

# Herzlich Willkommen bei DESY.

Was ist das DESY und welche Forschung wird bei uns betrieben?



Michael Grefe  
DESY Presse- und Öffentlichkeitsarbeit (PR)



# Was ist das DESY?

- **Deutsches Elektronen-Synchrotron**  
DESY
- Ein nationales Forschungszentrum der  
**HELMHOLTZ  
| GEMEINSCHAFT**
- Gegründet: 18. Dezember 1959 in  
Hamburg
- Zwei Standorte: Hamburg und Zeuthen
- Jahresetat: 192 Mio. Euro
  - 90% Bundesministerium für Bildung und  
Forschung
  - 10% Stadt Hamburg bzw. Land  
Brandenburg



# Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

- > Größte Wissenschaftsorganisation Deutschlands
  - 16 Forschungszentren
  - 30 000 Mitarbeiter
  - 3 Milliarden Euro Jahresetat
- > Grundlagenforschung zur Lösung wichtiger Fragen in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft
- > Verfolgung langfristiger Forschungsziele des Staates

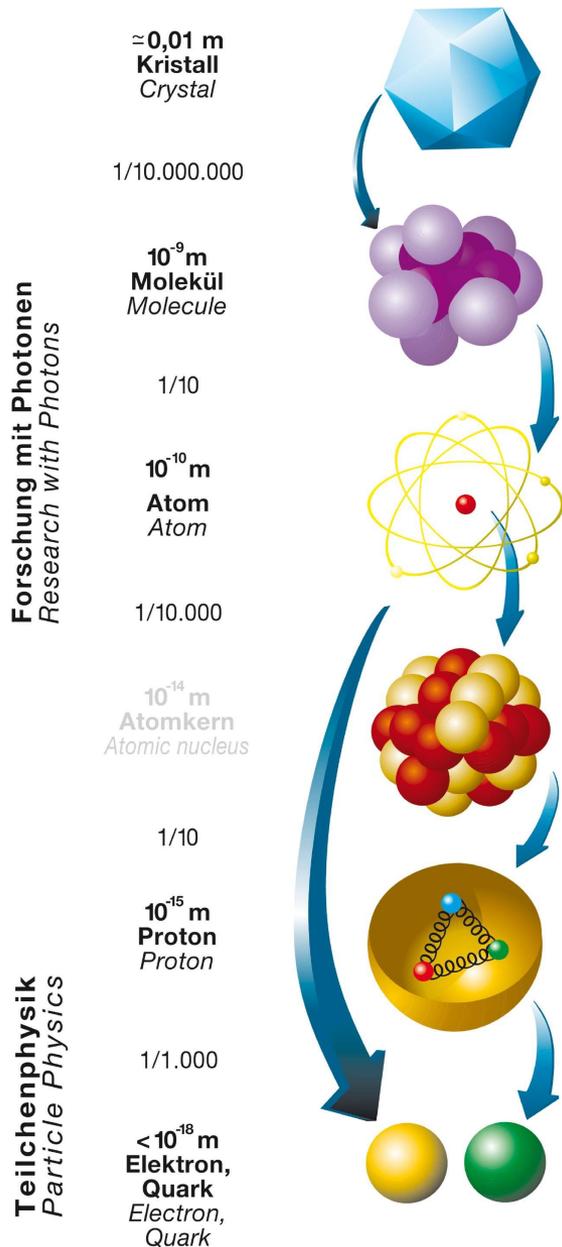


# Wer arbeitet bei DESY?

- Etwa 2000 Mitarbeiter
  - Darunter 650 Wissenschaftler
- Ausbildung
  - Über 100 Auszubildende in gewerblich-technischen und kaufmännischen Berufen
- Wissenschaftlicher Nachwuchs
  - Etwa 700 Diplomanden, Doktoranden und Postdocs
- Gastforscher
  - Jährlich über 3000 aus 40 Nationen



# Welche Forschung betreiben wir bei DESY?



➤ Wir betreiben naturwissenschaftliche Grundlagenforschung

➤ Forschung mit Photonen

- Untersuchungen molekularer und atomarer Strukturen aus allen Naturwissenschaftsbereichen mittels speziellem, an Beschleunigern erzeugtem, Licht

➤ Beschleuniger

- Entwicklung, Bau und Betrieb von Teilchenbeschleunigern
- Grundlage für Teilchenphysik und Forschung mit Photonen

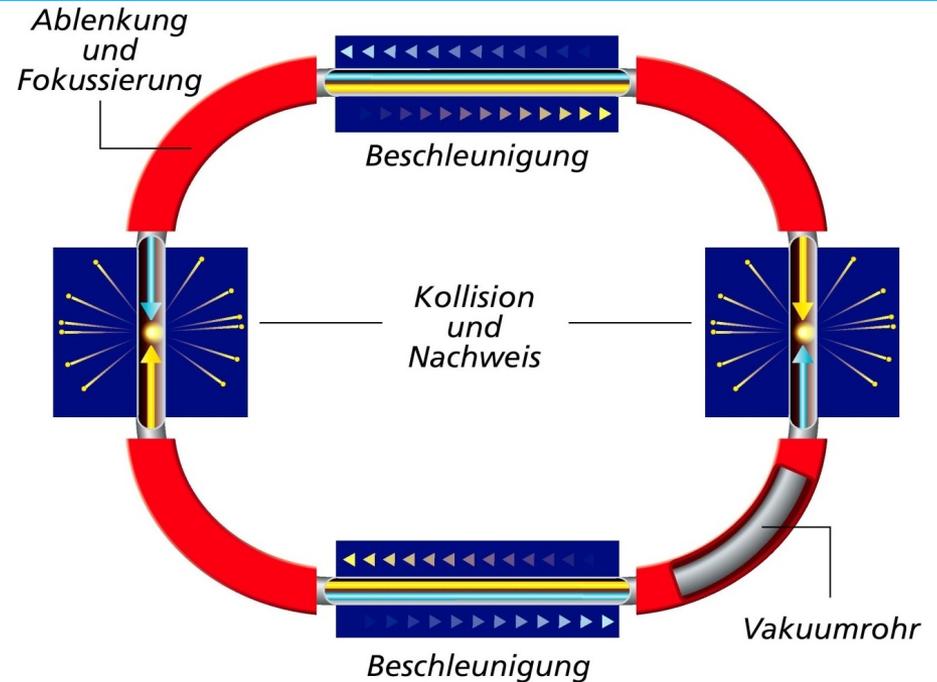
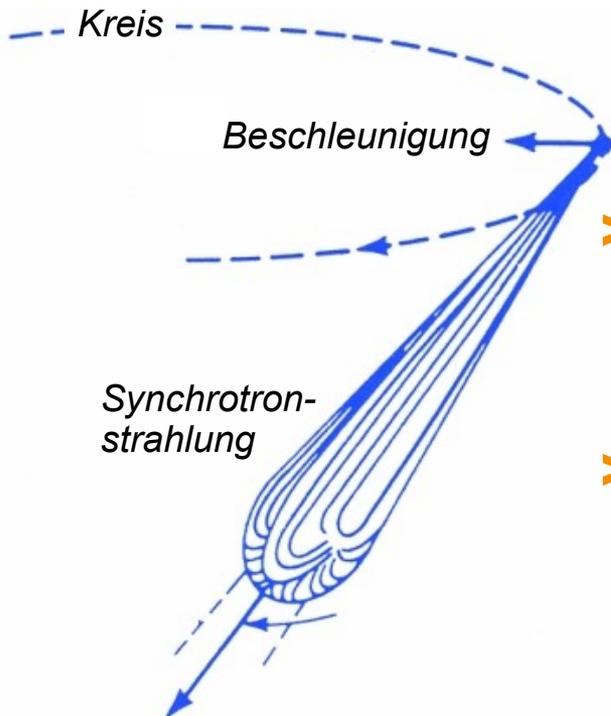
➤ Teilchenphysik

