

# Mikroskope der Physiker



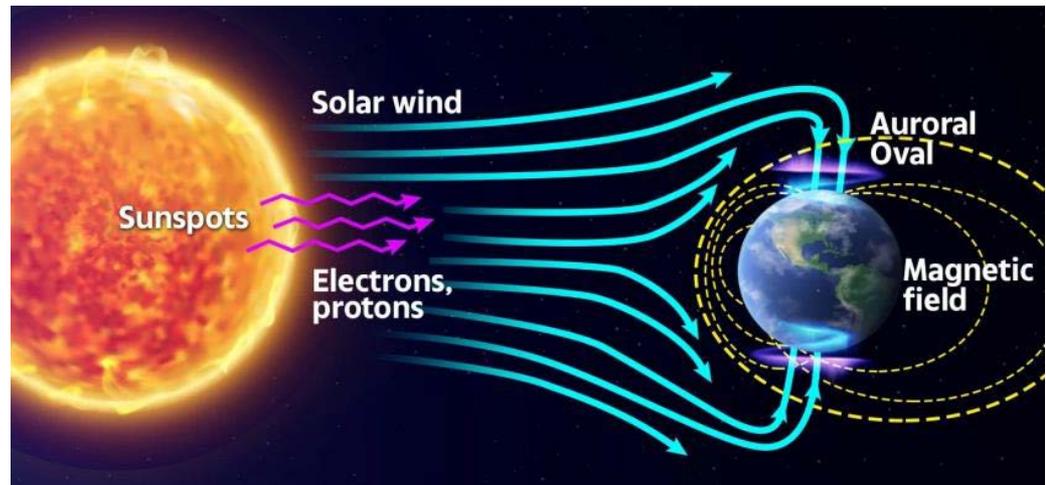
# Teilchenbeschleuniger in der Natur



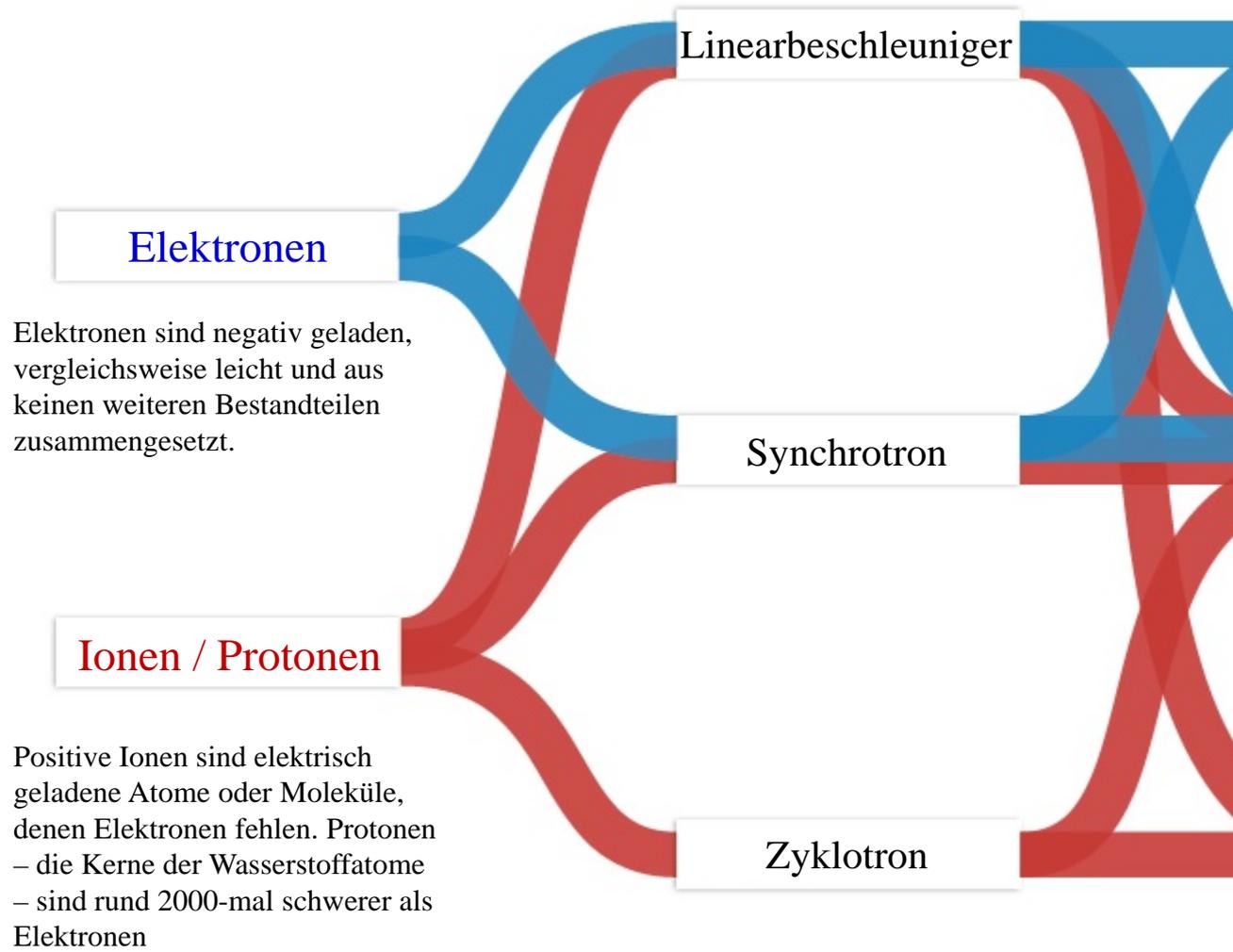
Das einfallende Gas bildet eine rotierende Scheibe um das schwarze Loch. Starke Magnetfelder lenken einen Teil der Materie um und bündeln sie in „Jets“: Strahlen aus hochenergetischen Teilchen. ( $10^{10}$ - $10^{16}$  eV)



