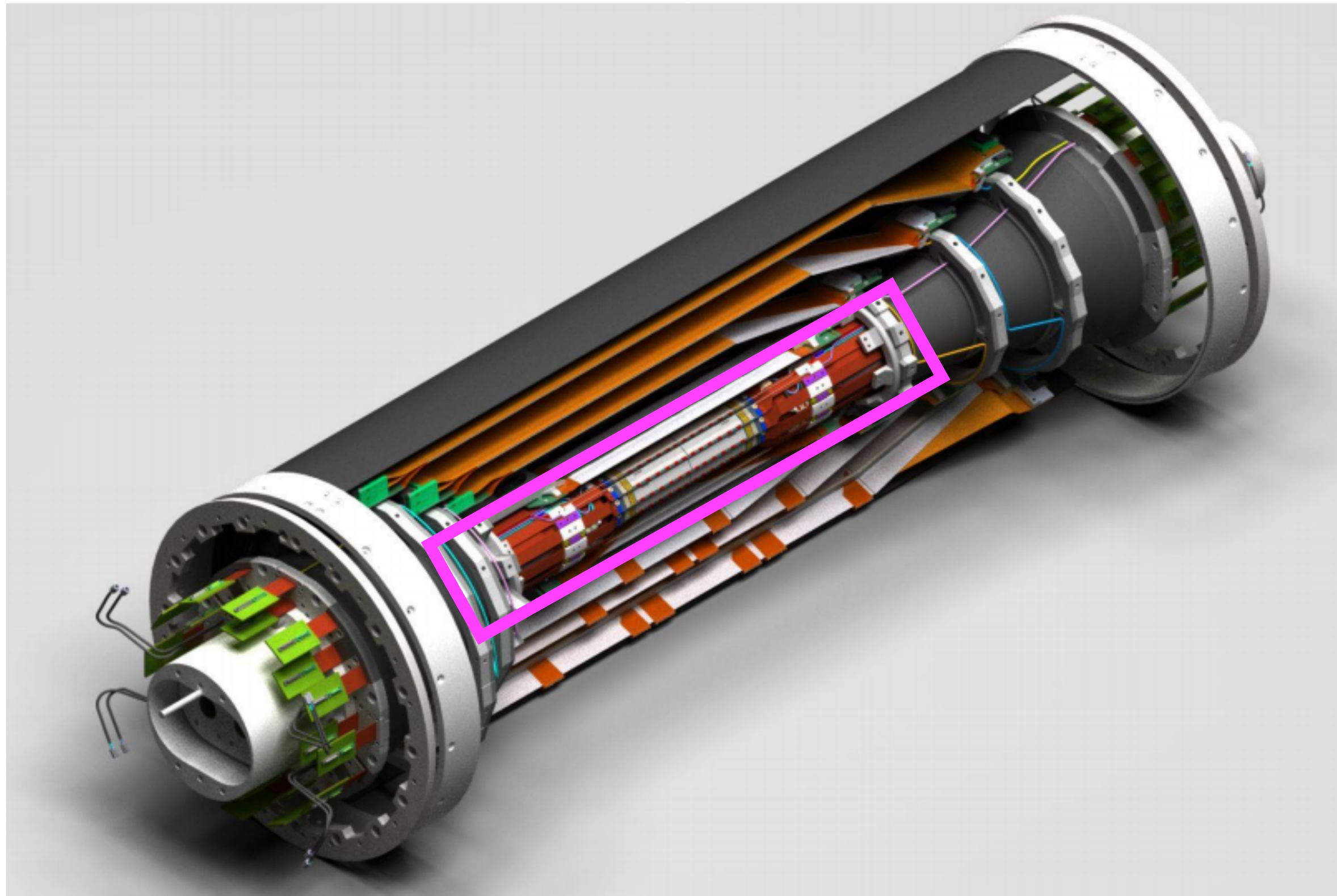
VXD



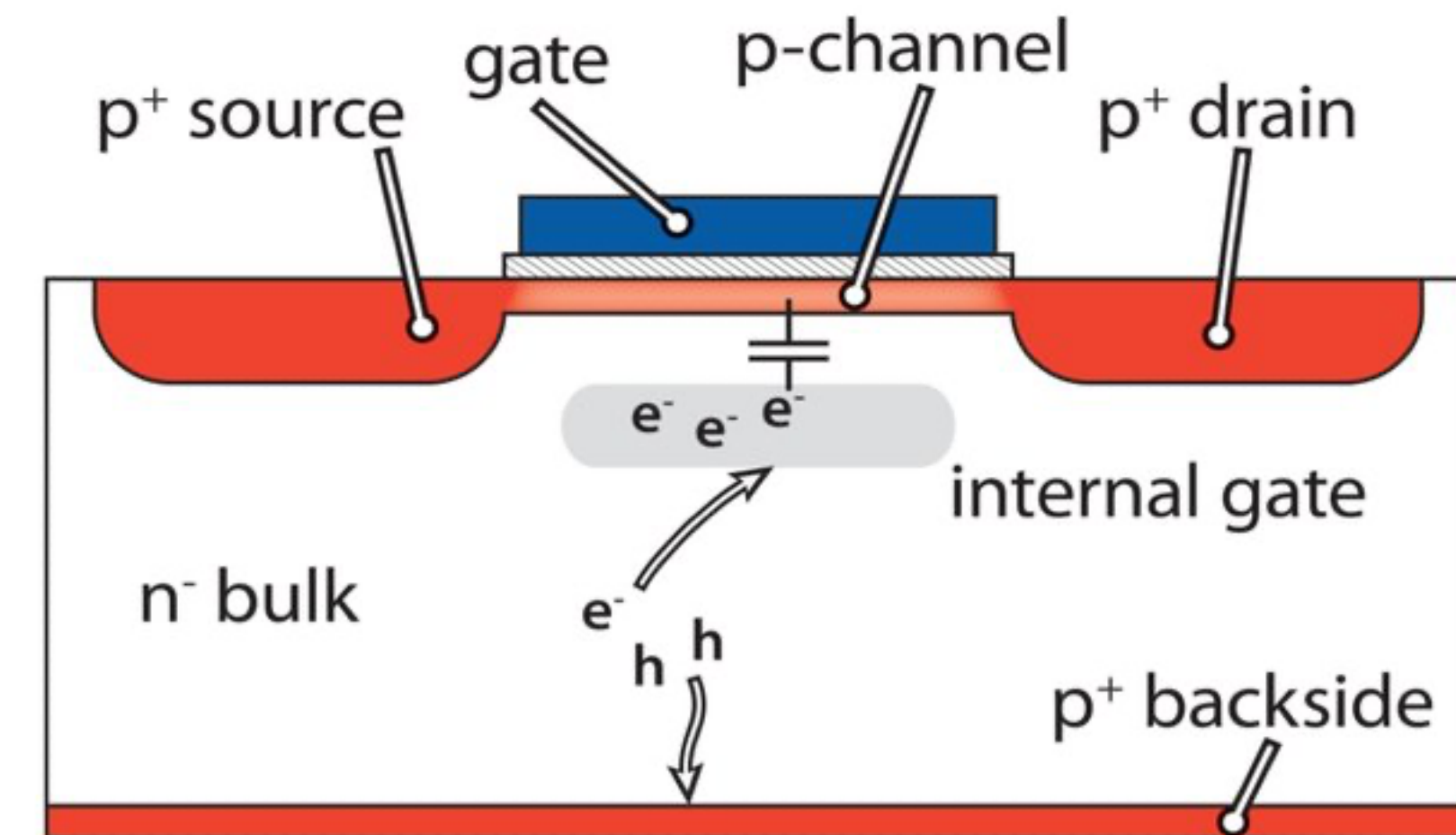
- Vertex Detektor
 - Pixel Detektor (PXD)
 - Silicon Strip Detektor (SVD)
- Der “Pfad” Detektor
 - Sehr präzise Messung der Teilchen Pfade
- SVD
 - Wie bei einem Klavier, sieht man, dass etwas eine Seite angeschlagen wurde.



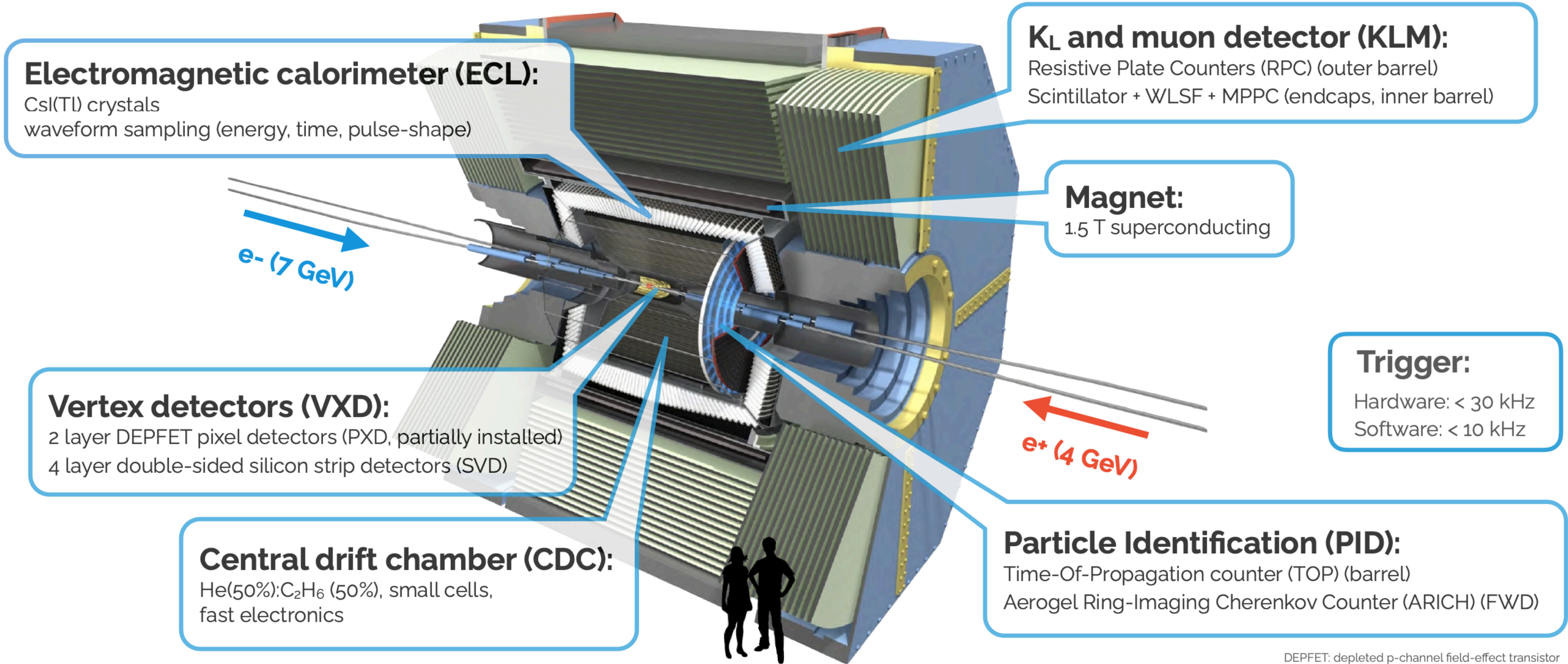
PXD



- Einzelne Pixel, die durchfliegendes ein Teilchen anzeigen
- Nutzt das Sogenannte “DEPFET” Konzept
→ Hier in München Entwickelt!