- Untersuchung der fundamentalen Bausteine und Kräfte, aus denen unser Universum besteht

# Was ist ein Speicherring?

## > Geladene Teilchen (Elektronen, Protonen, ...)

- Werden mit Hilfe elektrischer Felder beschleunigt
- Werden mit Hilfe magnetischer Felder abgelenkt



## > Was begrenzt die erreichbare Energie?

- Magnetstärke kann nicht beliebig erhöht werden
- Energieverlust in den Kurven durch Synchrotronstrahlung

## > Lösungen:

- Speicherringe mit größerem Umfang
- Beschleuniger ohne Kurven → Linearbeschleuniger

# Welche Beschleuniger gibt es bei DESY?



# Die Geschichte der Beschleuniger bei DESY

## > 1964: Deutsches Elektronen-Synchrotron

- Bestätigung der Quantenelektrodynamik

## > 1974: Doppel-Ring-Speicher

- Schwere Quarks und b-Mesonen
- Seit 1981: **Hamburger Synchrotronstrahlungslabor (HASYLAB)**

## > 1978: Positron-Elektron-Tandem-Ring-Anlage

- Entdeckung des Gluons (1979)
- Seit 2009: Nutzung als Synchrotronstrahlungsquelle (PETRA III)

## > 1992: Hadron-Elektron-Ring-Anlage

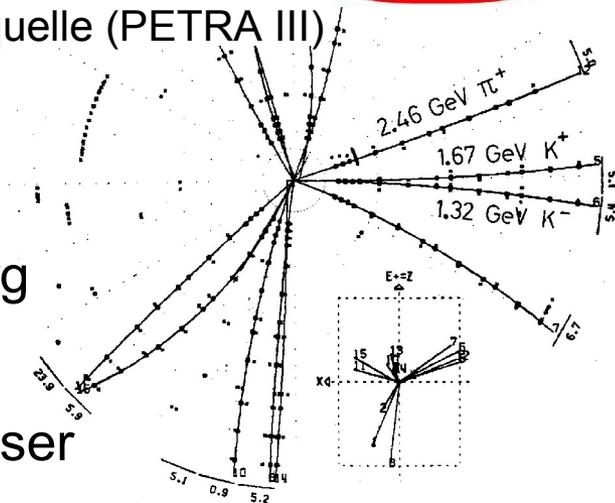
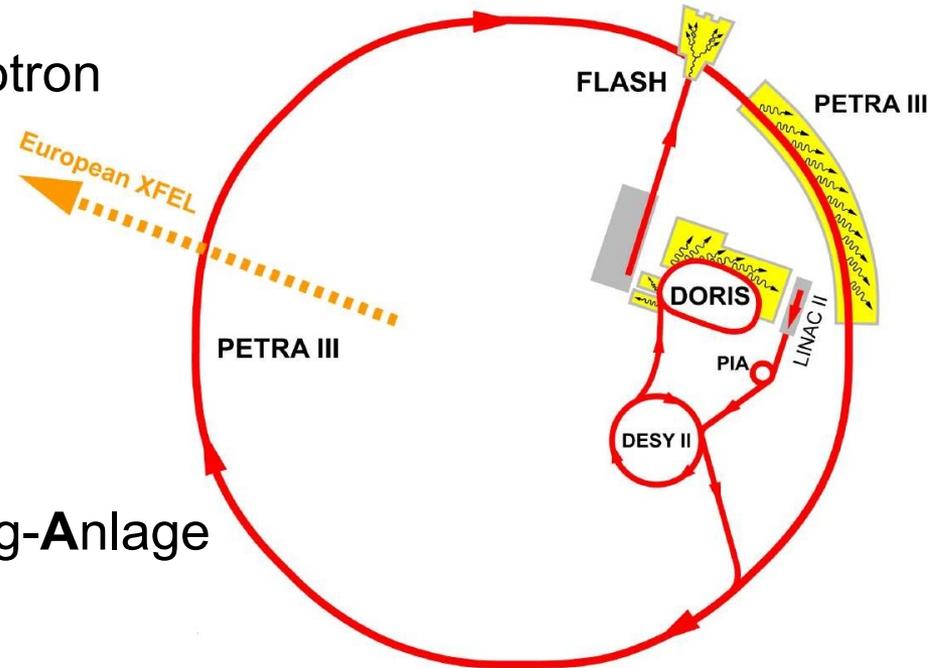
- Untersuchung des Protons