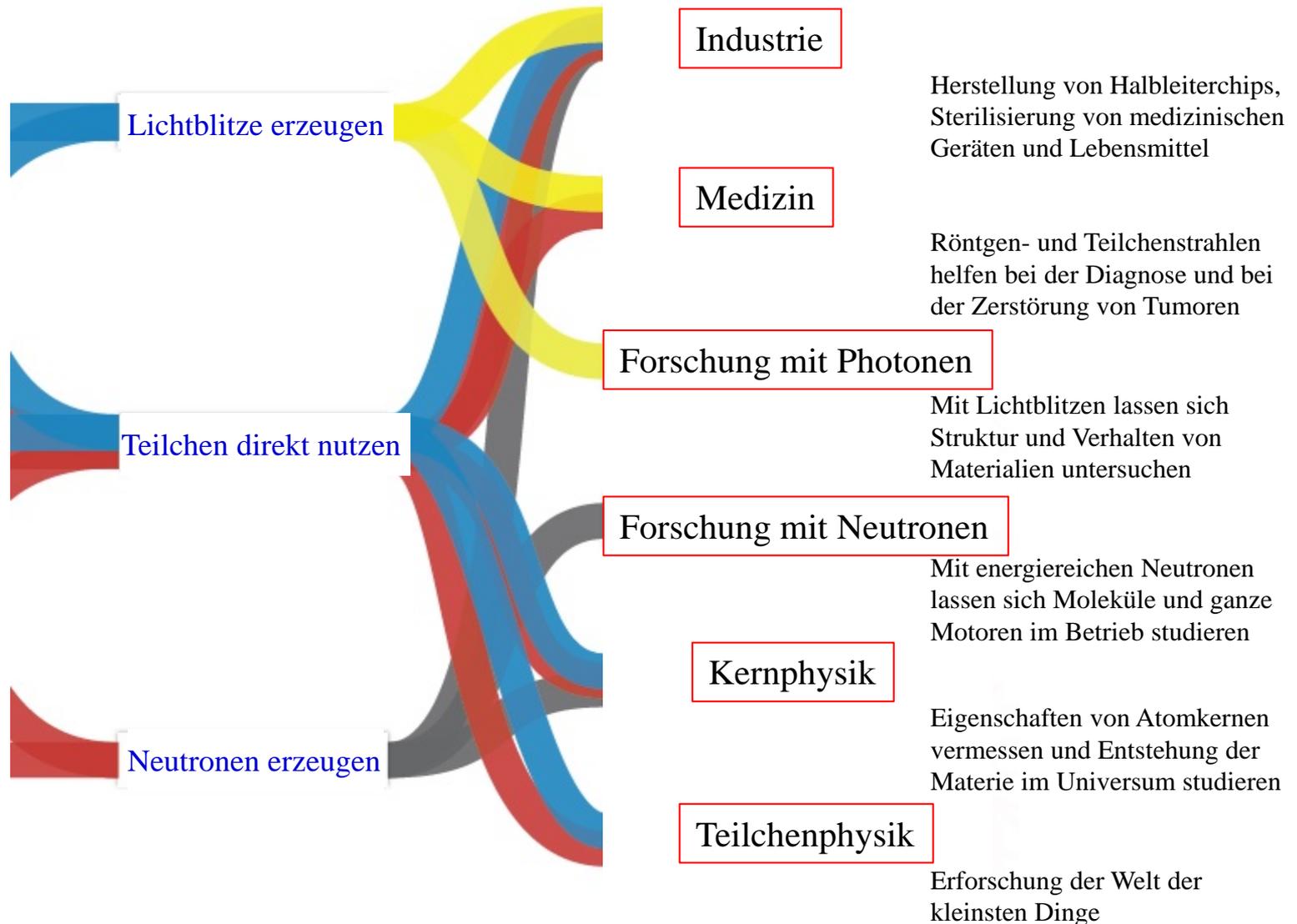
Die Quelle des Sonnenwindes ist die heiße Korona der Sonne. Dieser besteht hauptsächlich aus Protonen, Elektronen und Heliumkernen. (bis  $10^9$  eV eine Million Tonnen/sec ihrer Masse)



