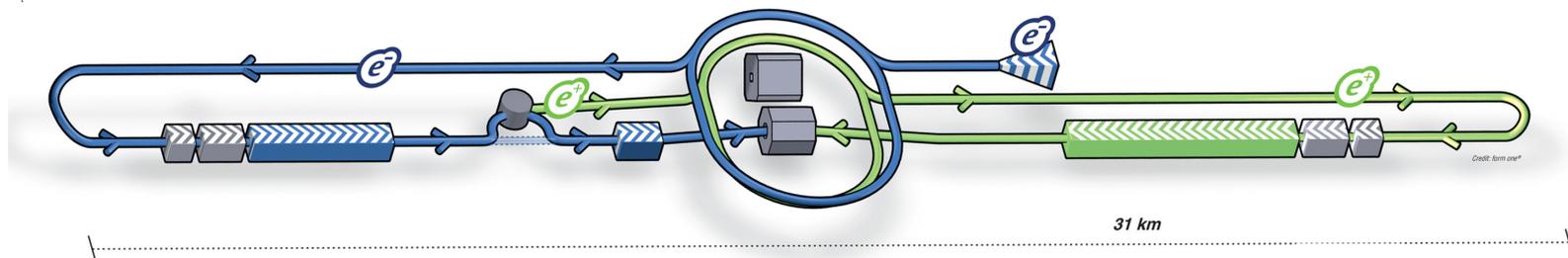




**INTERNATIONAL LINEAR COLLIDER**

- Eckdaten des Beschleunigers
  - Motivation
  - Technik / Komponenten
  - Physik am ILC
  - Informationen zum Gesamtprojekt
-

- zukünftiger Linearbeschleuniger (2017?)
- Kollision von Elektronen mit Positronen bei extrem hoher Luminosität
- einstellbare Schwerpunktsenergie: 200 - 500 GeV ("1 TeV-Upgrade" geplant)



- riesiger Bau: 31 km lang
- über 1000 Physiker und Ingenieure weltweit direkt mit dem ILC beschäftigt
- 2007: **Reference Design Report** und ~2010: **Engineering Design Report**
- Baubeginn Anfang des nächsten Jahrzehnts, Bauzeit ca. 7 Jahre

## Warum Elektron-Positron-Kollision?

- “saubere” Kollision wegen Annihilation der Teilchen
- Zustand reiner Energie (welche einstellbar ist)

→ **Präzisionsmessungen**

## Warum Linearbeschleuniger?

- sonst extreme Synchrotronstrahlungsverluste wegen kleiner Masse
-

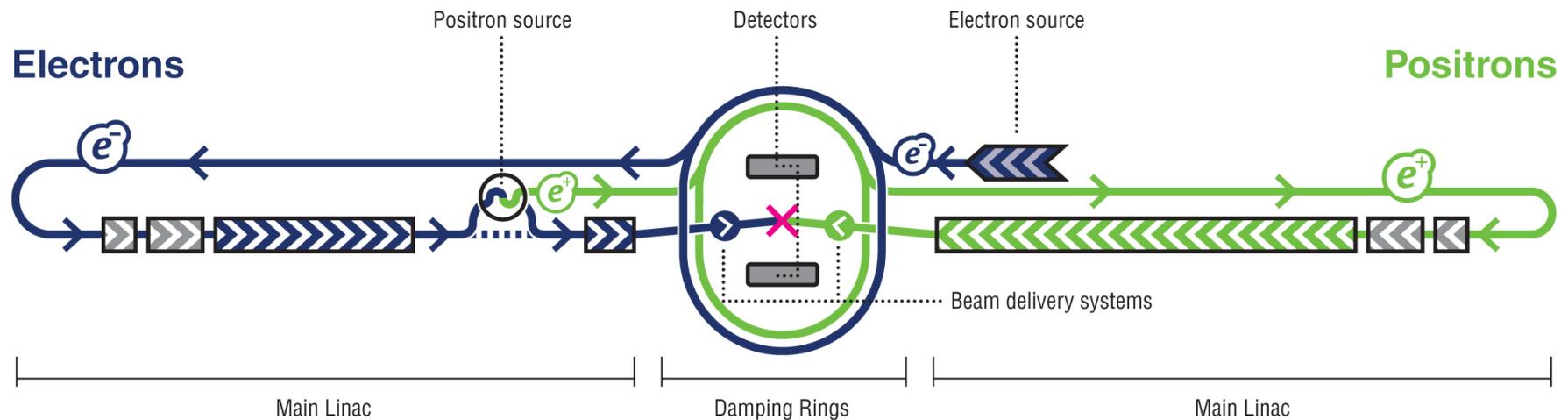
- Vollständige Charakterisierung der **Higgs**-Physik (SM richtig?)
- Genaue Untersuchung der **Eichbosonen-Kopplung**
- Präzise Bestimmung der **Top Quark** Masse
- Vermessen **supersymmetrischer** Teilchen (MSSM richtig?)
- Die Suche nach “**Extra Dimensions**”
- Schritte zur Ergründung der **dunklen Materie**



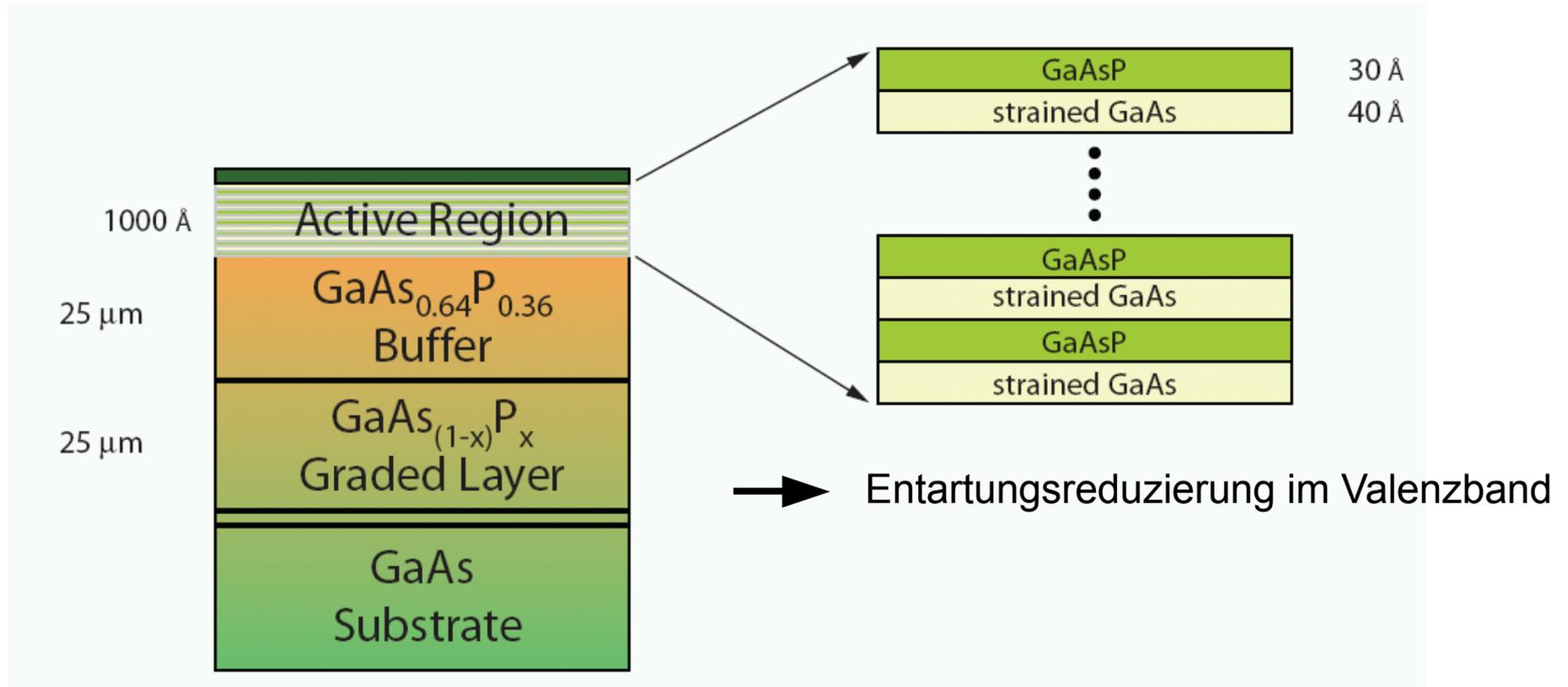
➔ **Blick über das Standardmodell hinaus, Wegbereitung neuer Theorien**