## > 2005: Freie-Elektronen-Laser in Hamburg

- Erster FEL im weichen Röntgenbereich

## > 2014: European X-Ray Free-Electron-Laser

- Stärkster Röntgenlaser der Welt



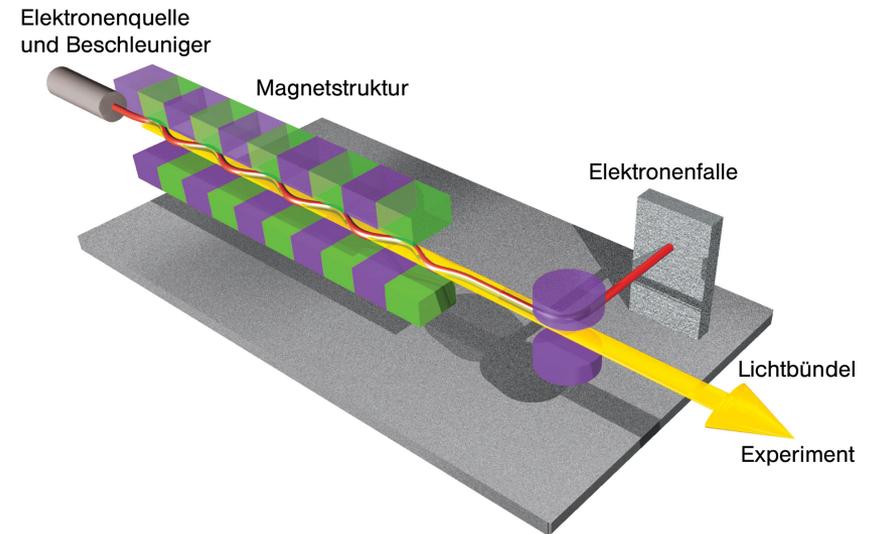
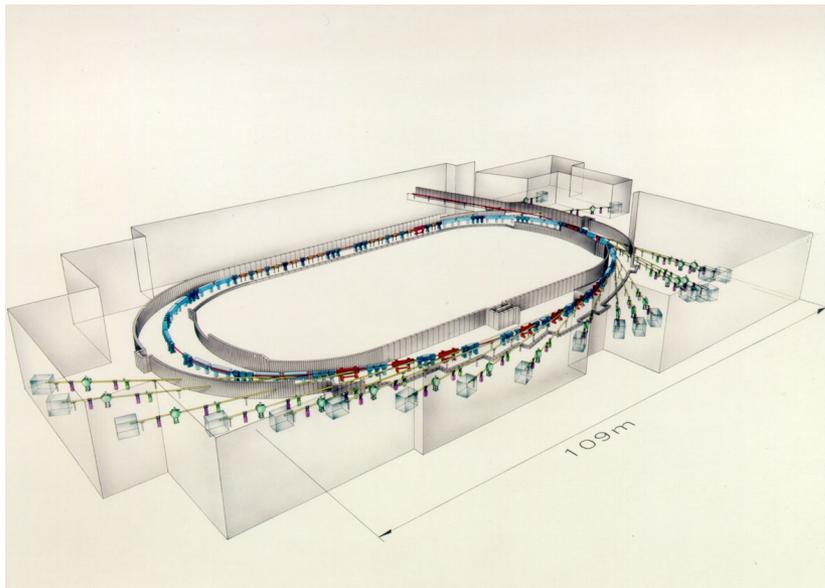
# Forschung mit Photonen

## > Synchrotronstrahlung ist Licht mit besonderen Eigenschaften

- Sehr intensiv
- Sehr stark fokussiert
- Sehr breites Spektrum (Wellenlänge kann passend zum Experiment gewählt werden)

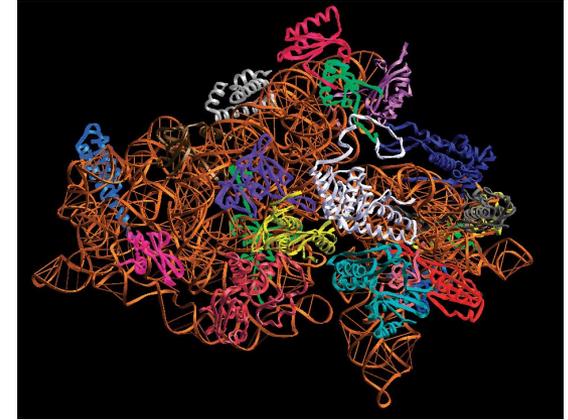
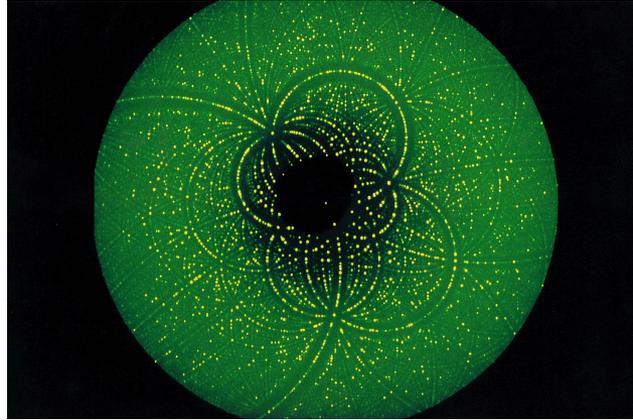
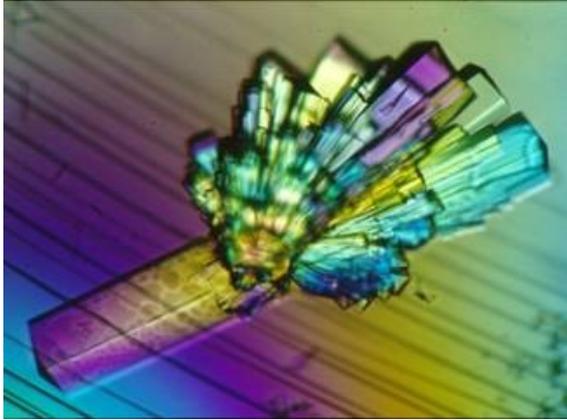
## > Teilchenbeschleuniger als Synchrotronstrahlungsquelle

- Speicherringe: DORIS III (HASYLAB) und PETRA III
- Freie-Elektronen-Laser: FLASH und European XFEL



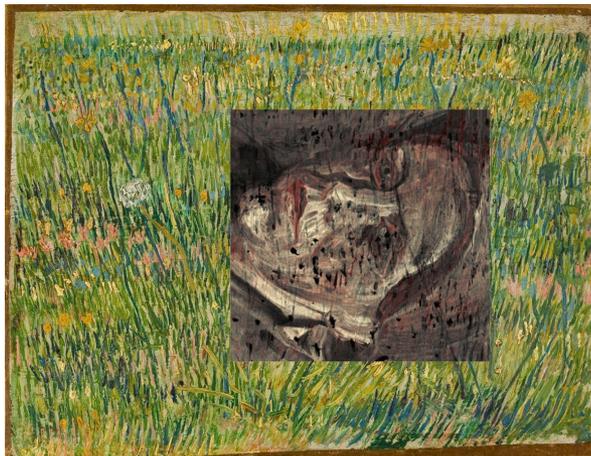
# Anwendungen der Synchrotronstrahlung

## > Strukturuntersuchung, z. B. von Biomolekülen



▪ Vom Proteinkristall ... über Beugungsbilder ... zum 3D-Aufbau des Ribosoms

## > Struktur des Ribosoms: Nobelpreis für Chemie 2009 (*Ada Yonath*)

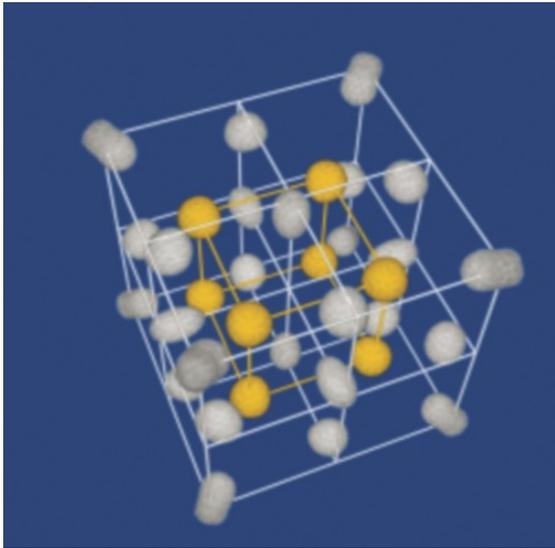


- > Materialforschung
- > Untersuchung von Plasmen
- > Rekonstruktion eines übermalten Bildes in Van Goghs *Grasgrönd*