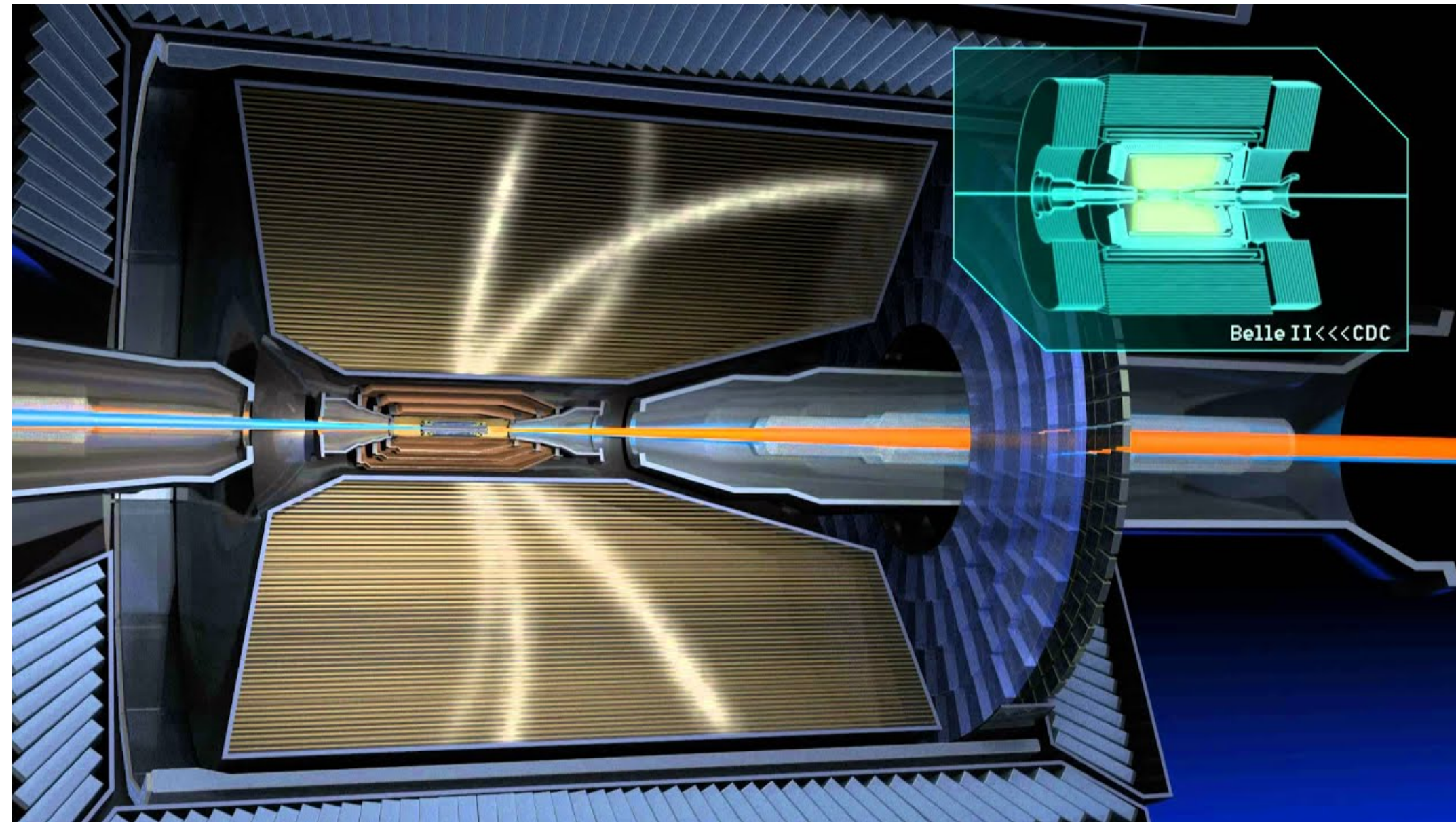
Belle II Detektor



DEPFET: depleted p-channel field-effect transistor
WLSF: wavelength-shifting fiber
MPPC: multi-pixel photon counter



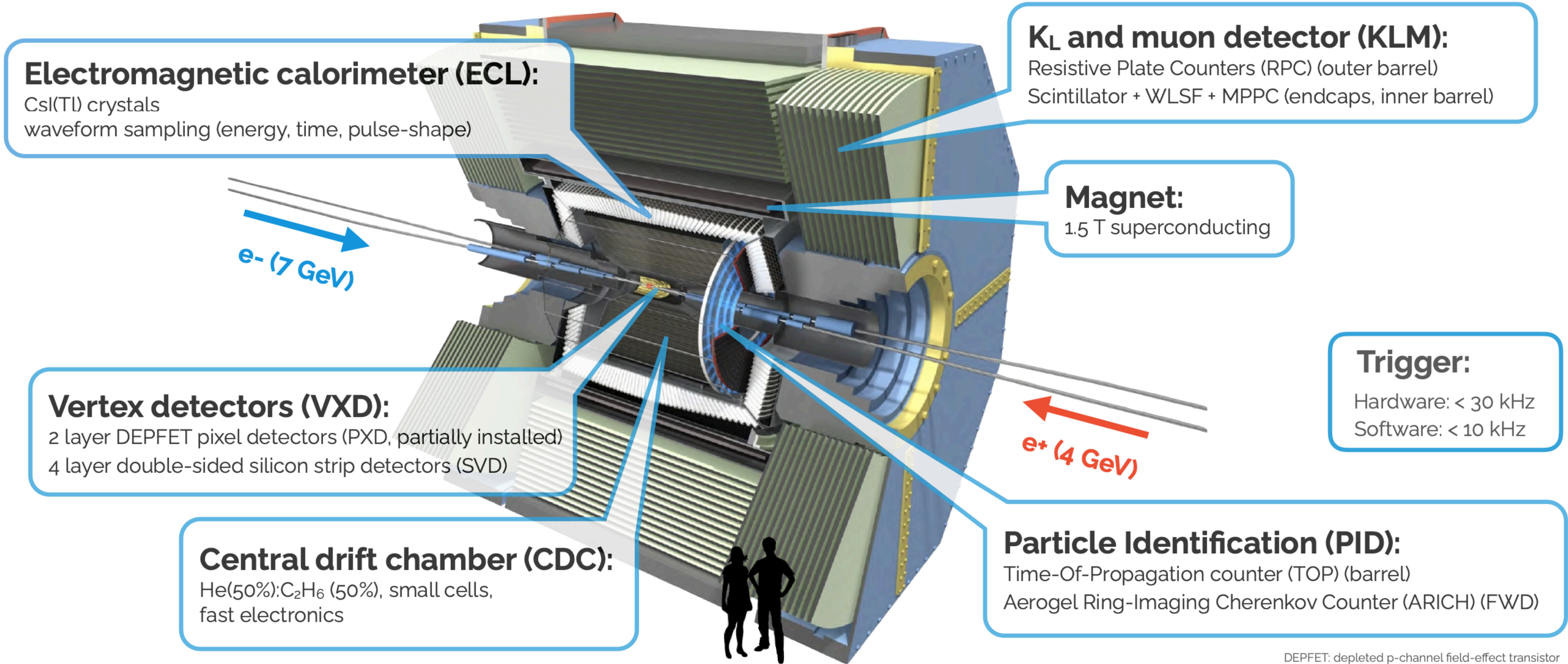
CDC - Die Driftkammer



- Das Haupt Arbeitstier zur Teilchenspuriidentifiaktion
- Besteht aus stark geladenen Drähten in einem Gas
- Teilchen "Ionisieren" das Gas
 - Das Heist, sie trennen Elektronen ab
- Die Ionen und Elektronen Driften, von den Drähten angezogen, zu den Drähten.