## Der Prozess im Überblick:

- 1) Emission aus Elektron- / Positronquelle
- 2) 250m Linac: 5 GeV
- 3) "Bunching" im "Damping-Ring" (-:
- 4) Ring To Main Linac (RTML)
- 5) 12 km Main Linac: bis zu 250 GeV
- 6) Beam Delivery System: finale Fokussierung

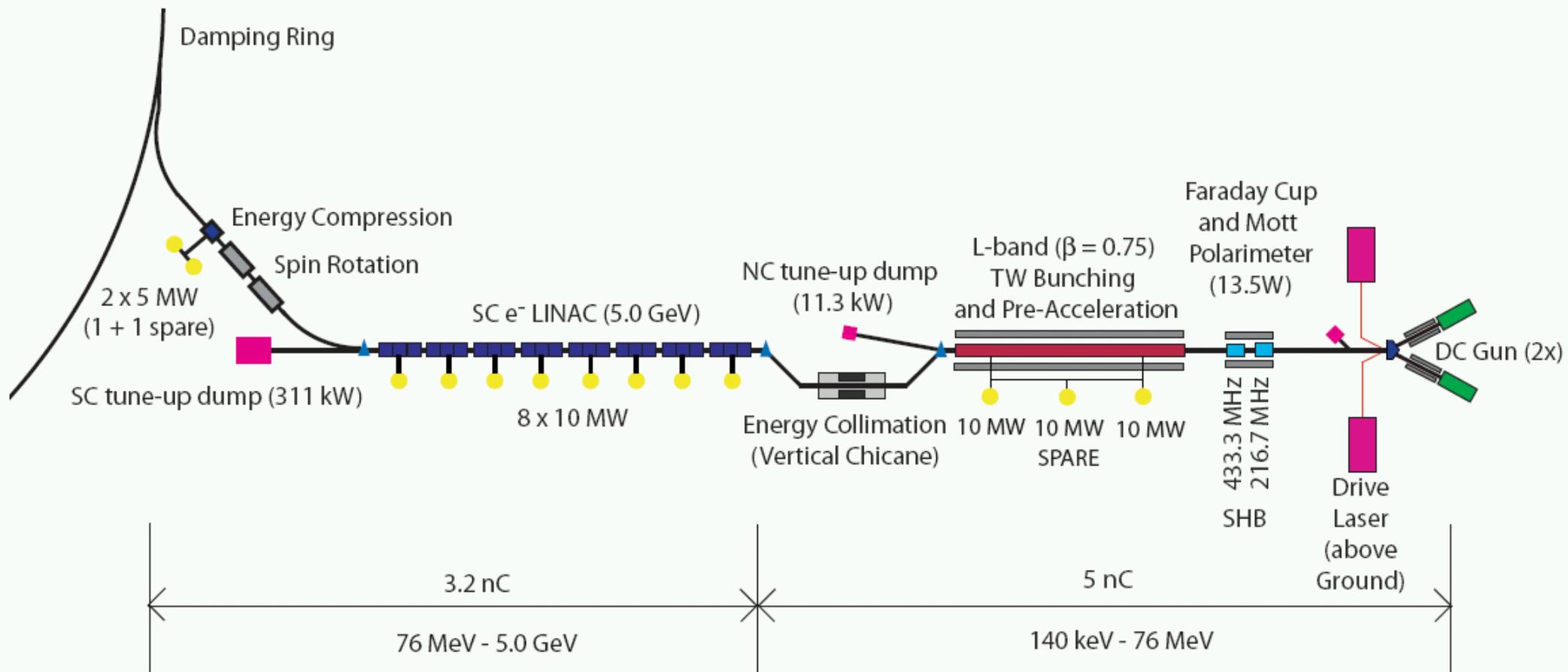


## 1 ns - 790 nm - Laserpulse auf sGaAs - Photokathode



→ bis zu 85 % Spinpolarisation des Elektronenstrahls

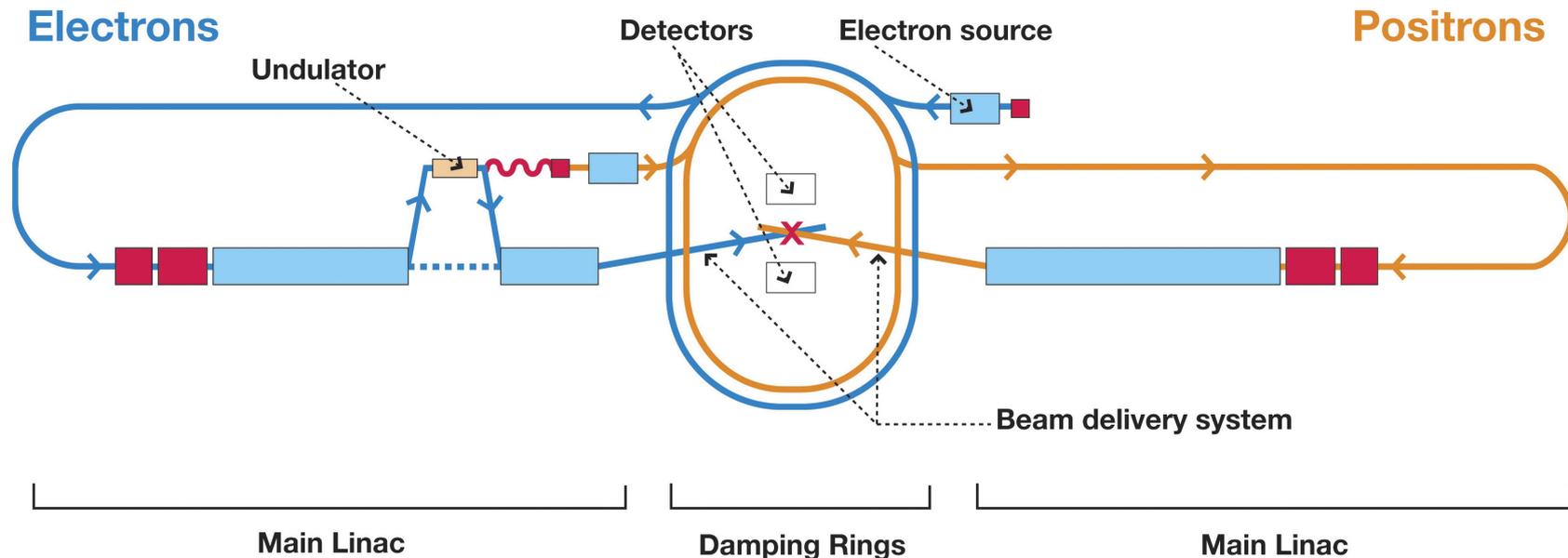
## “Pre-Bunching” und “Pre-Acceleration”