# PETRA III & FEL: Das können unsere Anlagen

## > PETRA III

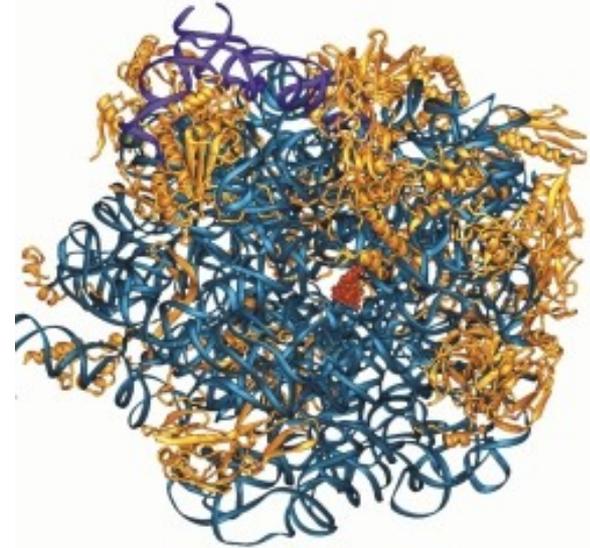
- „ungeordneter“ Strahl untersucht „geordnete“ Proben



- Kristalle

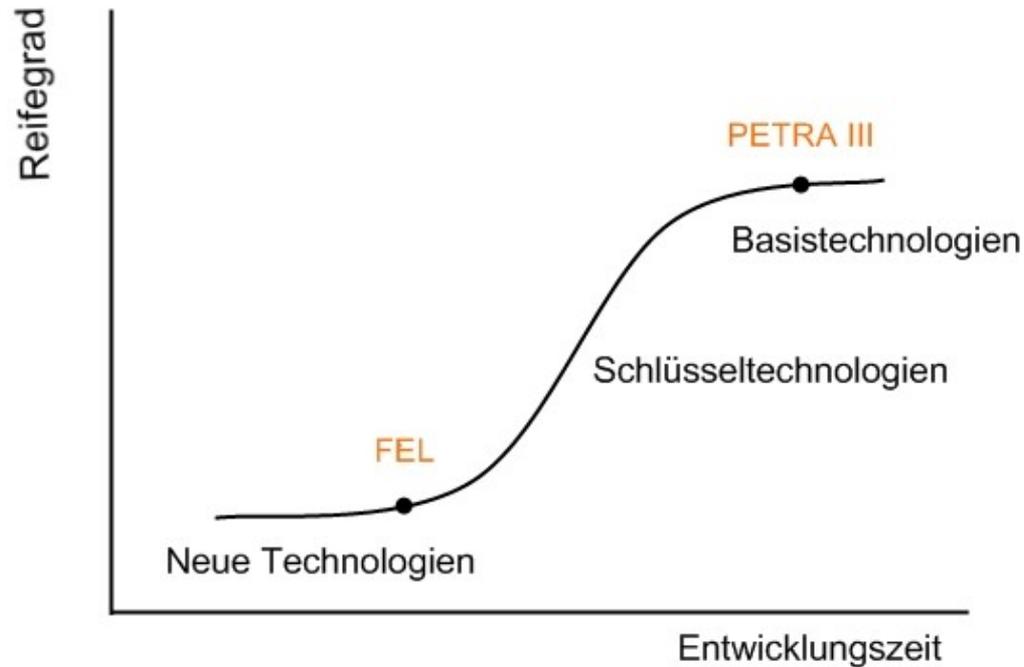
## > Freie-Elektronen-Laser

- „geordnetes“ Licht untersucht „ungeordnete“ Proben



- Nicht kristalline Festkörper
- Biologische Proben

# Lichtquellen bei DESY: Heute, morgen und übermorgen



## > PETRA III – beste Lichtquelle mit der Technologie von heute

- Ausgereifte Technologie
- Hohes Anwendungspotential: Nutzung in der Industrie, Medizin, ...
- Standbilder aus dem Nanokosmos

## > Freie-Elektronen-Laser – Technologie von morgen

- Revolutionäre Technologie
- Live-Schaltung in den Nanokosmos

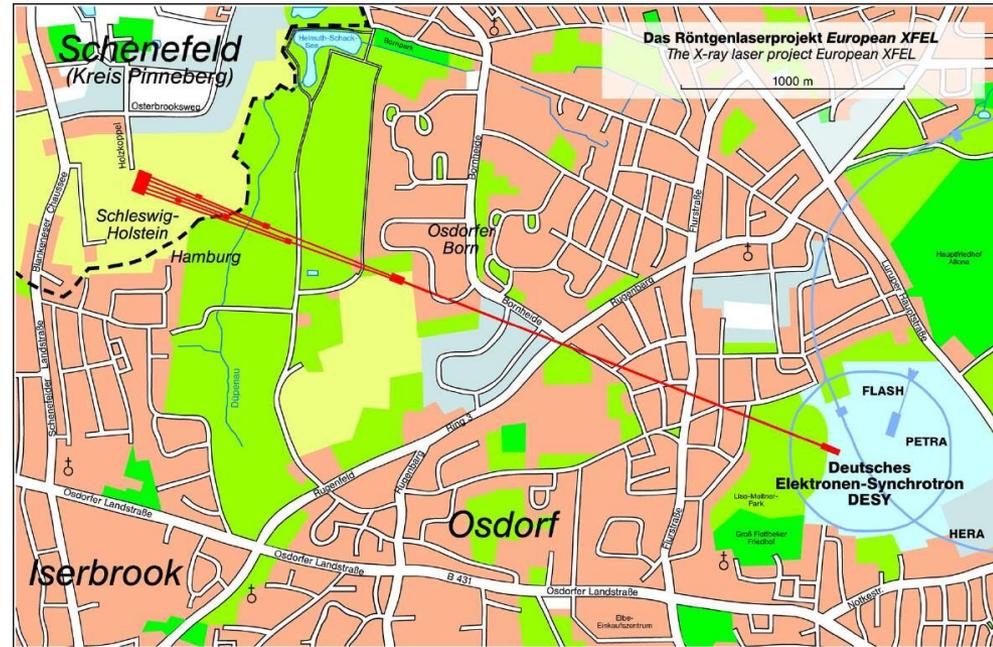
# Die Zukunft: European X-Ray Free-Electron-Laser (XFEL)

➤ Revolutionäre Lichtquelle für Grundlagenforschung mit ultra-kurzen Röntgenlichtpulsen

- Länge: 3,4 km
- Fertigstellung: 2014

➤ Anwendungen:

- Beobachtung einzelner Moleküle
- „Filmen“ chemischer Reaktionen



➤ Bei DESY entwickelte Beschleunigungstechnologie

- Erfolgreich am Prototypen FLASH getestet



# Die Anfänge der Teilchenphysik

➤ Um 400 v. Chr. – „Nur scheinbar hat ein Ding eine Farbe, nur scheinbar ist es süß oder bitter; in Wirklichkeit gibt es nur Atome und leeren Raum.“ (Demokrit)



➤ 19. Jahrhundert – Periodensystem der Elemente (Mendelejew, Meyer)

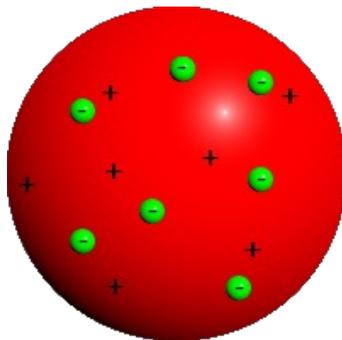
*Periodensystem der Elemente*

1											13	14	15	16	17	18		
1	H																He	
	2																	
2	3	4											5	6	7	8	9	10
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
	6.94	9.01											10.81	12.01	14.01	15.999	18.998	20.18
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
	22.99	24.31	26.98	28.09	30.97	32.07	35.45	39.95										
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	39.10	40.08	44.96	47.88	50.94	52.00	54.94	55.85	58.93	58.70	63.55	65.41	69.72	72.64	74.92	78.96	79.90	83.80
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
	85.47	87.62	88.91	91.22	92.91	95.94	98	101.07	102.91	106.42	107.87	112.41	114.82	118.71	121.76	127.60	126.90	131.29
6	55	56	La-Lu	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
	132.91	137.33		178.49	180.95	183.84	186.21	190.23	192.22	195.08	196.97	200.59	204.38	207.2	208.98	(209)	(210)	(222)
7	87	88	Ac-Lr	104	105	106	107	108	109	110	111							
	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							
	(223)	(226)		(261)	(262)	(263)	(262)	(265)	(266)	(268)	(272)							

© Peter Wich - Experimentalchemie.de - Chemie erleben!

➤ 1897 – Entdeckung des Elektrons (Thomson)

➤ 1903 – Thomsonsches Atommodell (Rosinenkuchenmodell)



# Die Anfänge der Teilchenphysik

## > 1909 – Rutherford'scher Streuversuch

- Streuung von Alpha-Teilchen an einer Goldfolie
- Entgegen der Erwartungen aus dem Thomsonschen Atommodell wird ein kleiner Anteil der Strahlung stark abgelenkt oder sogar reflektiert

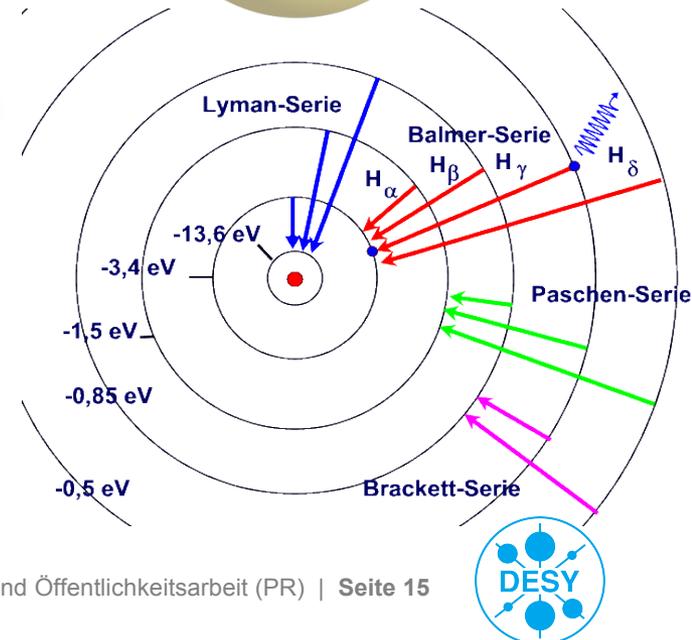
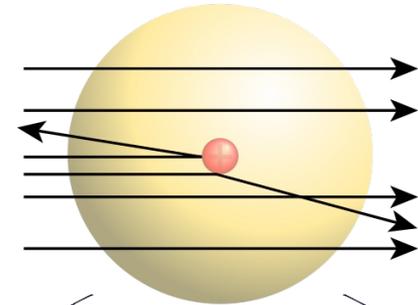
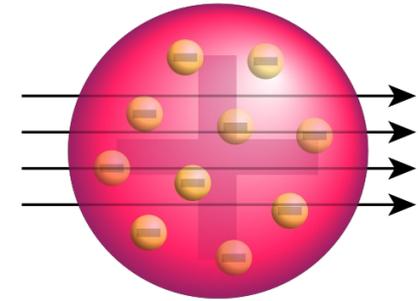
## > 1911 – Rutherford'sches Atommodell

- Die positive Ladung der Atome befindet sich in einem sehr kleinen, kompakten Atomkern

## > 1913 – Bohrsches Atommodell

- Die Elektronen bewegen sich auf *quantisierten* Bahnen um den Atomkern
- Damit lassen sich Spektrallinien verstehen

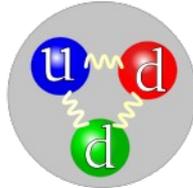
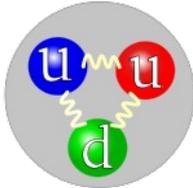
## > Um 1950 bis heute – Entdeckung neuer Elementarteilchen an Teilchenbeschleunigern



# Das Standardmodell der Teilchenphysik

> Alle Materie ist aus punktförmigen, unteilbaren Elementarteilchen aufgebaut

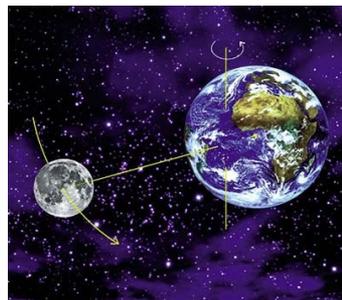
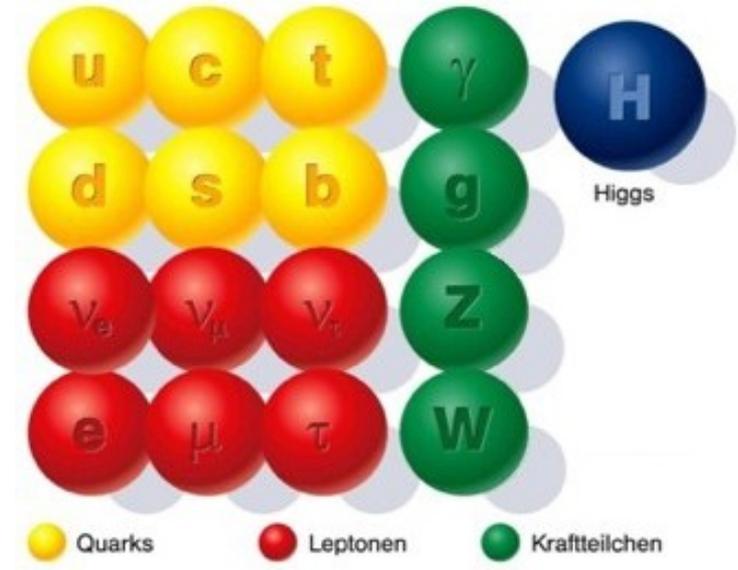
- Protonen und Neutronen bestehen aus Quarks