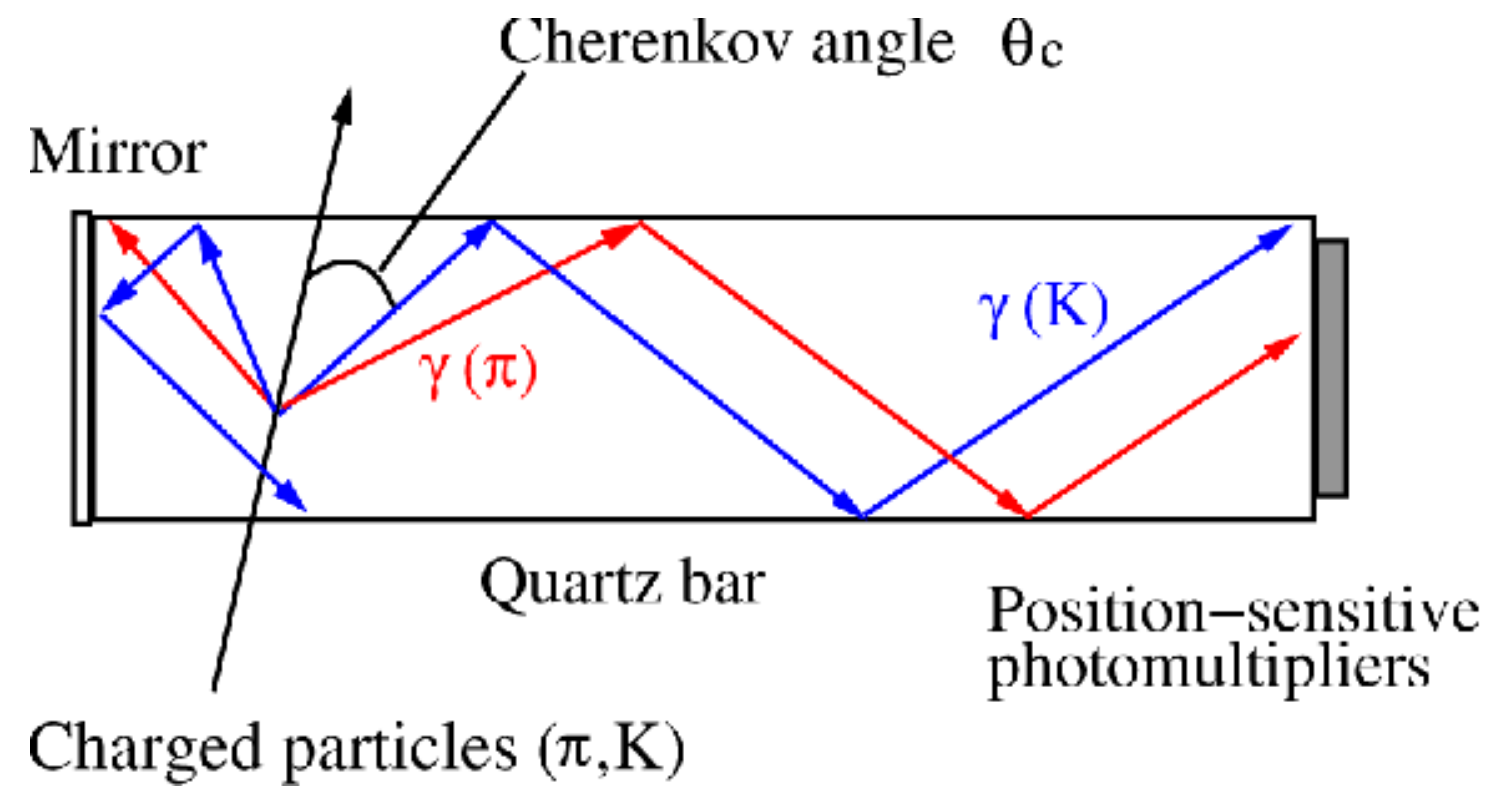
Belle II Detektor



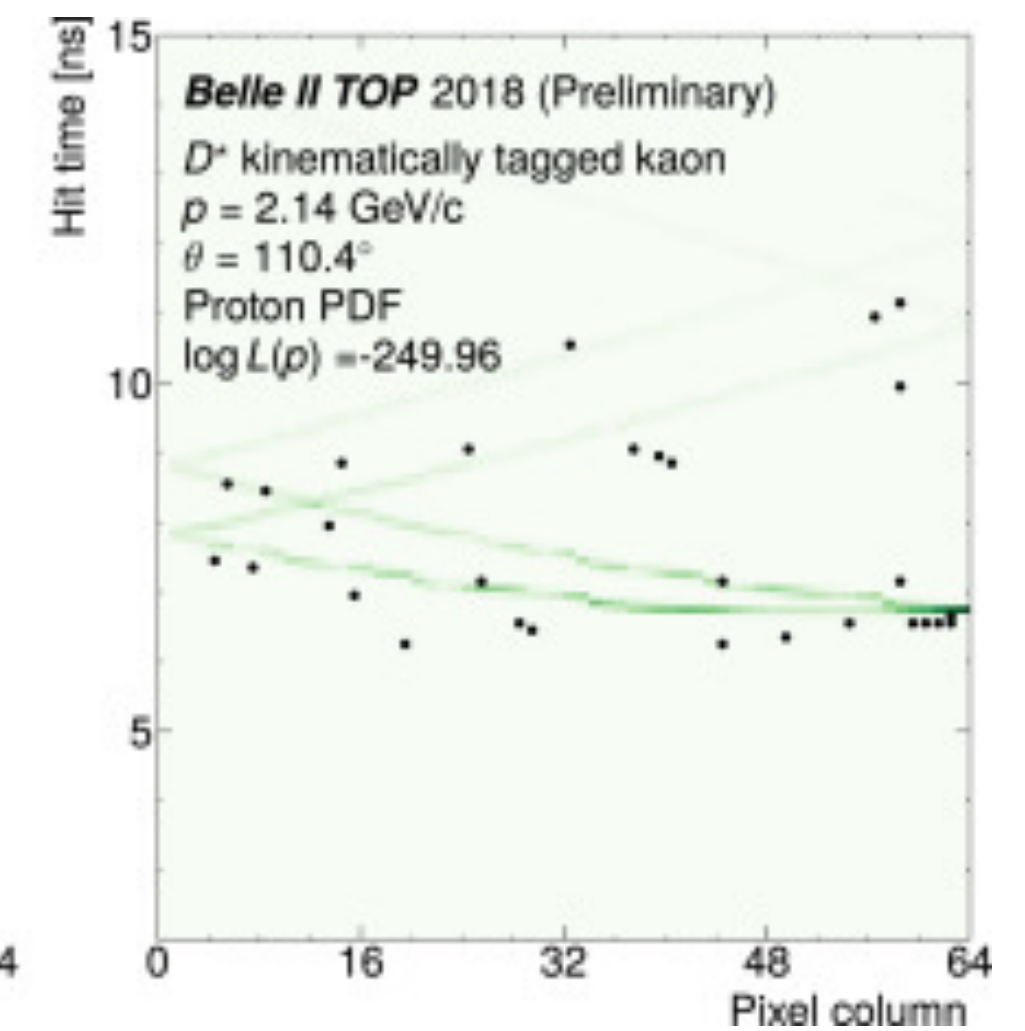
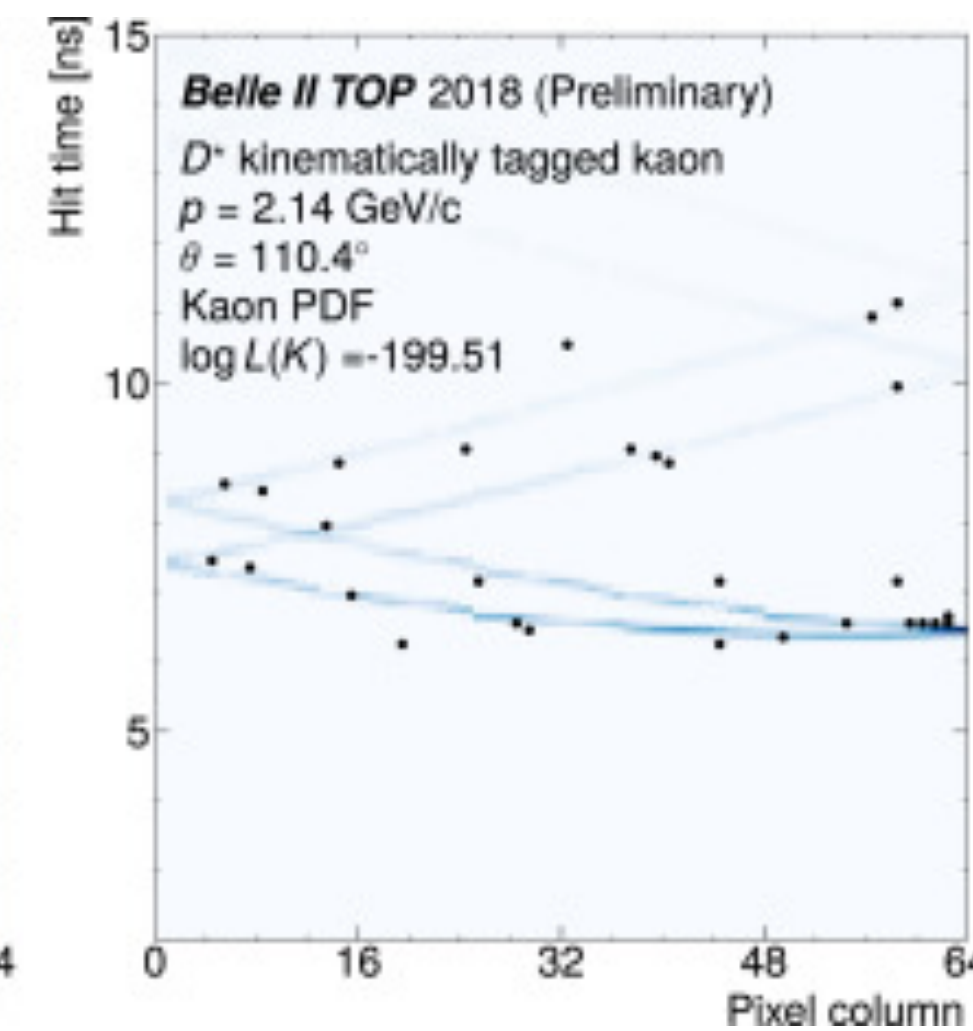
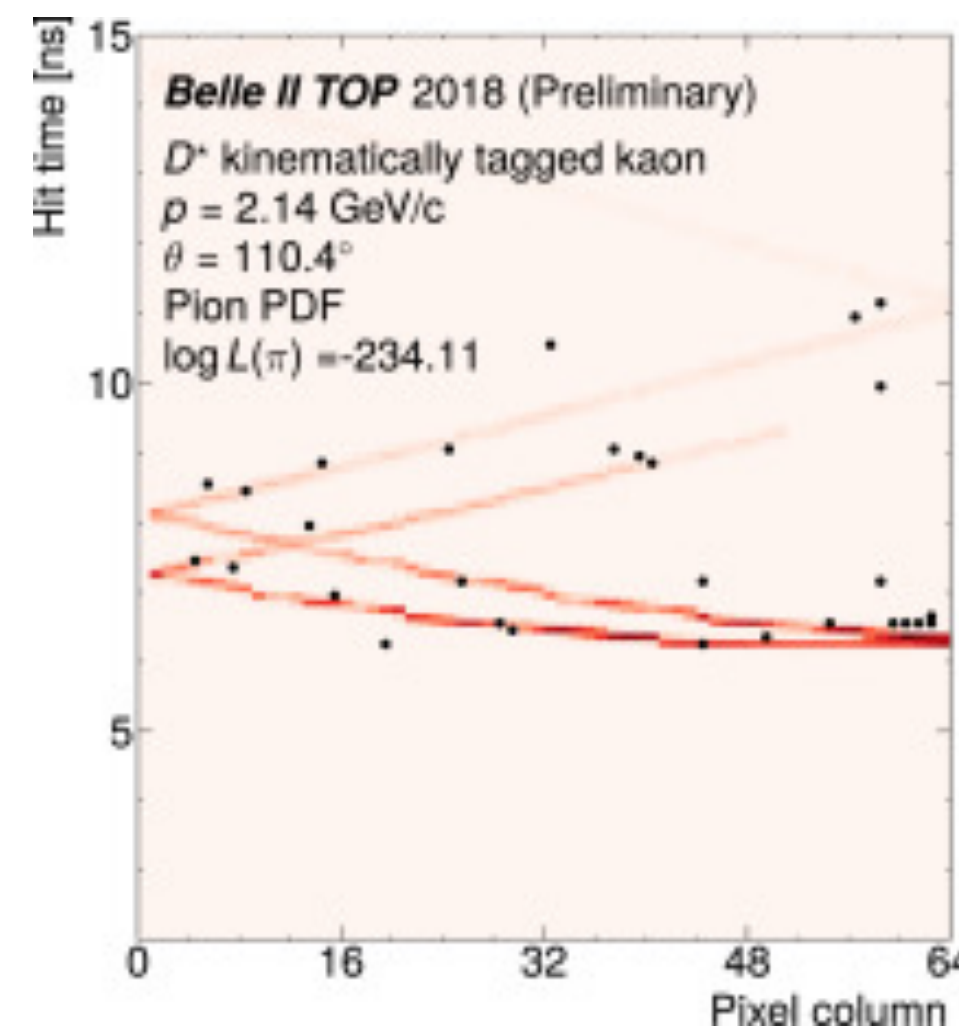
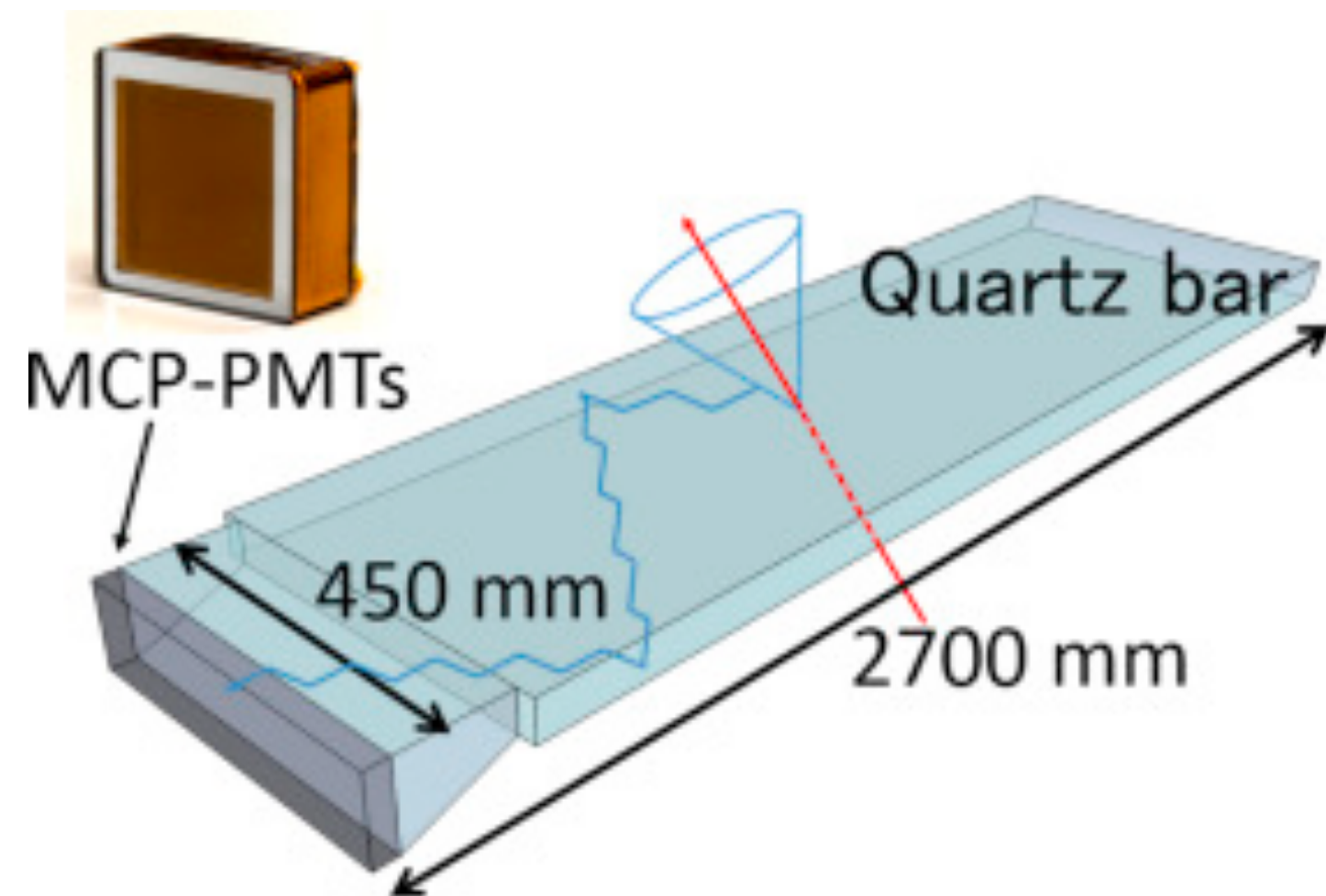
DEPFET: depleted p-channel field-effect transistor
WLSF: wavelength-shifting fiber
MPPC: multi-pixel photon counter