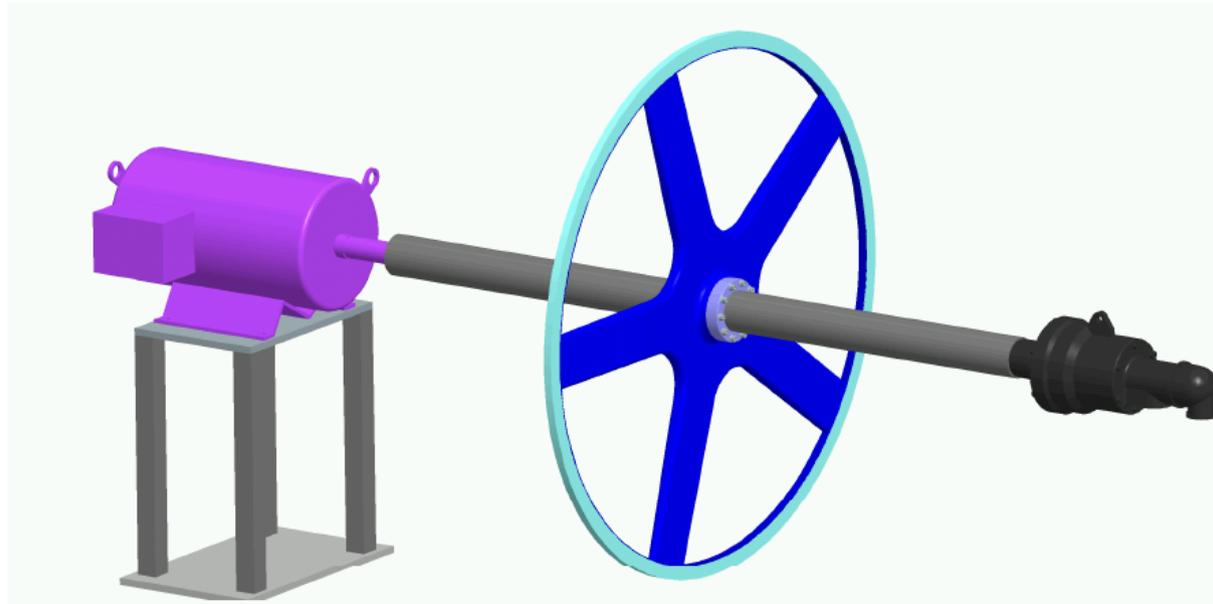
## Photonenstrahl wird auf Titanlegierung geschossen!

- elektromagnetischer Schauer
- Separation der Positronen (und Verwerfen von Elektronen und Photonen)

Wo kommen die hochenergetischen (min. 10 MeV) Photonen her?

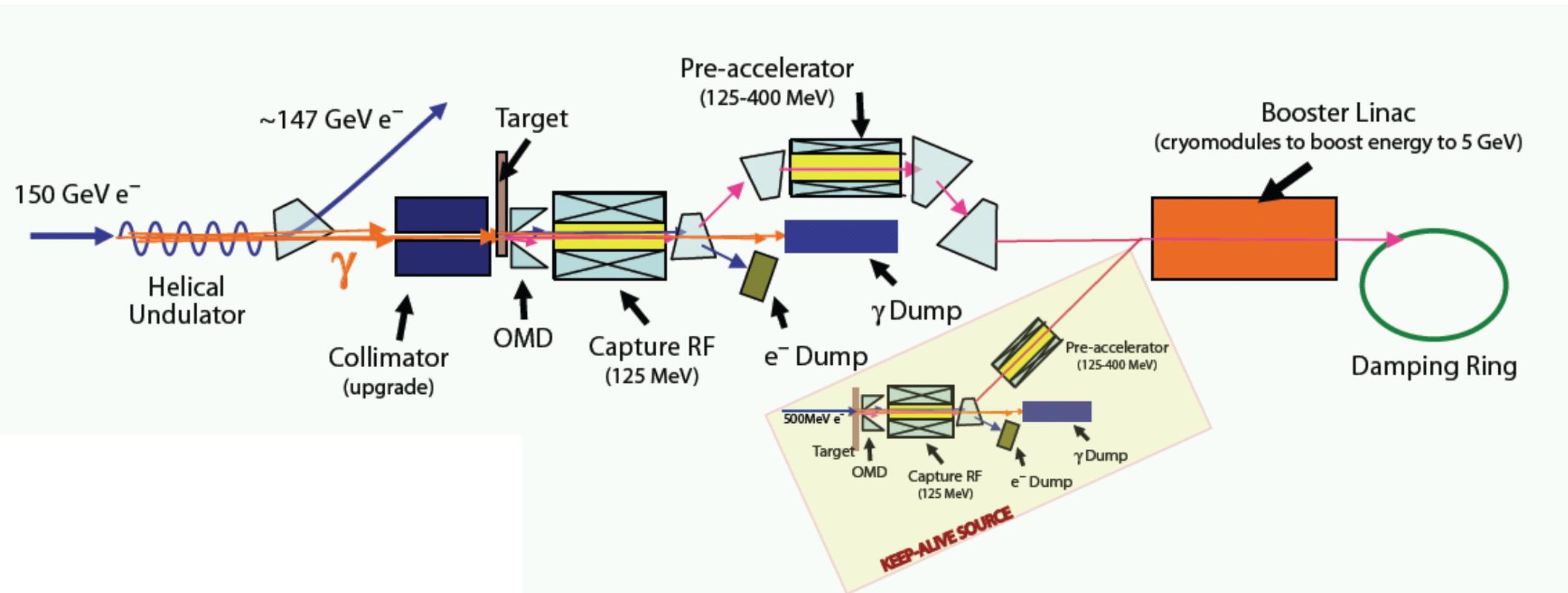


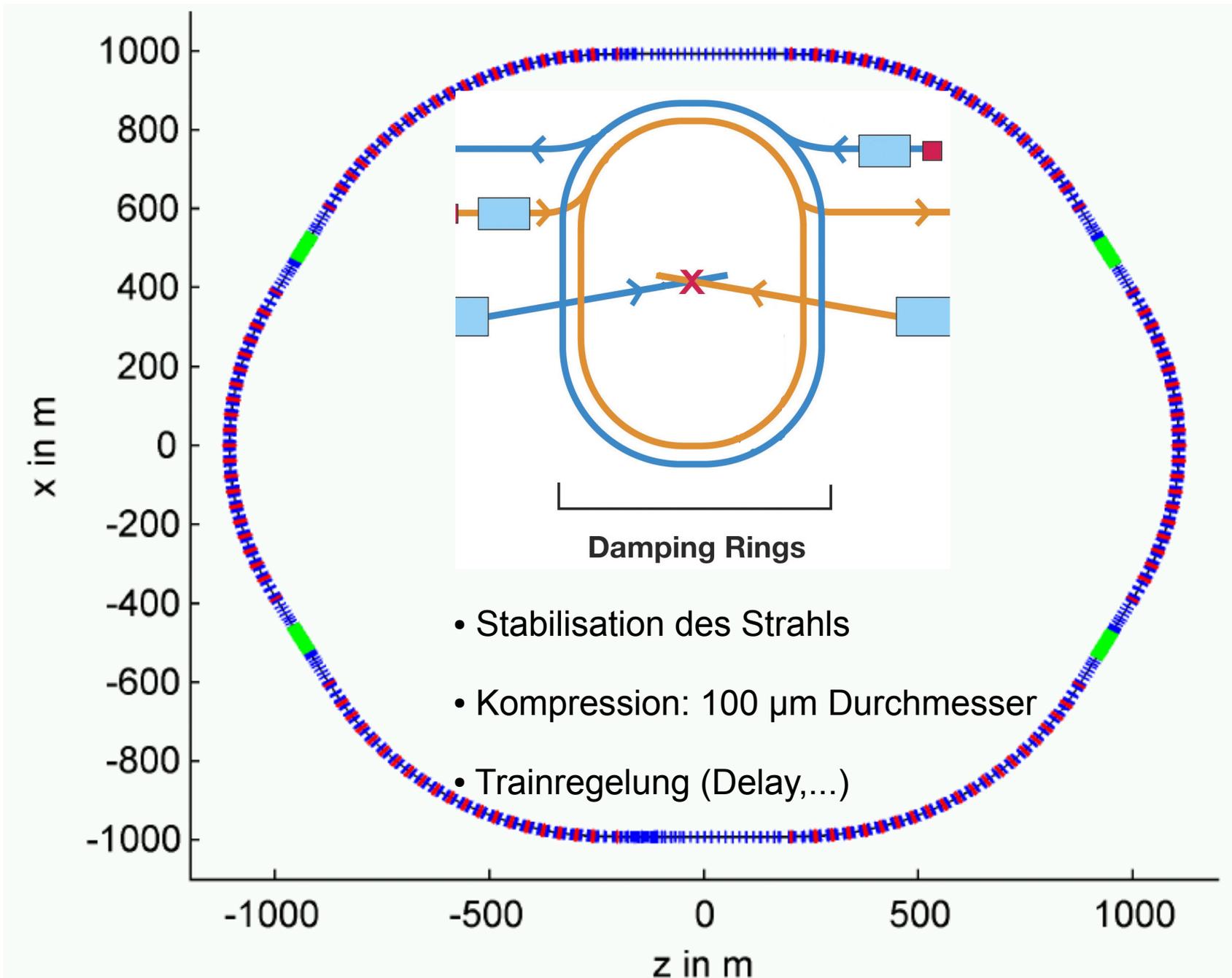
## Titan - 6% Aluminium - 4% Vanadium - Target