- Quarks: up up down      up down down

- Ladung:  $+\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = +1$        $+\frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} = 0$

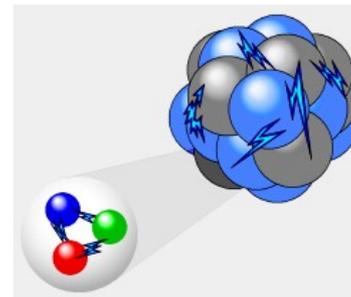
> Kräfte werden durch den Austausch von Teilchen vermittelt



- Gravitation (*Graviton?*)



- Schwache Kraft (*W- und Z-Bosonen*)



- Starke Kraft (*Gluonen*)  
bei DESY entdeckt

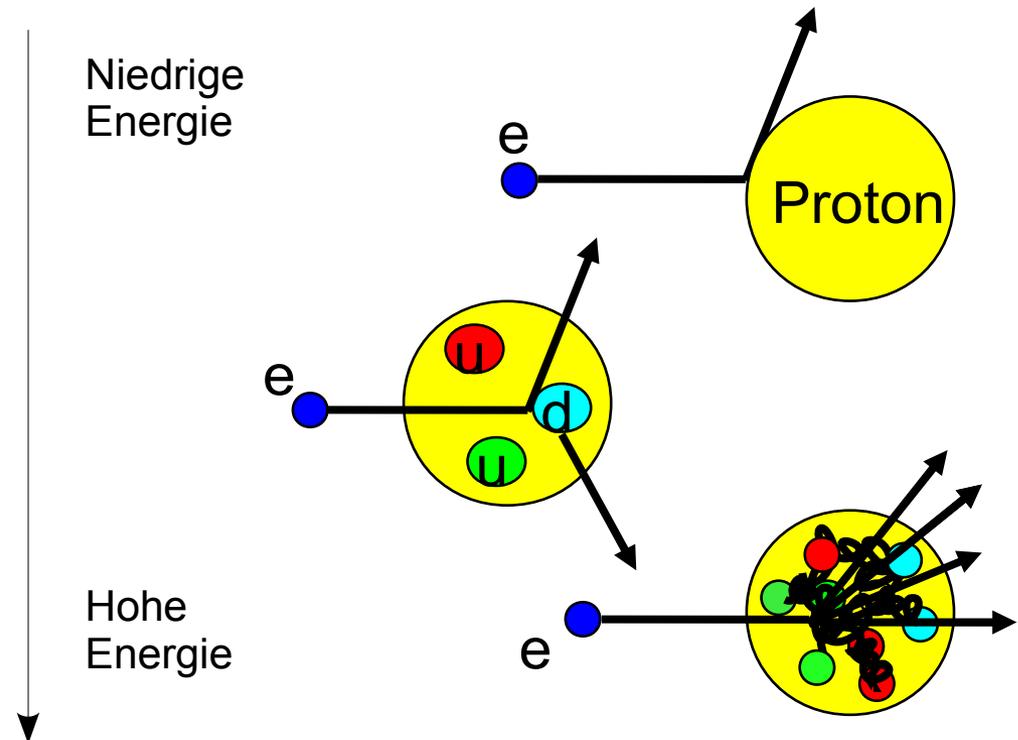
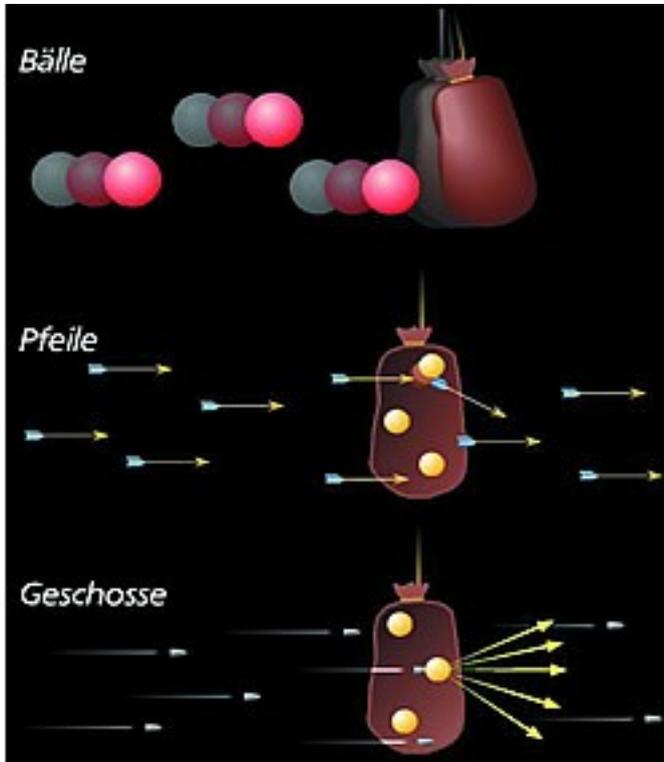


- Elektromagnetismus (*Photon*)