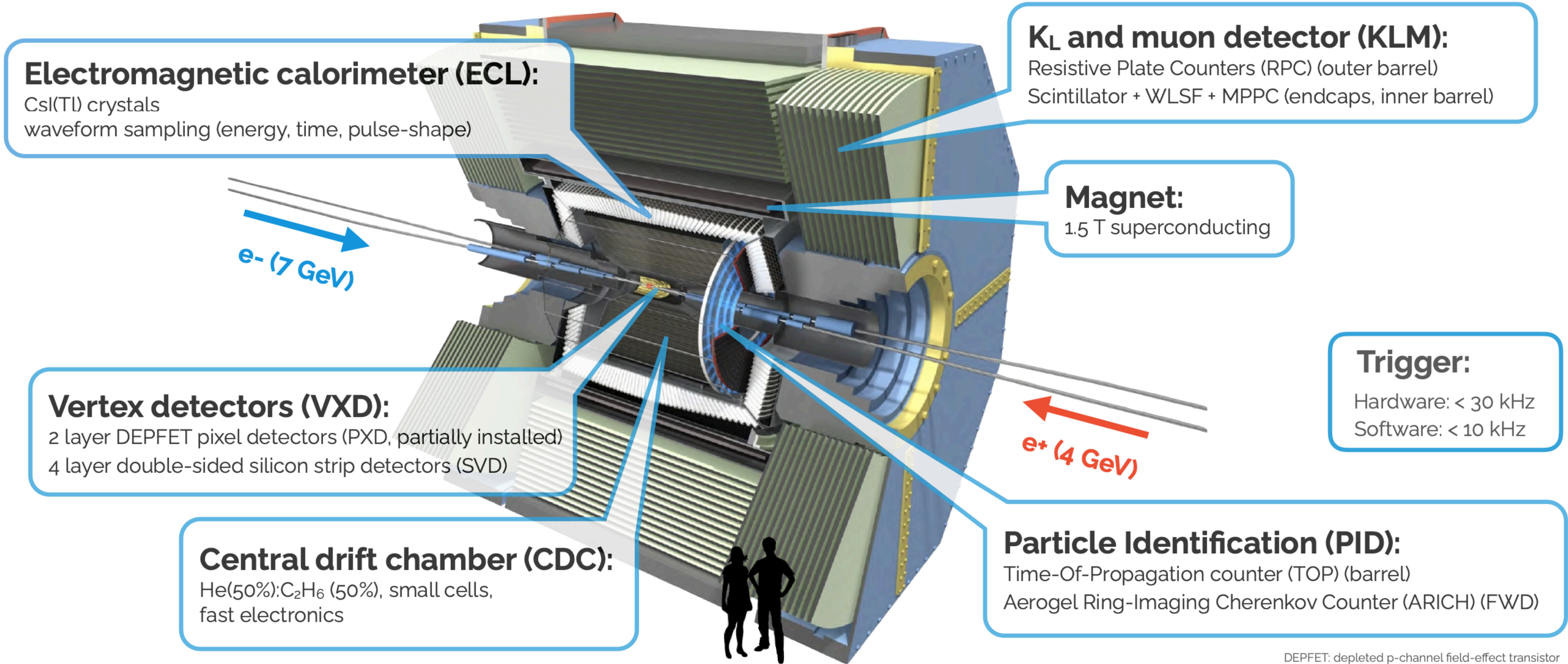
TOP



- Time of Propagation Detector
- Idee: Bestimme den Tscherenkov Winkel
 - Sehr Präzise Zeitmessung nötig
 - Anspruchsvolle Datenanalyse!