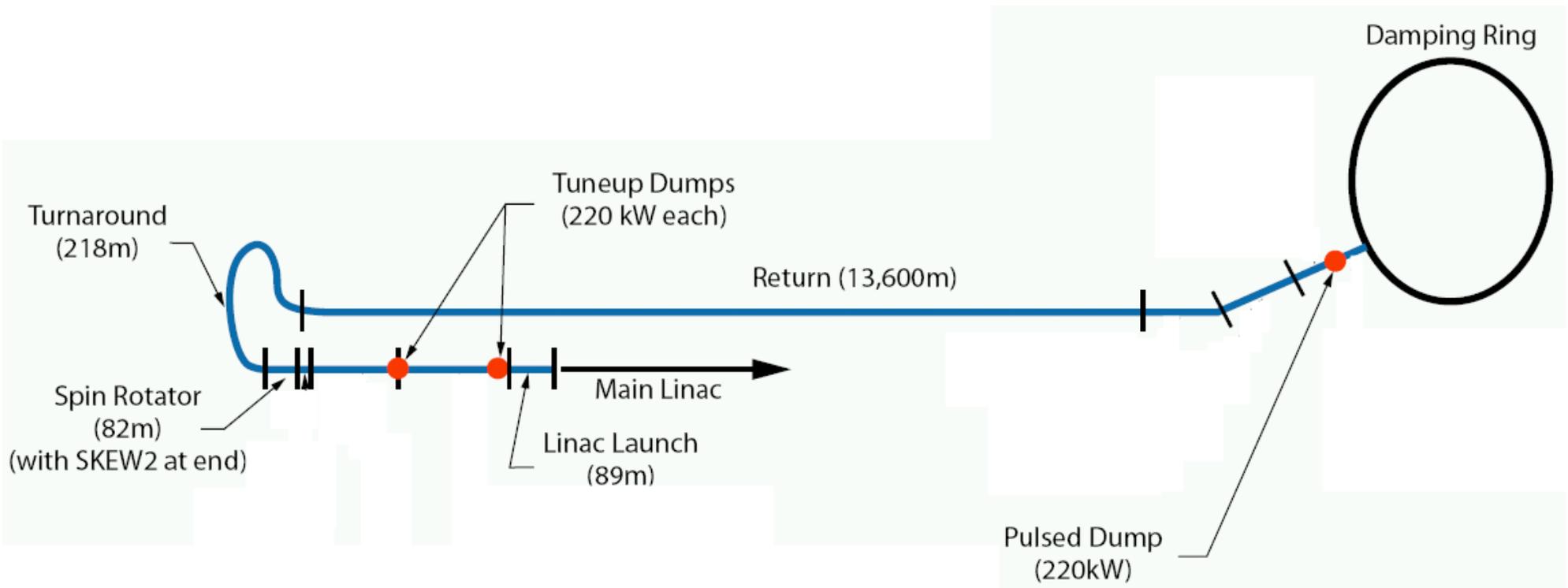


- muss 131 kW Photonenstrahl standhalten!
- 1 m Durchmesser, 100 m/s

➔ hält Strahlungsschäden, Hitze und mech. Stress 2 Jahre stand, danach einfacher Wechsel





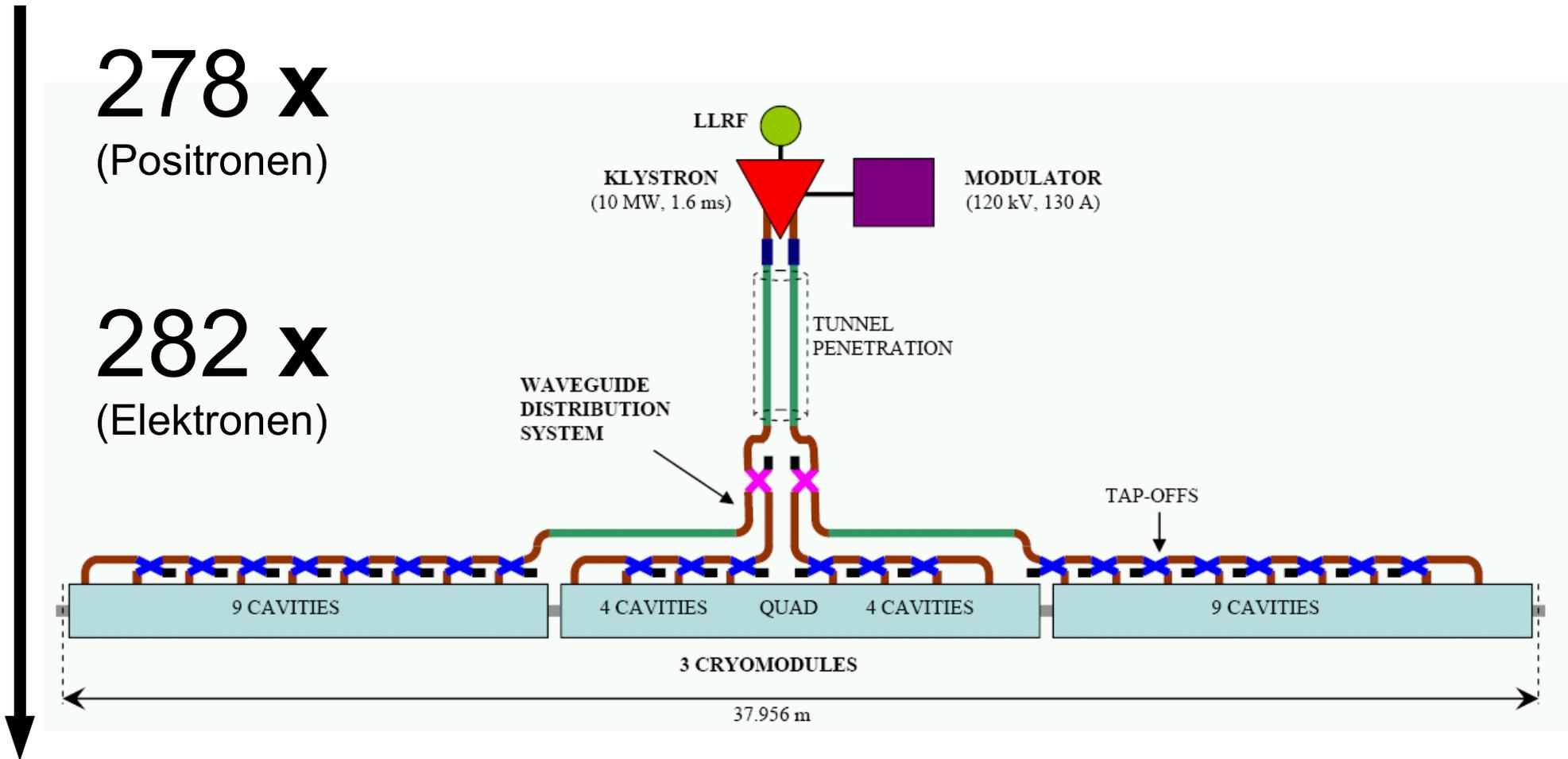


- Transport vom Damping-Ring Downstream zum Main-Linac Upstream
- Drehung der Spinpolarisation um beliebigen Winkel (falls benötigt)
- Strahldiagnose für Korrekturen (Rück- und Vorkopplung)
- Paketlänge: Kompression von 9 mm auf 0.3 mm