# Woher wissen wir das?

## > Untersuchung bekannter Teilchen in Streuexperimenten

- Hohe Energie = Hohe Auflösung



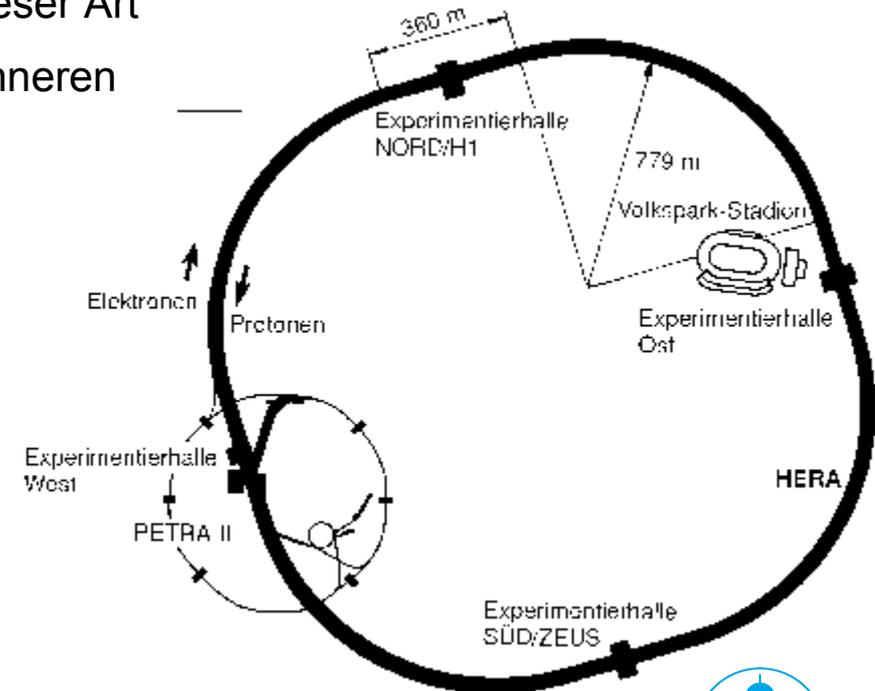
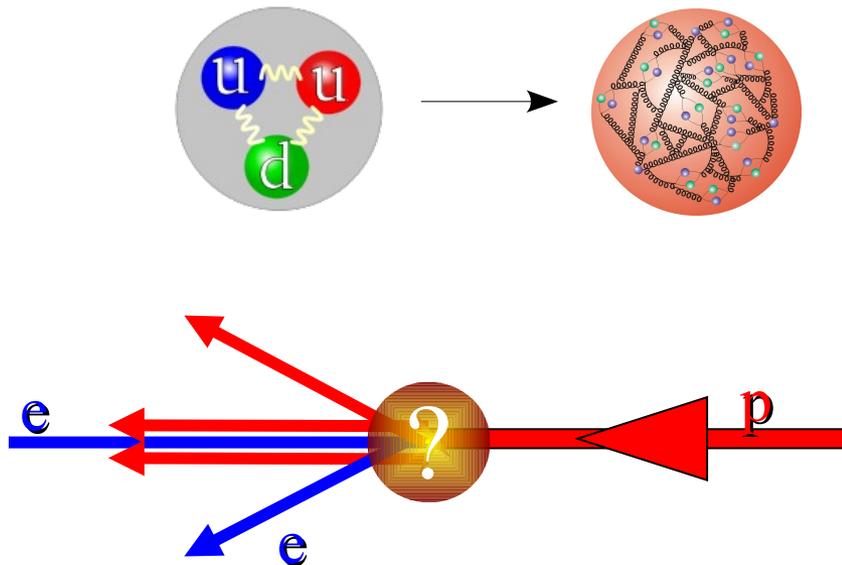
## > Erzeugung neuer, schwererer Teilchen gemäß $E=mc^2$

- Leichte Teilchen mit hoher Bewegungsenergie  $\longrightarrow$  neue, schwerere Teilchen

# Hadron-Elektron-Ring-Anlage (HERA)

## > Elektron-Proton-Speicherring

- Baubeginn: 1984
- Umfang: 6,3 km
- Messprogramm: 1992 – 2007
- Auswertung der Daten bis 2014
- Weltweit einziger Teilchenbeschleuniger dieser Art
- Wesentlicher Beitrag zur Erforschung der inneren Struktur des Protons



# Large Hadron Collider (LHC)

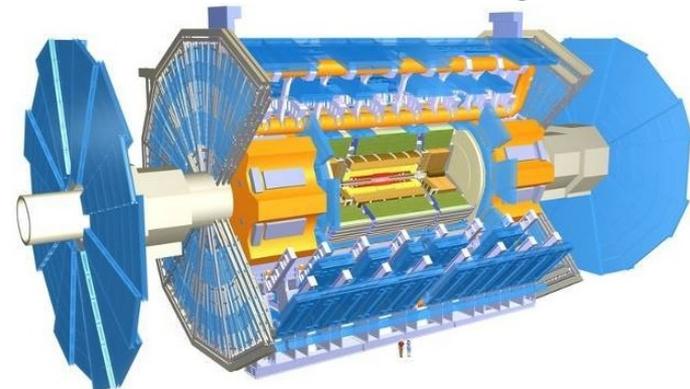
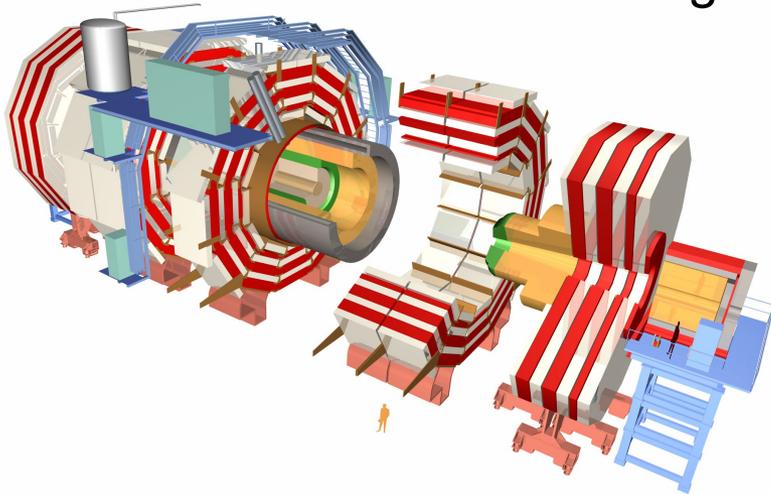
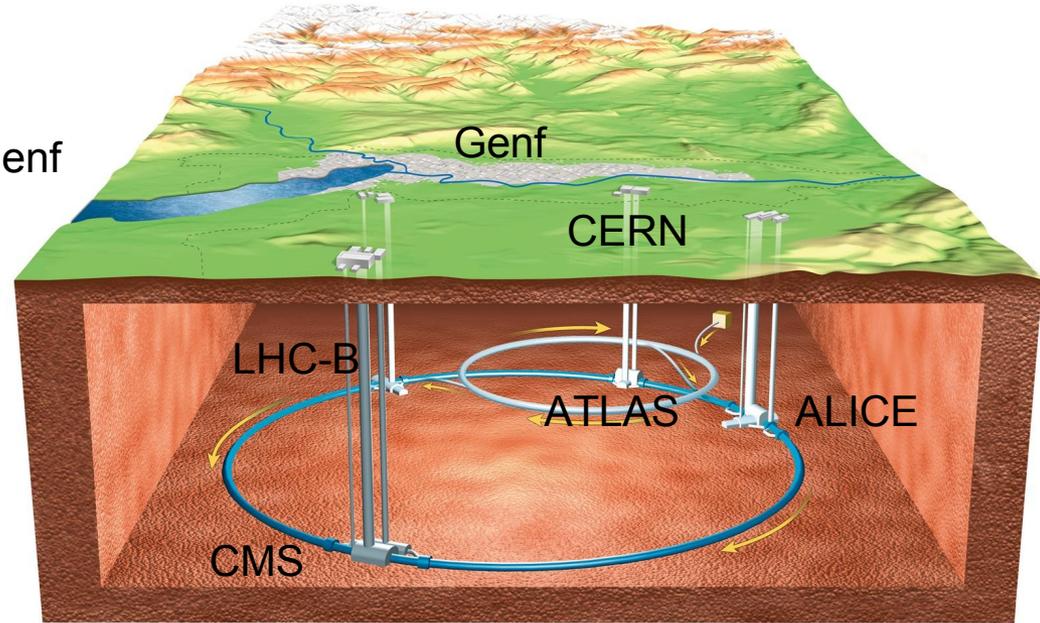
## > Proton-Proton-Speicherring