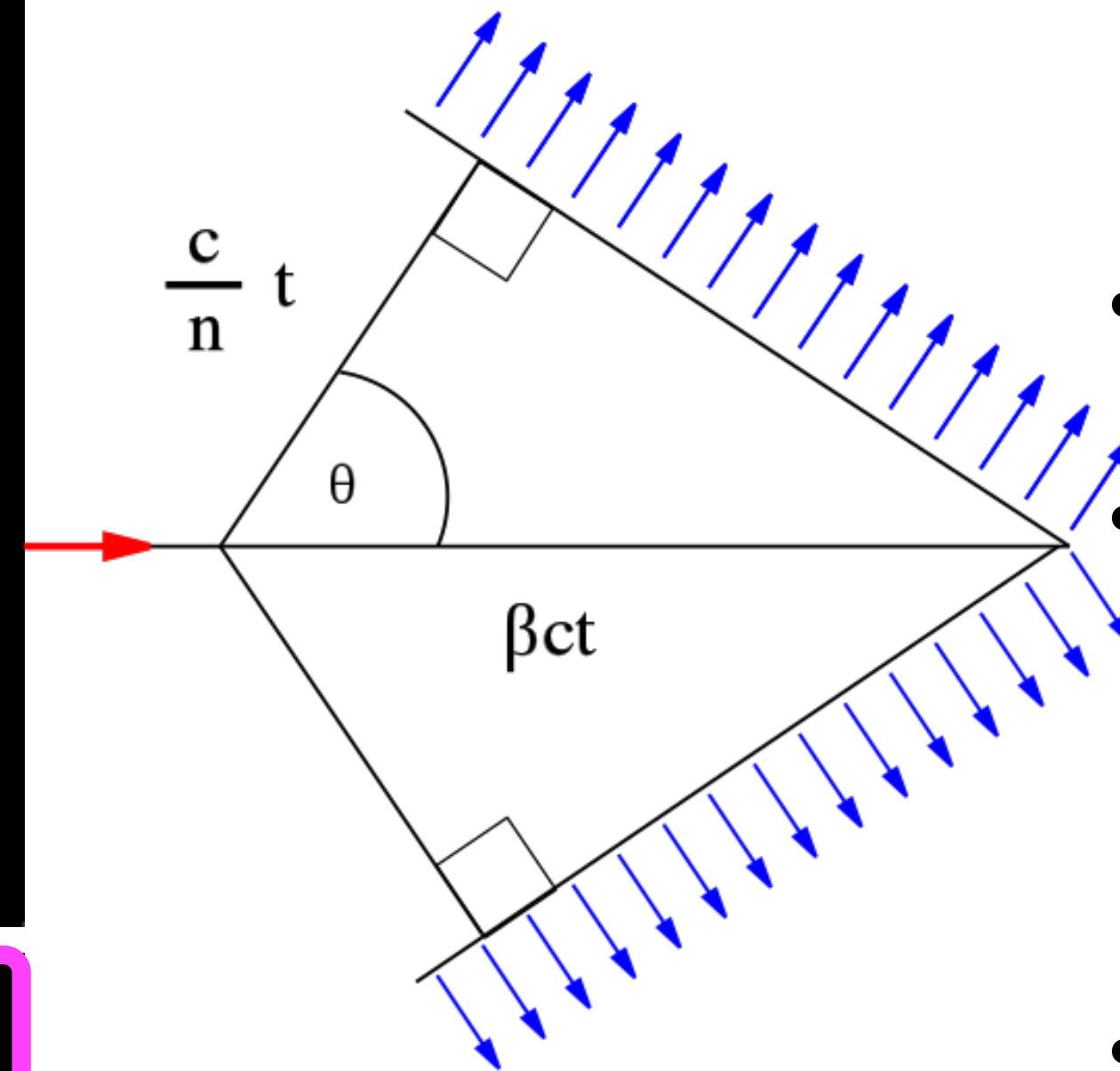
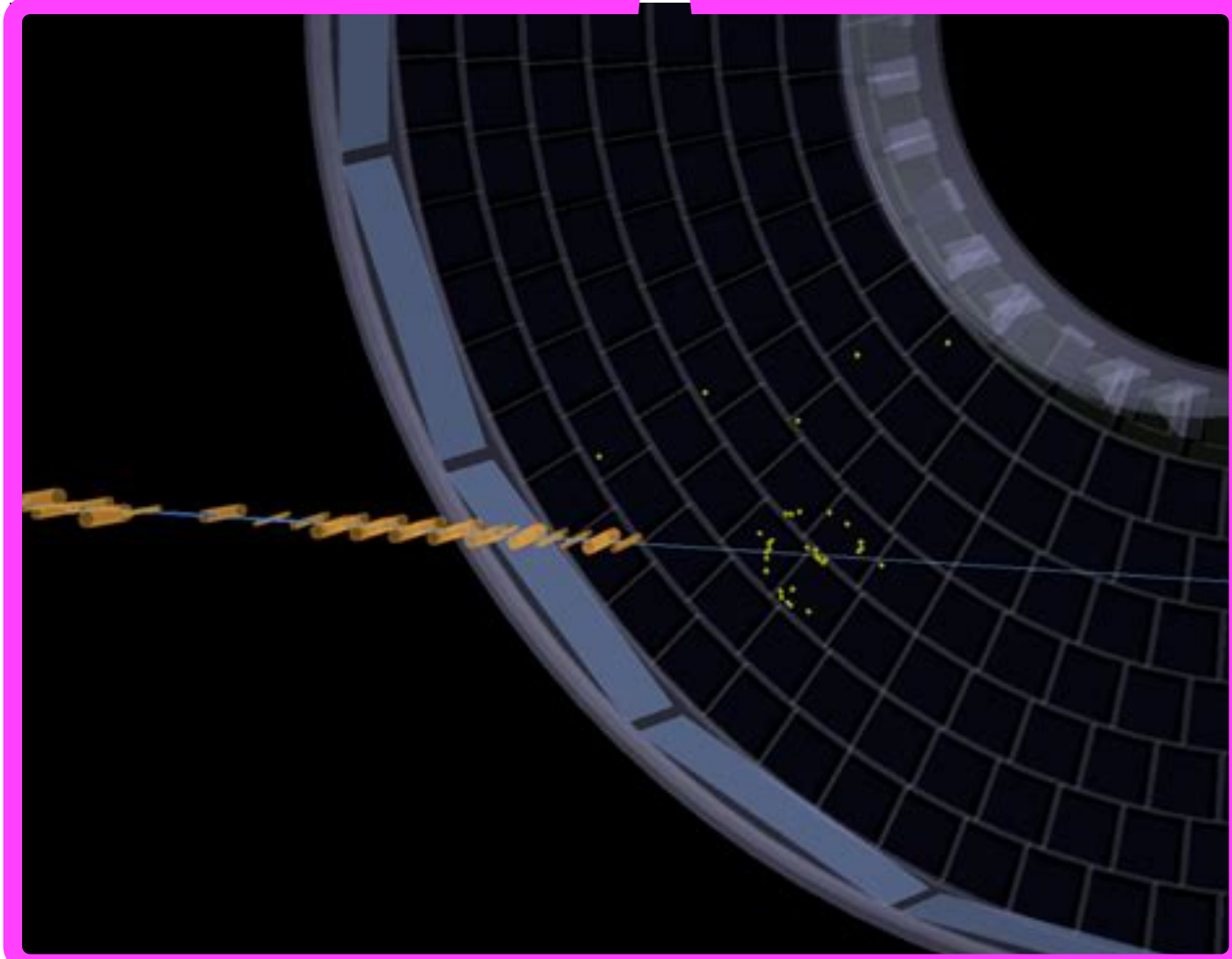
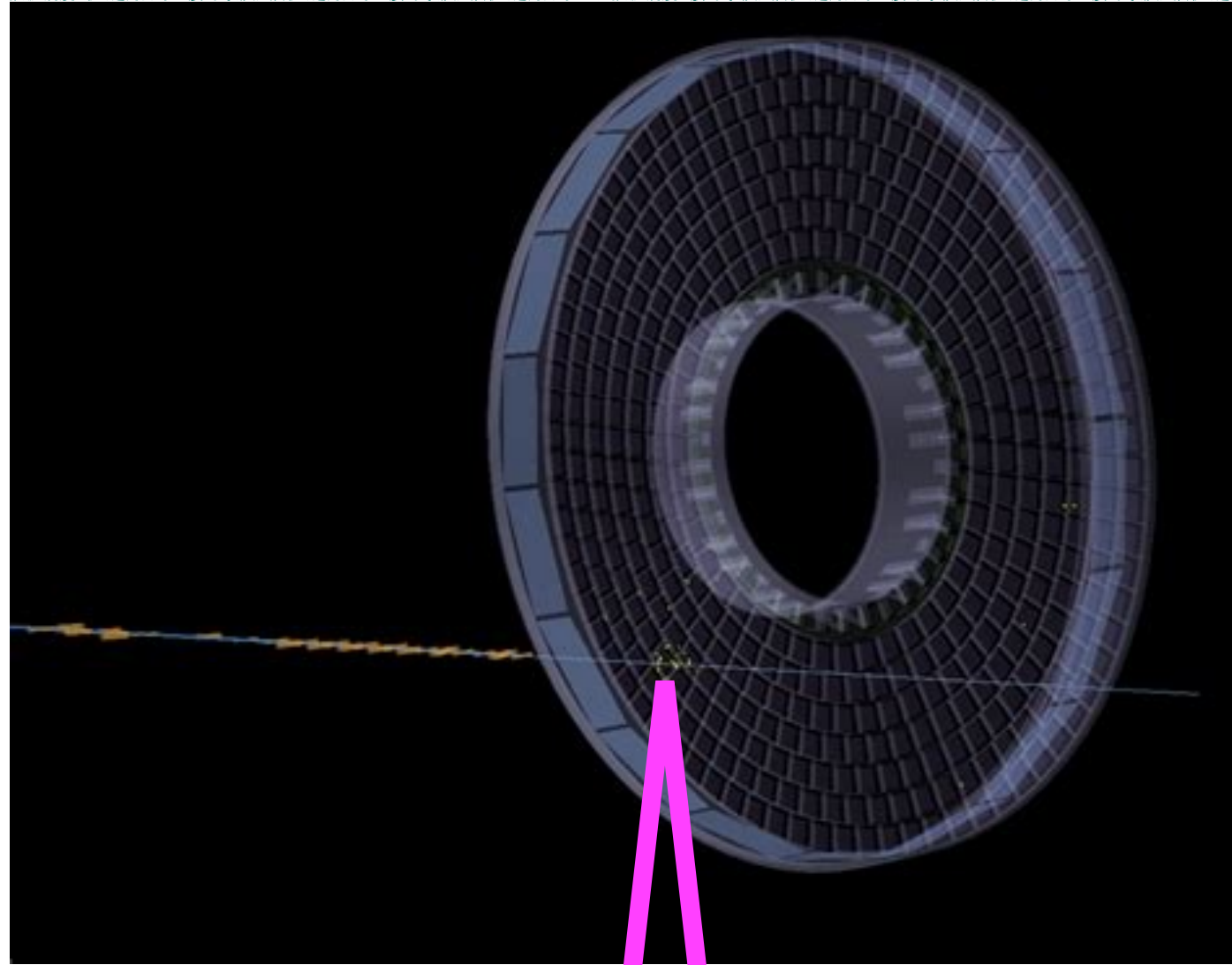
Belle II Detektor



DEPFET: depleted p-channel field-effect transistor
WLSF: wavelength-shifting fiber
MPPC: multi-pixel photon counter



ARICH



Lichtgeschwindigkeit
im Vacuum

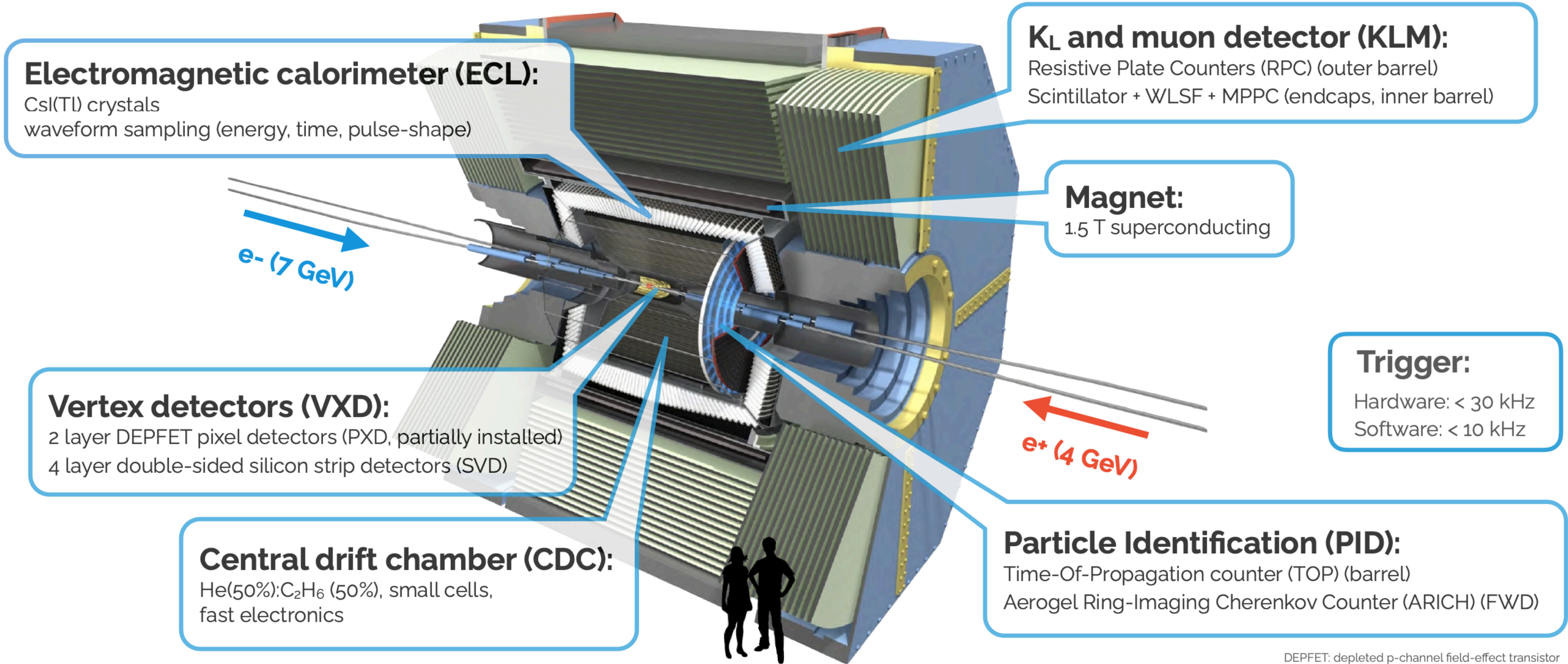
$$c_n = \frac{c}{n}$$

Brechungsindex

- Ring Imaging Tscherenkow Detector
- Sehr Flach
- Zwei Materialien mit unterschiedlichen Brechungsindex
- Im Prinzip misst man den Lichtkegel den das Teilchen durch den Tscherenkow Effekt produziert.
- Identifiziere das Teilchen anhand des Tscherenkow Lichtkegels.