Energie vor Main Linac: 15 GeV

278 x  
(Positronen)

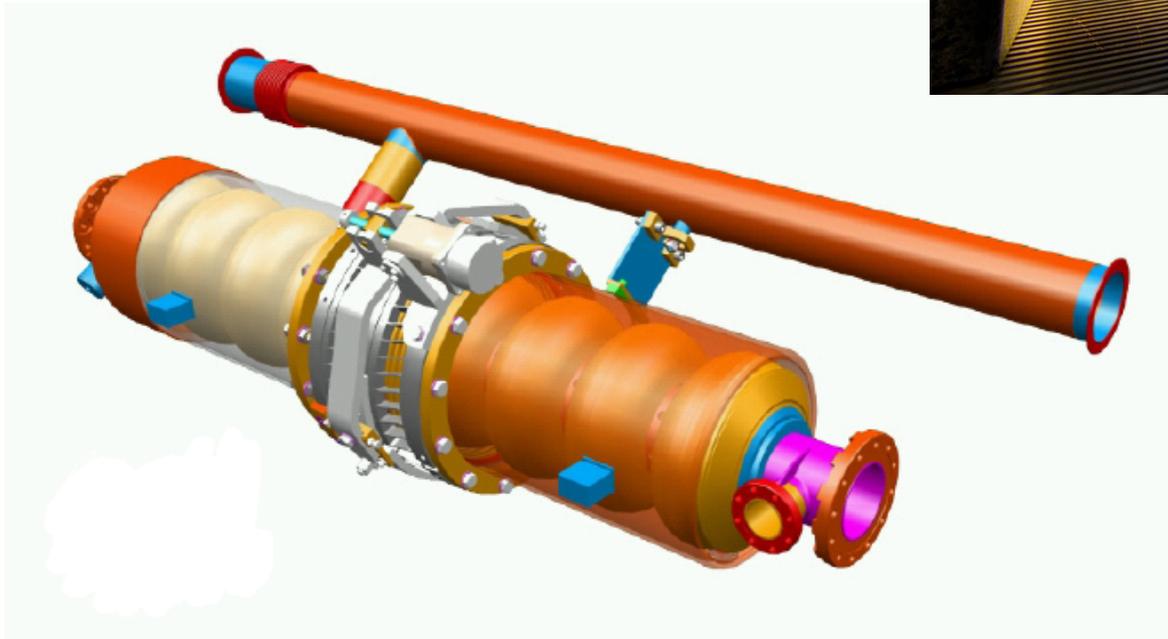
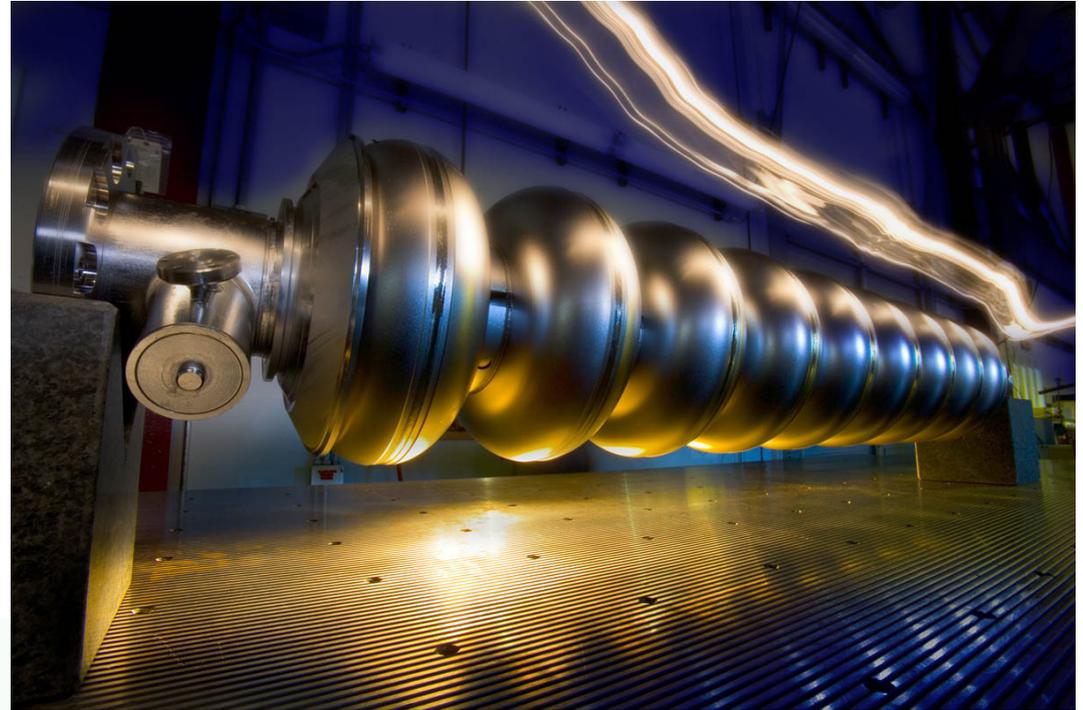
282 x  
(Elektronen)