- Standort: CERN in der Nähe von Genf
- Umfang: 27 km
- Beschleuniger mit der weltweit höchsten Energie
- Beginn der Messungen: 2009

## > Ziele:

- Entdeckung des Higgs-Teilchens
- Entdeckung weiterer, neuer Teilchen jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik

## > DESY ist an den Nachweisgeräten CMS und ATLAS beteiligt



# Die Zukunft: International Linear Collider (ILC)

## > Elektron-Positron-Linearbeschleuniger

- In Planung, Entscheidung über Bau und Standort ab 2012
- Länge: über 30 km

## > Ziele:

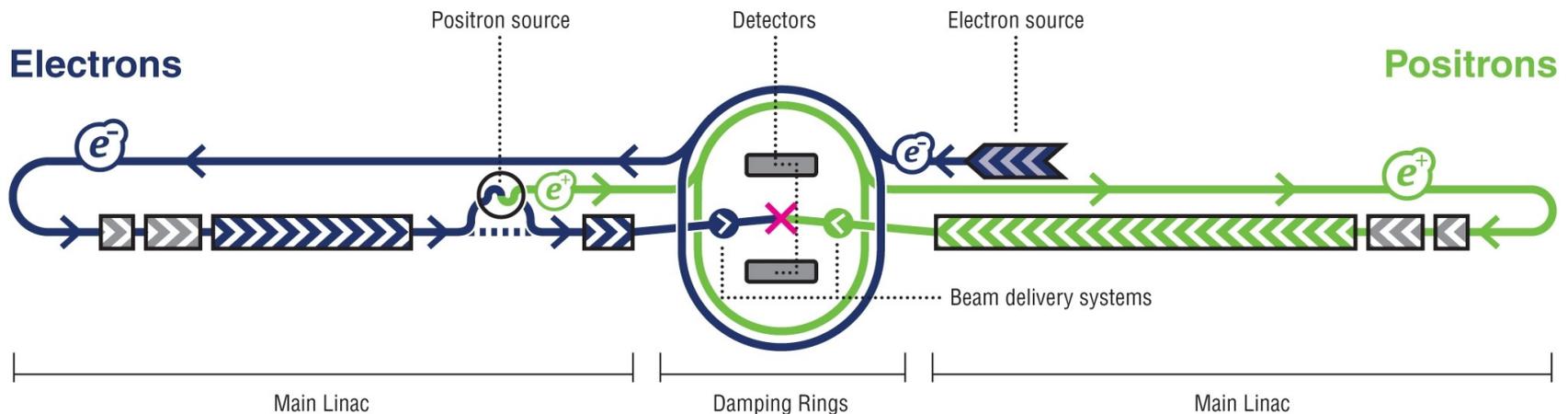
- Genaue Vermessung der Entdeckungen des LHC

## > Beschleunigungstechnologie bei DESY entwickelt (FLASH, European XFEL)

## > DESY ist auch an der Entwicklung der Nachweisgeräte beteiligt



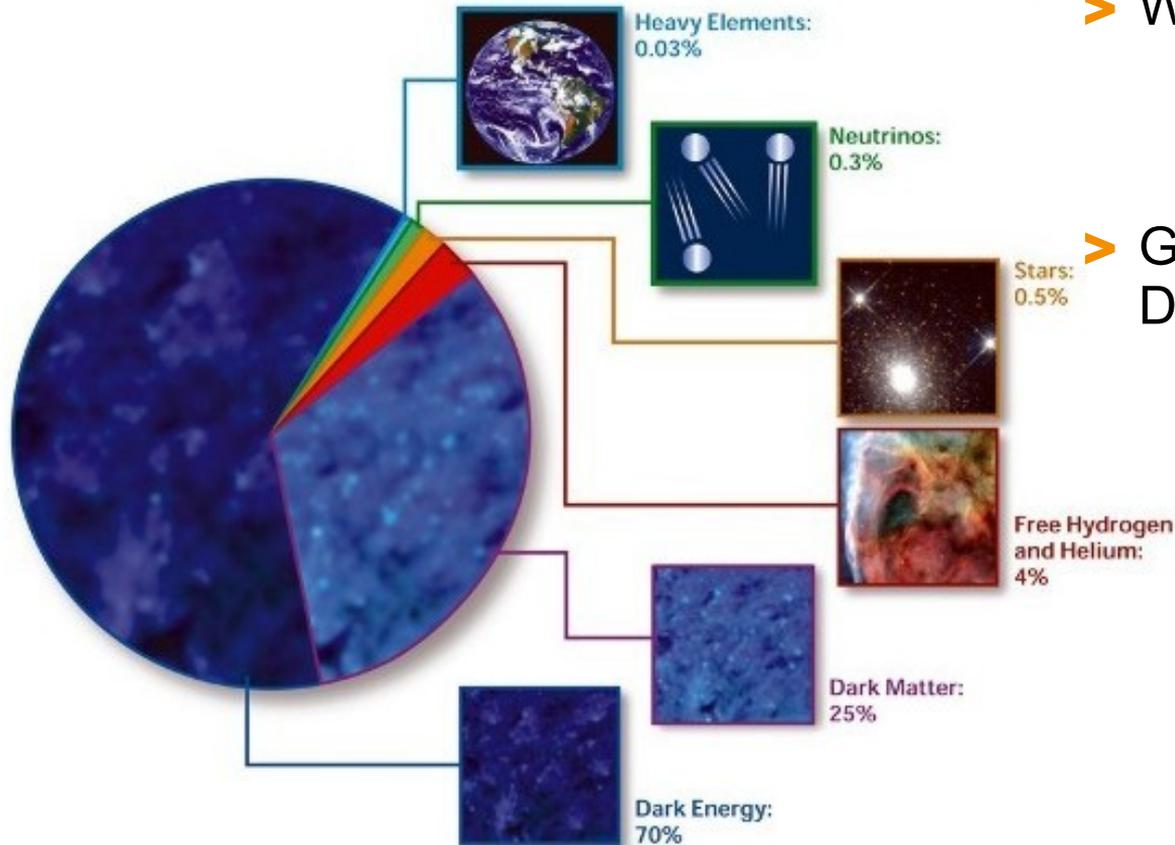
*international linear collider*



# Weitere offene Fragen ...

## > Was ist der Ursprung und das Schicksal des Universums?

- Warum besteht das Universum aus Materie und nicht aus Antimaterie?
- Was ist die Dunkle Energie?



## > Was ist die Dunkle Materie?

- Ein neues Elementarteilchen?
- Oder mehrere?

## > Gibt es zusätzliche Dimensionen der Raumzeit?

- Stringtheorie?



**Viel Spaß bei der Führung!**