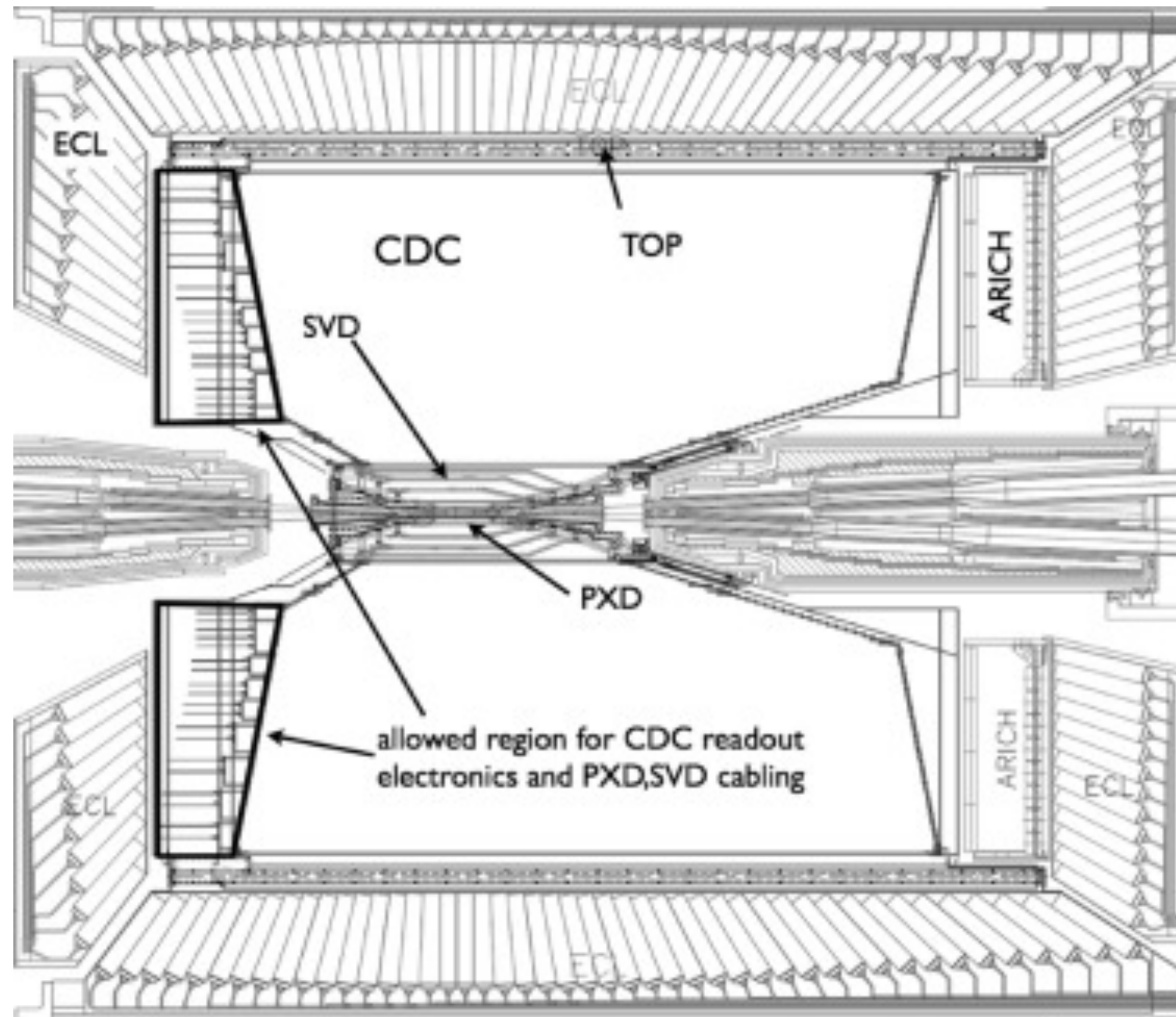
Belle II Detektor



DEPFET: depleted p-channel field-effect transistor
WLSF: wavelength-shifting fiber
MPPC: multi-pixel photon counter



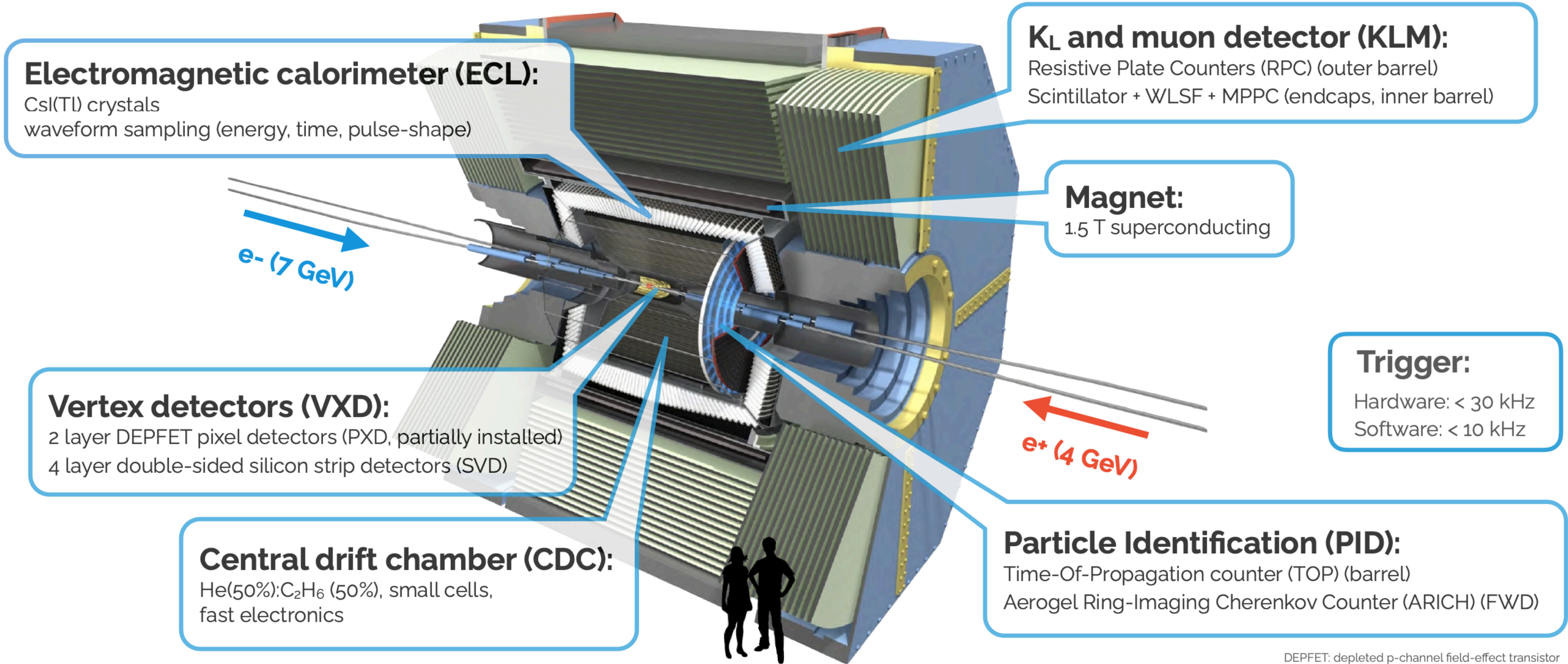
ECL



- Elektromagnetisches Kalorimeter
- Besteht aus Szintillator Kristallen
 - Anhand der gemessenen Licht Intensität kann man die Energy berechnen
- Besondere Elektronik um viele aufeinanderfolgenden Teilchen auseinander halten zu können.