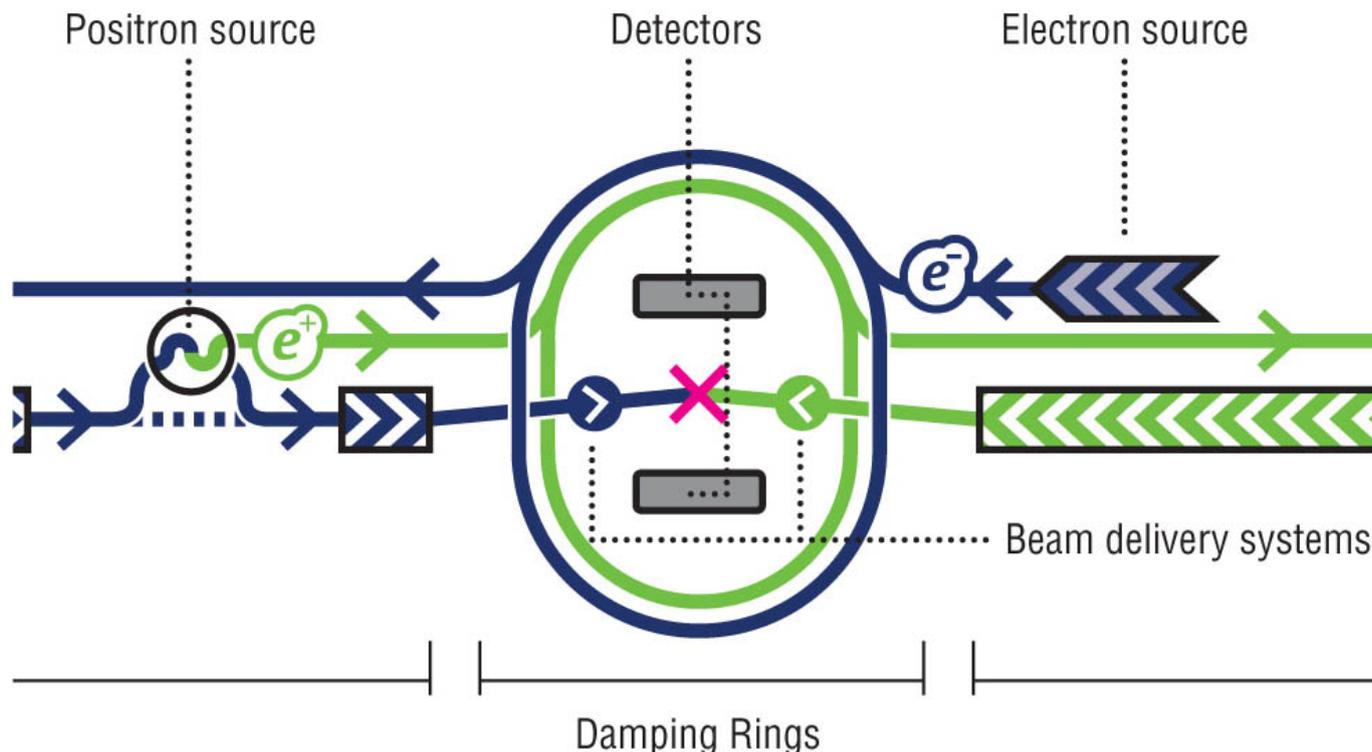
Energie nach Main Linac: 250 GeV

→ ~11 km pro Main Linac

- supraleitendes Niob (2 K Helium)
- Feldgradient: bis zu 35 MV/m
- ~14500 pro Main Linac



- transportiert den Elektron- / Positronstrahl vom Main Linac zum Wechselwirkungspunkt
- fokussiert den Strahl auf 639 nm Breite und 5.7 nm Höhe (Luminosität!)
- schützt die Detektorhalle vor fehlgeleitetem Strahl (10.8 MW pro Strahl)
- misst Strahlparameter (Energie, Polarisierung,..) des Strahls vor und nach Kollision
- führt den Strahl nach der Kollision in den “Main Beam Dump” ab



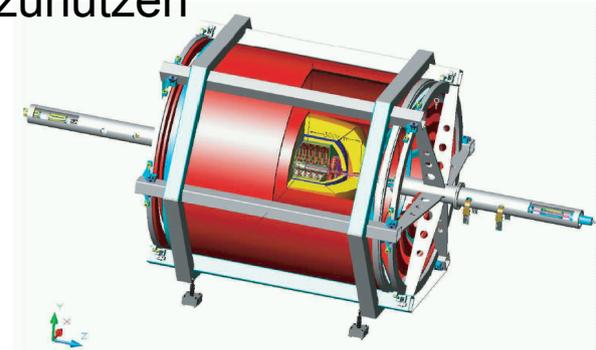
- Die “World Wide Study of Physics and Detectors for Future Linear Colliders” arbeitet dran...

## Anforderungen:

- Leistungsfähigkeit weit höher als Detektoren am LHC
- Höchstauflösende Jet - Rekonstruktion und höchste Jet - Energieauflösung
- Wesentlich höhere Impulsauflösung als bisher
- Extrem genauer Vertex-Detektor
- Neue Detektortechnologien und Rekonstruktionsalgorithmen

➔ Noch viel R&D nötig, um gebotene Luminosität auszunutzen

- Es gibt bereits vier Konzepte: **GLD**, **LDC**, **SiD** und **4th**
- Entwicklung muss aber noch erweitert und beschleunigt werden!



- Schwerpunktsenergie kontinuierlich zwischen 200 und 500 GeV einstellbar
  - Luminosität von  $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
  - 230 MW Leistungsbedarf
  - integrierte Luminosität von  $500 \text{ fb}^{-1}$  in den ersten 4 Jahren bei 75 % Verfügbarkeit
  - falls nötig: >80 % Elektron-Polarisation und 60 % Positron-Polarisation
  - Elektron-Elektron-Kollision einfach möglich, durch Upgrades auch Photon-Photon-Koll.
  - so konstruiert, dass 1 TeV - Upgrade möglich ist
  - zwei austauschbare Detektoren geplant
-

- **Higgs-Boson wird am LHC SM-konsistent gefunden:**

Präzise und vollständigere Vermessung der Eigenschaften und Verifikation, ob es zum Standardmodell passt oder nicht (Spin, Parität, Kopplung zu Quarks und Vektorbosonen, Zerfallskanäle,...)

- **Higgs-Boson wird am LHC mit unerwarteten Eigenschaften (Masse, Zerfall,..) gefunden:**

Charakteristik (Kopplungen und Quantenzahlen) des Higgsbosons werden Hinweise auf SM-Modifikationen und neue Physik geben

- **Higgs-Boson wird nicht gefunden:**

Präzisionsvermessungen von top quark, **Z**- und **W**-Boson werden den Weg zu einer neuen Theorie weisen

→ **ILC essentiell für das Verständnis des Higgsmechanismus' und LHC - Ergebnisse**

---

- Top Quark Masse ist fundamentaler Parameter im SM
- Es ist unverzichtbar, sie so genau wie möglich zu messen!

$$e^+ e^- \rightarrow t \bar{t}$$

ILC: Vermessung des Wirkungsquerschnitts in Abhängigkeit der Energie!

- LHC Präzision (1 GeV) wird um mehr als eine Größenordnung übertroffen
  - top-Kopplungen (zu **W** und **Z**) werden Fakten zur Physik über das SM hinaus liefern
-

→ Wenn SuSy für die elektroschwache Vereinigung verantwortlich ist, sollten Anzeichen für Superpartner-Teilchen am LHC gefunden werden!

→ Aber erfüllen sie die Erwartungen bezüglich aller Eigenschaften?

**Erfordert sind Präzisionsvermessungen der Superpartner-Teilchen**

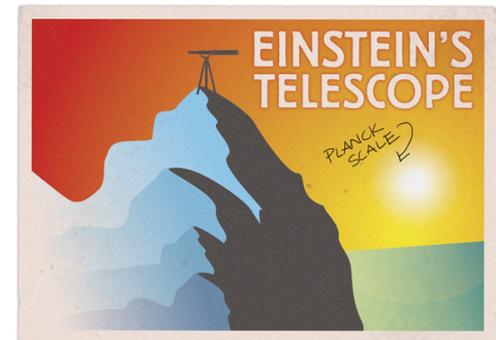
Kombinierte Ergebnisse von LHC und ILC zusammen werden SuSy / MSSM bestätigen oder verwerfen

---

Präzise Vermessung erfordert hohe Energien und eine “saubere” Messumgebung!

→ Am ILC wirds am besten gelingen!

**Anomalitäten in den Ergebnissen lassen durch Korrekturrechnung auf die Physik in viel höheren Energiebereichen schließen (Teleskopeffekt)**



- Es gibt Modelle, die zusätzliche Dimension(en) zur Raumzeit fordern

$$e^+ e^- \rightarrow G_{KK} \gamma$$

→ Einzelnes Photon mit Energiekontinuum

- Strahlpolarisation enorm wichtig, um andere Prozesse zu unterdrücken!
-

SM-Erweiterungen (SuSy, Extra Dim.,...) führen automatisch auf WIMP

Weakly Interacting Massive Particle (Dunkle Materie Kandidat!)

## **ILC:**

- In allen Experimenten nach “Missing Energy Events” suchen!
- Falls möglich, Masse eines WIMP bestimmen

ILC, “WMAP”, “Planck satellite” könnten zusammen dunkle Materie erklären

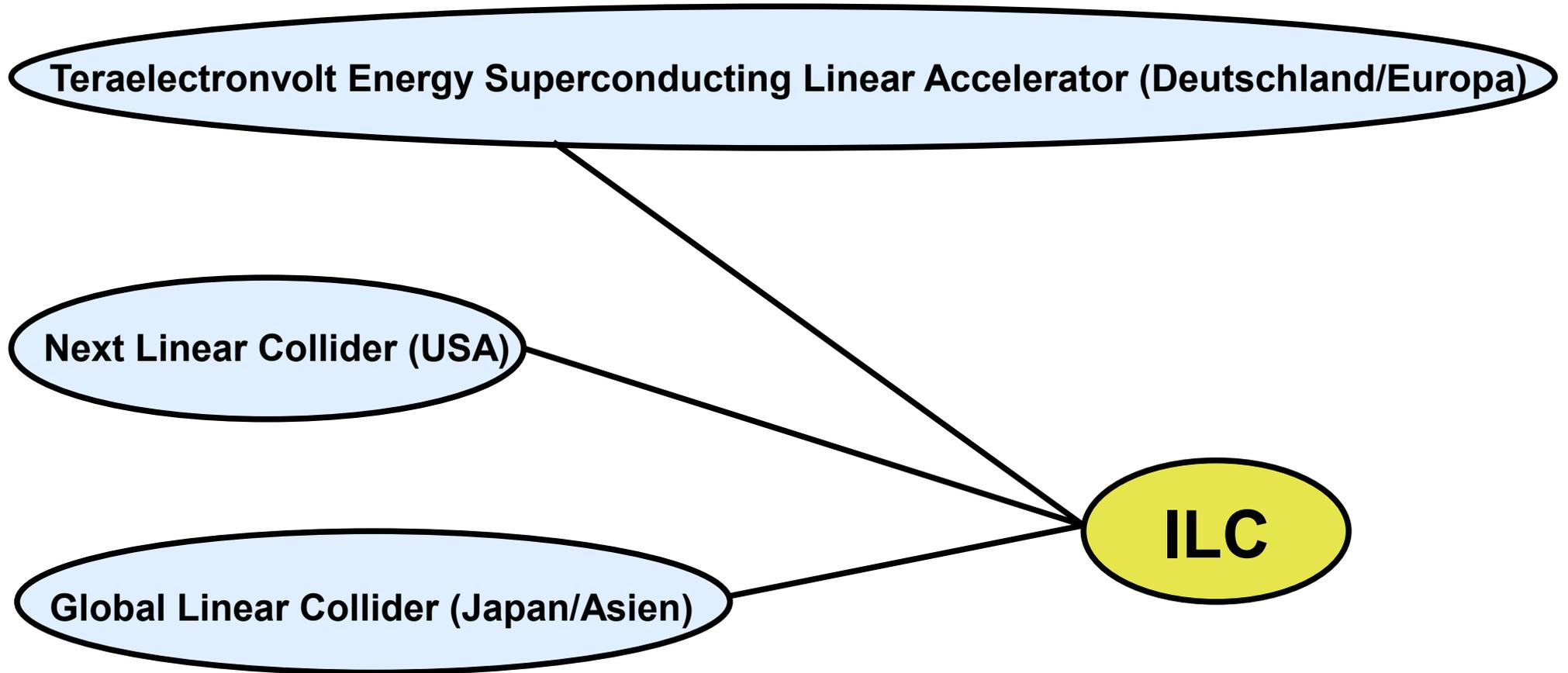
---

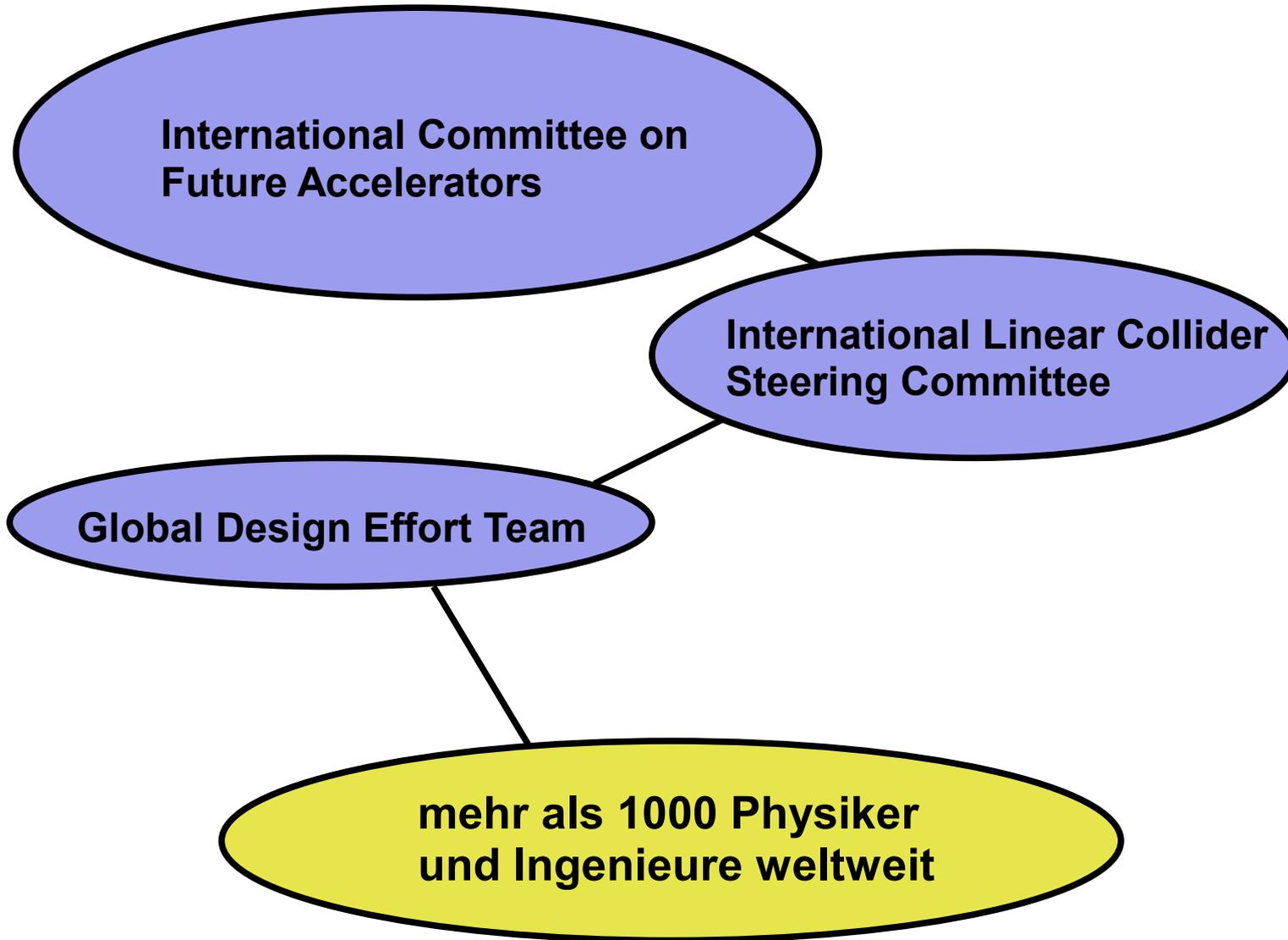
Die Untersuchung des Higgsmechanismus' ist der **Ausgangspunkt eines breiten Programms** zur Untersuchung der **Physik jenseits des SM**

Innerhalb von 20 - 30 Jahren Laufzeit des ILC werden viele Fragen geklärt und vor allen Dingen **neue, präzise Fragen** gestellt werden können