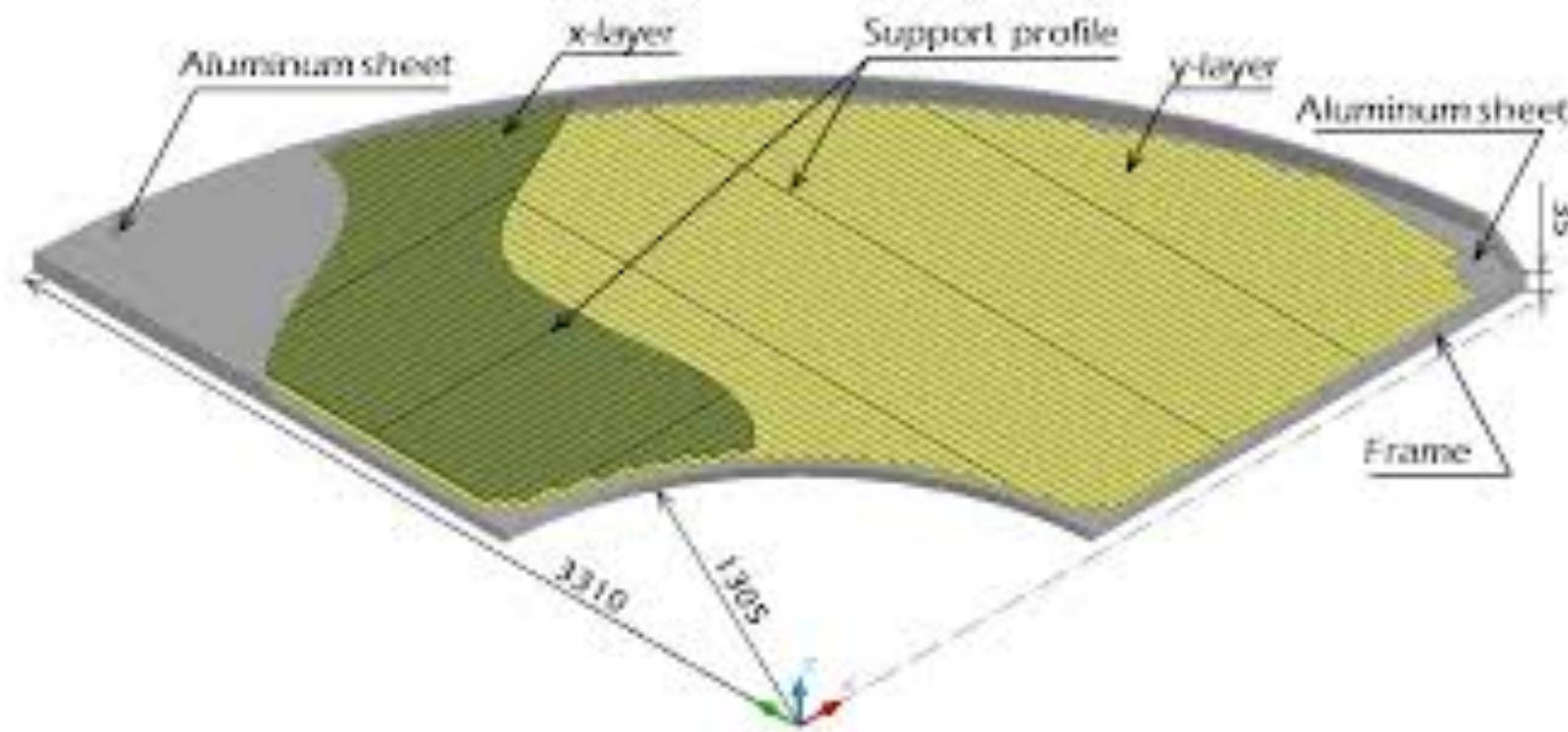
Belle II Detektor



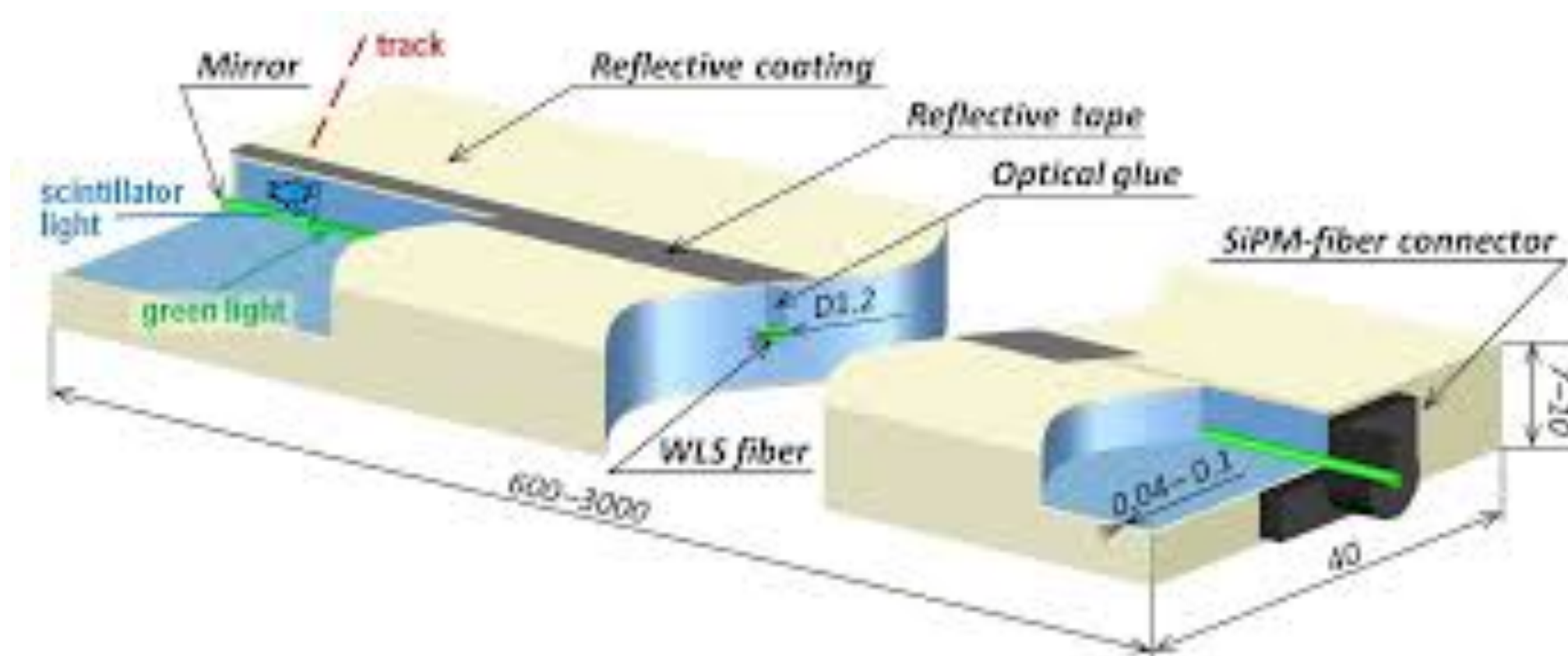
DEPFET: depleted p-channel field-effect transistor
WLSF: wavelength-shifting fiber
MPPC: multi-pixel photon counter



KLM



- Detektor und Magnetfeld “Zaun”
- Der “K-Long” und Muon Detector
- Besteht aus:



- Großen Platten von Plastik Szintillatoren
- Lichtfarbe ändernden Glasfasern
- SiPM's: Sehr präzisen Lichtsensoren.



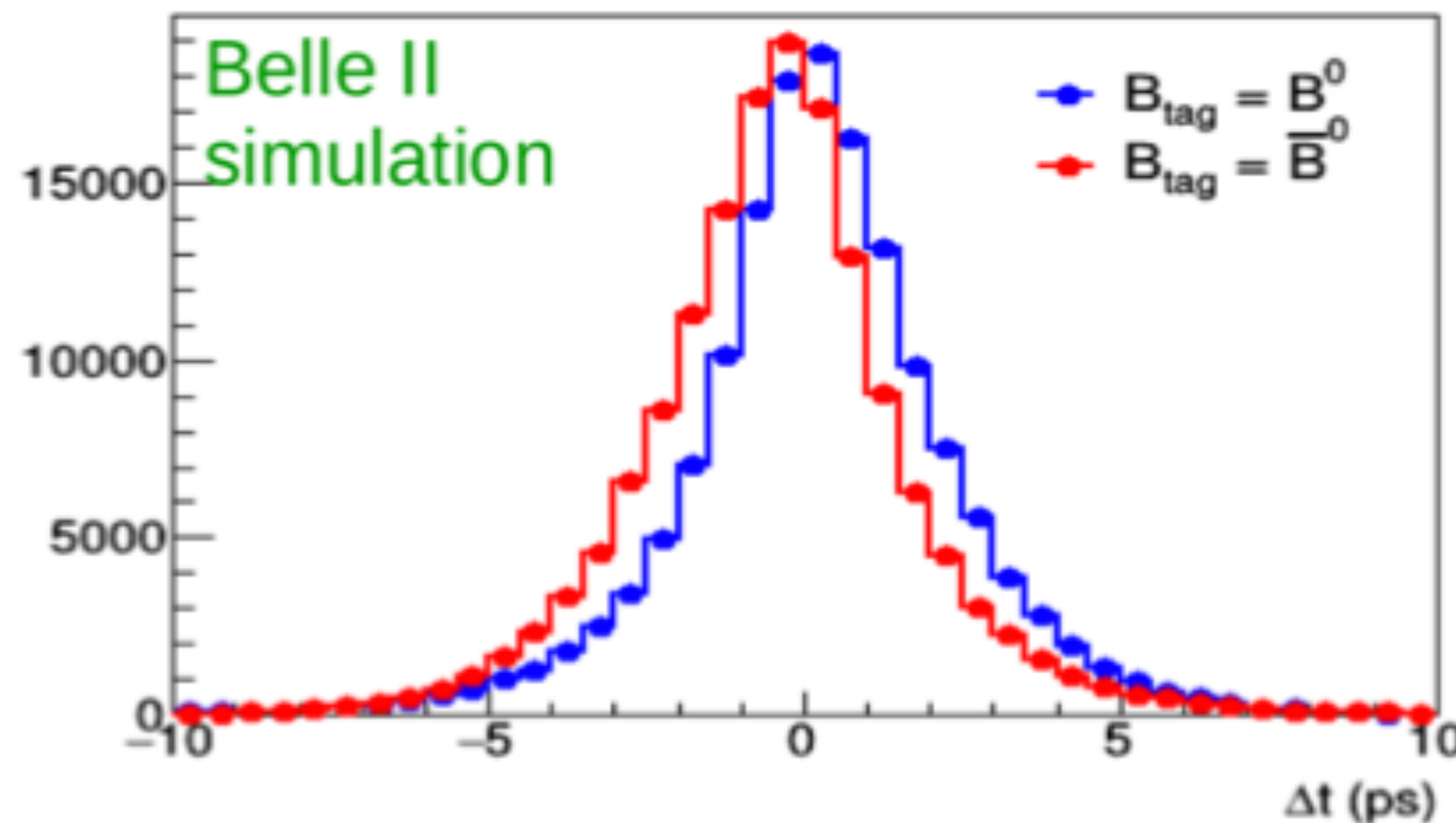
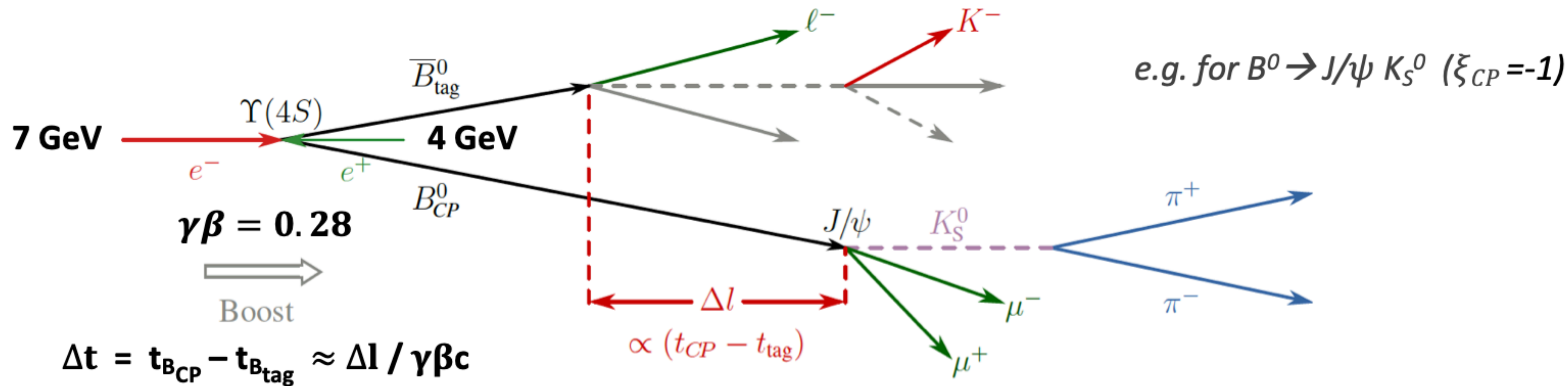
Was Wollen Wir Messen?



- Semileptonische und Lptonische B Zerfälle
- Hadronische B zerfälle
- Radiative und Elektroschwache Pinguin B Zerfälle
- Zeitabhängige CP - Verletzung
- Messung des unitären Winkels Φ_3 - Stimmt das Standard Modell wirklich?
- Charm Physik
- Quarkonium
- Tau Physik
- Ausleuchtung des Dunklen sectors - Gibt es neue Teilchen?