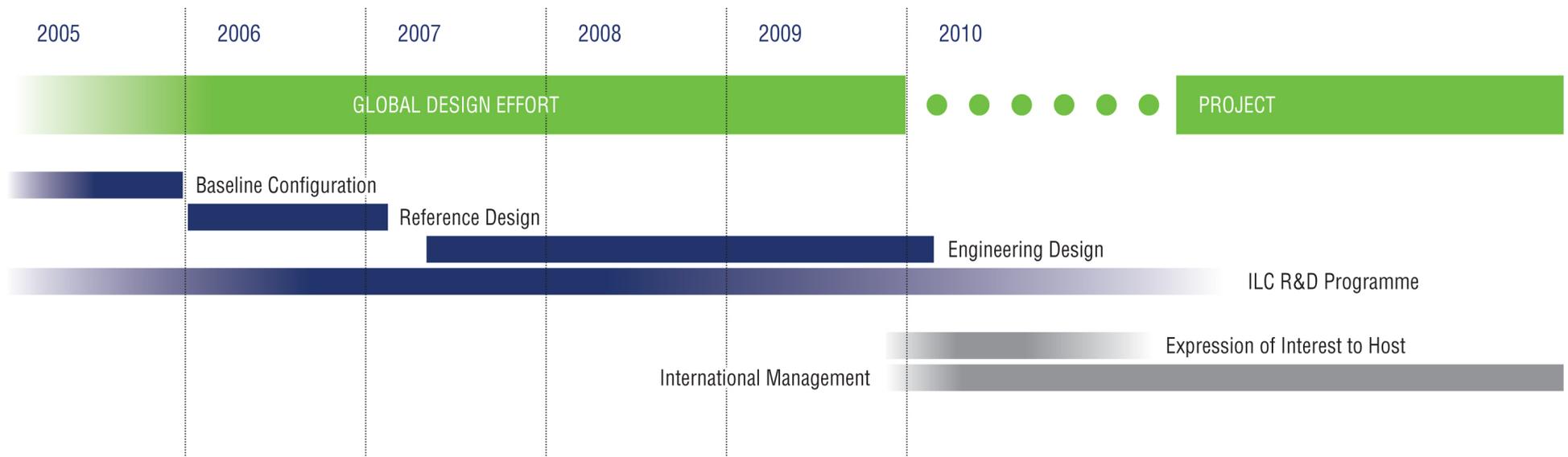
Man wird den **Antworten auf fundamentale Fragen** näher kommen:

- Existieren zusätzliche Dimensionen?
  - Was hat es mit der dunklen Materie und dunklen Energie auf sich?
  - Gibt es die Vereinigung aller Kräfte?
  - Was passierte zu Beginn der Entstehung des Universums?
-





- 2005: “Baseline Design”
- 2007: “Reference Design” inkl. RDR
- bis ~2010: “Engineering Design” inkl. EDR
- parallel: World Wide Study arbeitet Detector Concept (Report) aus



... muss sich entscheiden, wo ILC gebaut wird! (Amerika, Europa oder Asien)

Ein paar Informationen zum Bau und Anforderungen an die Örtlichkeit:

- min. 72 km Tunnel
- einige 100 m unter der Erde!
- riesige unterirdische Hallen
- geoloische Stabilität gefordert (seismische Aktivität)
- geringstmögliches mechanisches Rauschen
- leistungsfähige elektrische Infrastruktur

➔ Studien laufen bereits



bisherige **Schätzung: 6.65 Mrd \$**

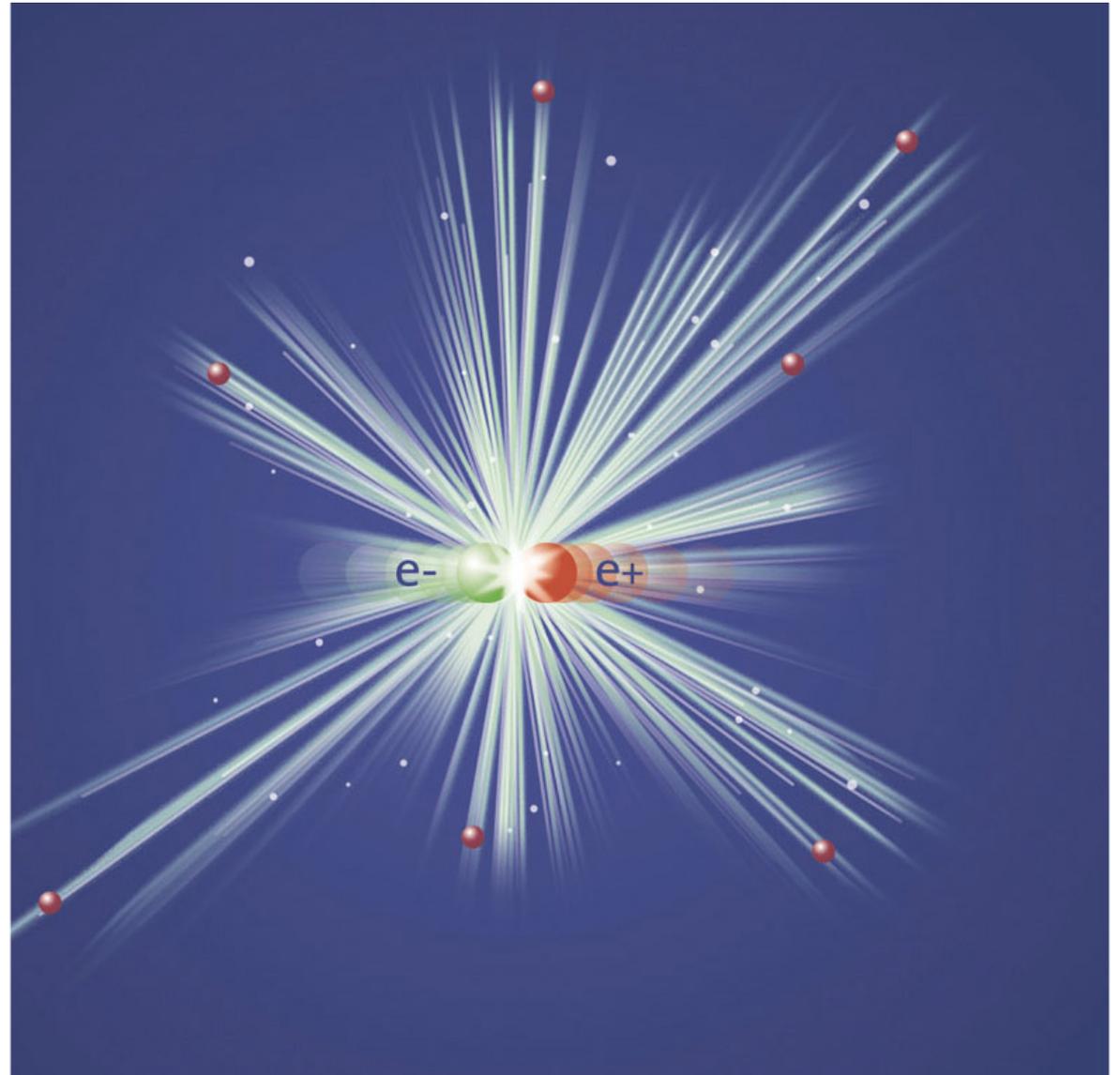
**ohne** R&D, “prototyping”, Landvermessung, “Untergrundbaukosten”, Detektoren, Eventualitäten

auf die Heimatnation kommen geschätzt **weitere 1.8 Mrd \$** für Bau und Infrastruktur zu:

- Tunnel und Schächte ausheben
  - Wasser- und Stromversorgung sicherstellen
-

... nach etwa 7 Jahren Bauzeit, nachdem der Global Design Effort abgeschlossen ist

→ frühestens 2017:



**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**



---

## Literatur:

- ILC Global Design Effort, World Wide Study: *International Linear Collider Reference Design Report*, 2007
  - ILC Community: *Gateway to the Quantum Universe*, 2007
  - Ariane Frey: *Physics Highlights at the ILC*, Vortrag (2007)
  - <http://www.linearcollider.org/> (called in January, 2008)
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Linear\\_Collider](http://en.wikipedia.org/wiki/International_Linear_Collider) (called in January, 2008)
  - Brian Foster: *The Status of the ILC*, Vortrag (2007)
-