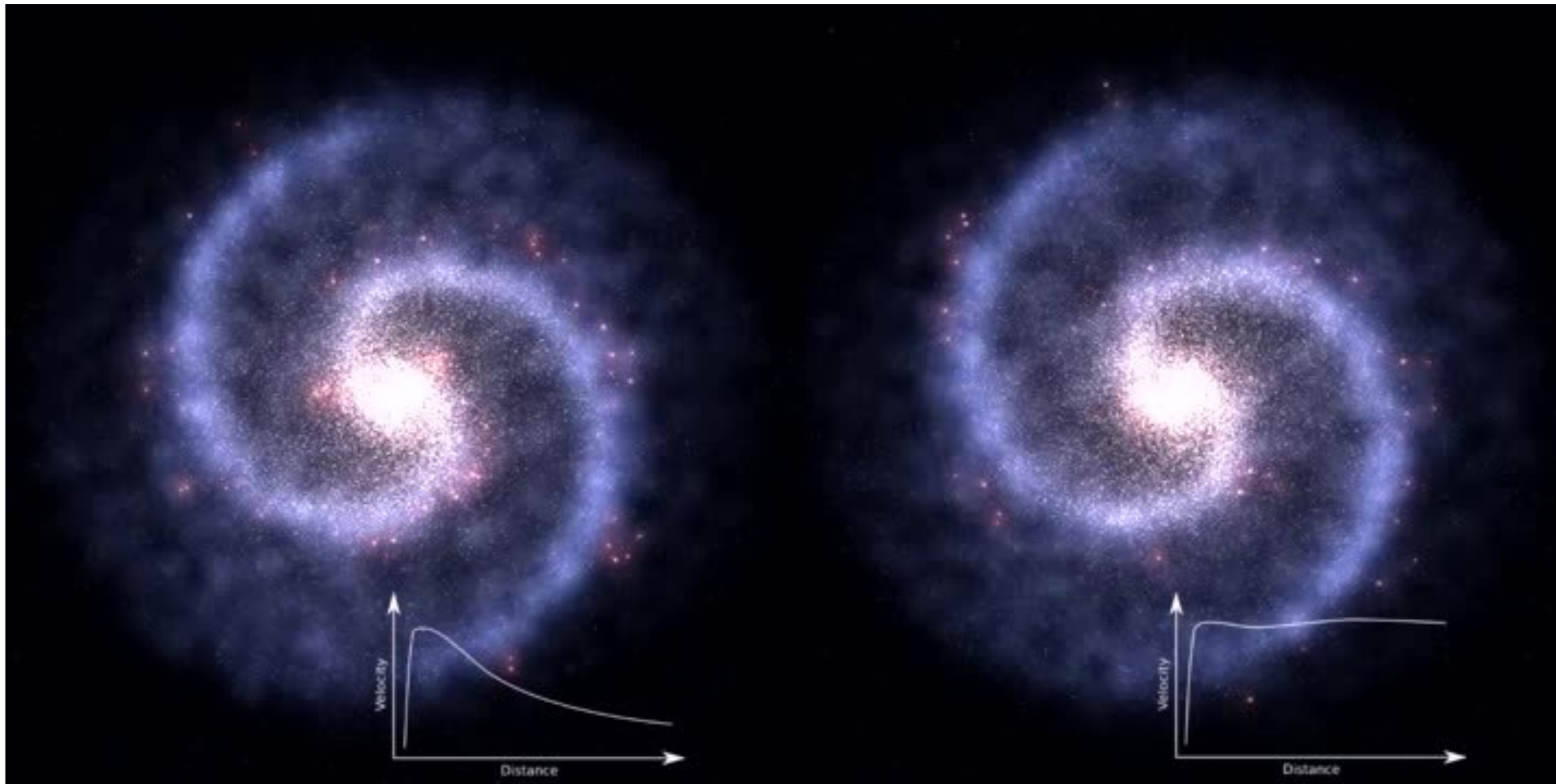
CP-Verletzung



- Messung des Zeitunterschieds über die Länge Δl
- Teilchen (B^0) und Antiteilchen (\bar{B}^0) verhalten sich unterschiedlich!
- Symmetrieverletzung!



Dunkle Materie

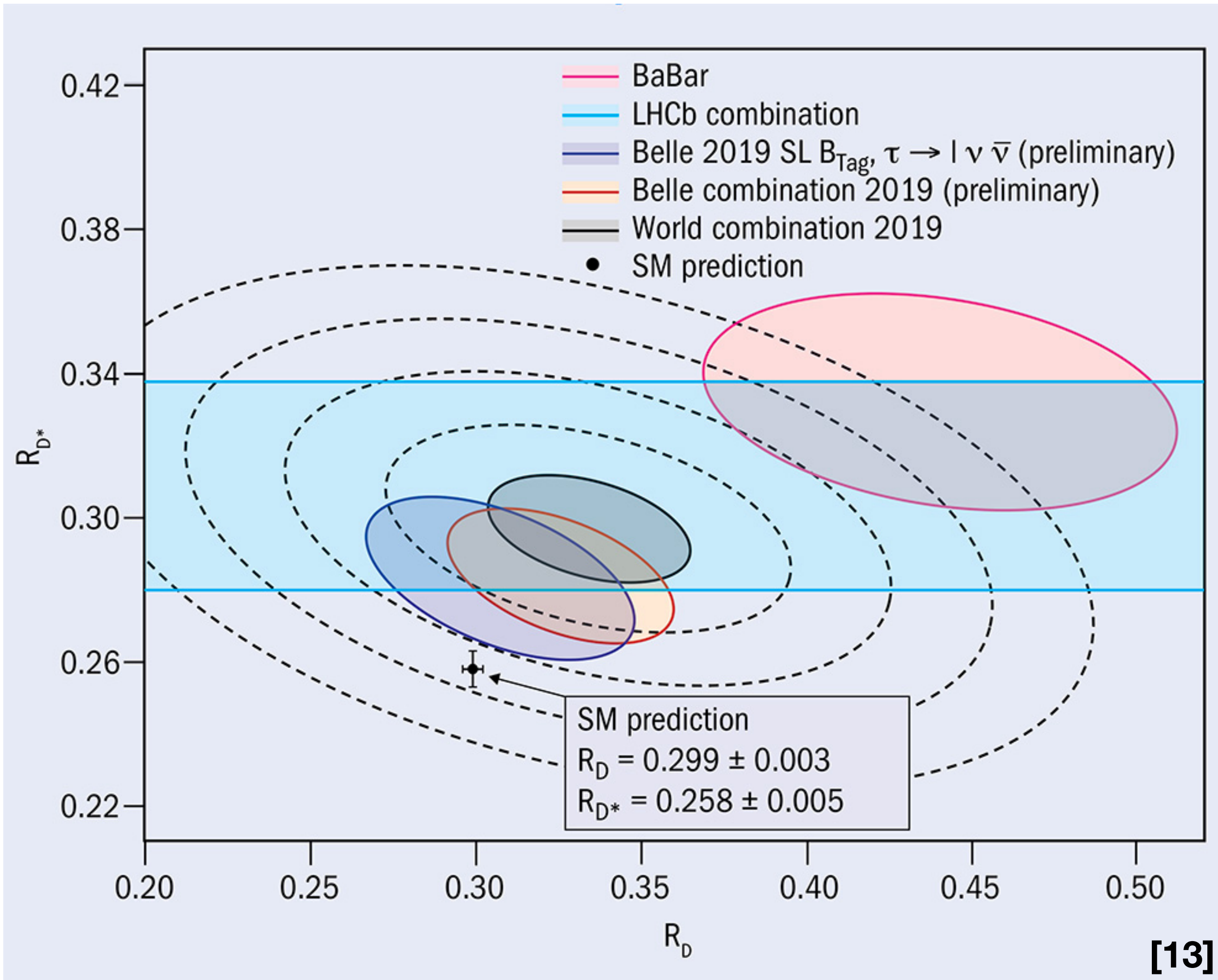


[12]

- Wir wissen, dass viele Beobachtungen der Astrophysik nicht mit herkömmlicher Materie zu erklären sind.
- Beste Theorie ist fehlende bzw. unentdeckte Materie - Dunkle Materie
- Problem: Bis jetzt sehen wir nur den Effekt der Gravitation
- Was ist Dunkle Materie? - schwer und selten? Leicht und überall?
- Wir suchen
 - ... direkt nach "leichten" Kandidaten
 - ... indirekt nach Schweren Teilchen.



Leptonenzahl Verletzung?



- Hinweise auf neue Physik?
- Messungen verschieden Experimente ergeben nicht was wir im Standard Modell erwarten

$$R_D = \frac{Br(B \rightarrow D\tau\bar{\nu}_\tau)}{Br(B \rightarrow Dl\bar{\nu}_l)}$$

$$R_{D^*} = \frac{Br(B \rightarrow D^*\tau\bar{\nu}_\tau)}{Br(B \rightarrow D^*l\bar{\nu}_l)}$$



Zusammenfassung



- Was ist eine Teilchen Fabrik
 - Prinzip: Wie macht man Teilchen?
 - Funktionsweise: Ich bau mir einen Teilchen Beschleuniger
 - SuperKEKB
- Belle II: Eine sehr teure Kamera!
 - Physikseption! - Physik von Physik für Physik, oder wie Messe Ich Teilchen?
 - Aufbau von Belle II
 - Program -Was suchen wir eigentlich?
 - CP-Verletzung
 - Dunkle Materie
 - Leptonenzahl Verletzung



1. <https://www.pinterest.com/pin/63824519690194267/>
2. <https://www.physicsmasterclasses.org/exercises/unischule/exp/Experimente3.htm>
3. <https://cheezburger.com/6402011136>
4. https://fis-landschaft.de/media/?tx_wdpmedia_pi2%5Bimage%5D=6883&tx_wdpmedia_pi2%5Baction%5D=image&tx_wdpmedia_pi2%5Bcontroller%5D=Gallery&cHash=8b2cc837c0874595039ed124f27b36cc
5. https://www.uni-mainz.de/presse/aktuell/bilder/08_kernphysik_superkekb_beschleunigertunnel.JPG
6. <https://www.raiginstruments.de/einfuehrung-in-die-quantenphysik-01122016-bis-09022016-b661/>
7. https://de.wikipedia.org/wiki/Tscherenkow-Strahlung#/media/Datei:Advanced_Test_Reactor.jpg
8. <https://de.wikipedia.org/wiki/Tscherenkow-Strahlung#/media/Datei:Cherenkov.svg>
9. <https://www.cosmics4school.physik.uni-bonn.de/glossar/cherenkow-strahlung>
10. <https://www.abiweb.de/physik-atomphysik-kernphysik/atommodelle/bohresches-atommodell.html>
11. <http://hydrogen.physik.uni-wuppertal.de/hyperphysics/hyperphysics/hbase/quantum/hosc.html#c1>
12. https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Galaxy_rotation_under_the_influence_of_dark_matter.ogv
13. <https://cerncourier.com/a/the-flavour-of-new-physics/>