# Was, womit, wozu Beschleunigen?

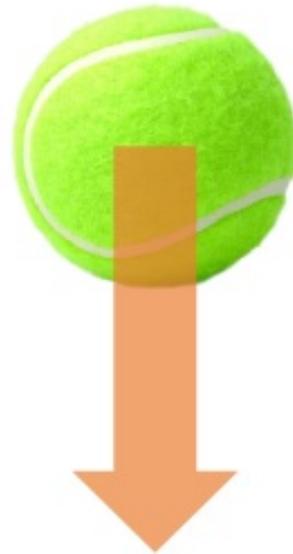


# Anwendungsgebiete



# Wie beschleunigt man einen Gegenstand

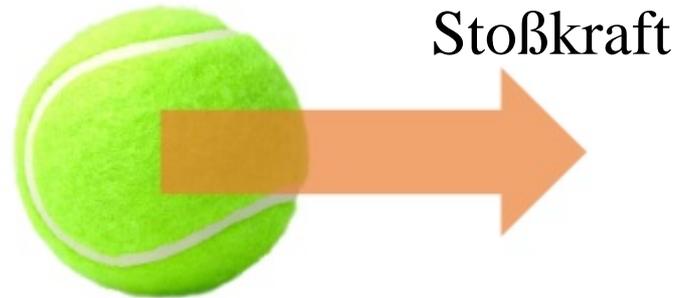
Tennisball



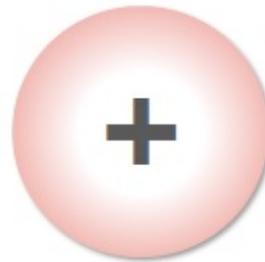
Erdanziehungskraft  
Gravitation

# Wie beschleunigt man einen Gegenstand

Tennisball



## Geladenes Teilchen



„Lorentz-Kraft“

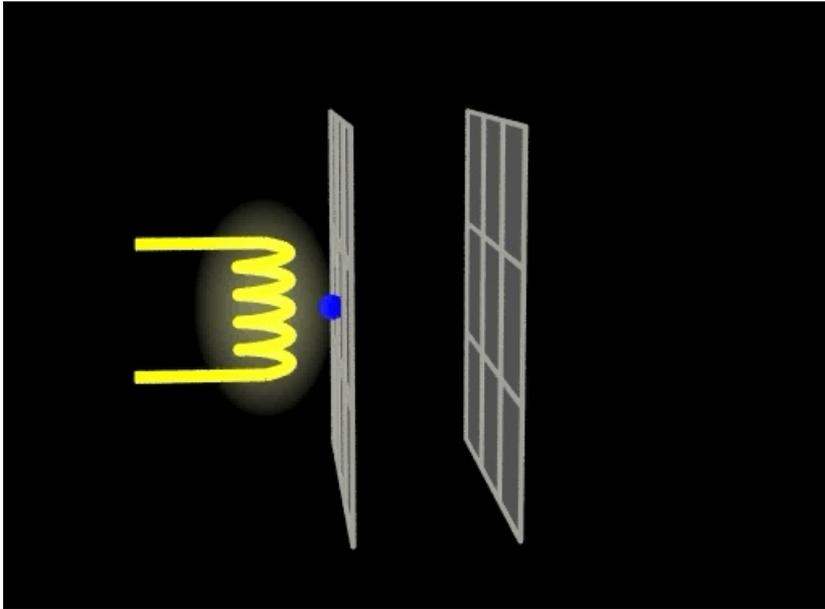
$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

elektrische Kraft

magnetische Kraft

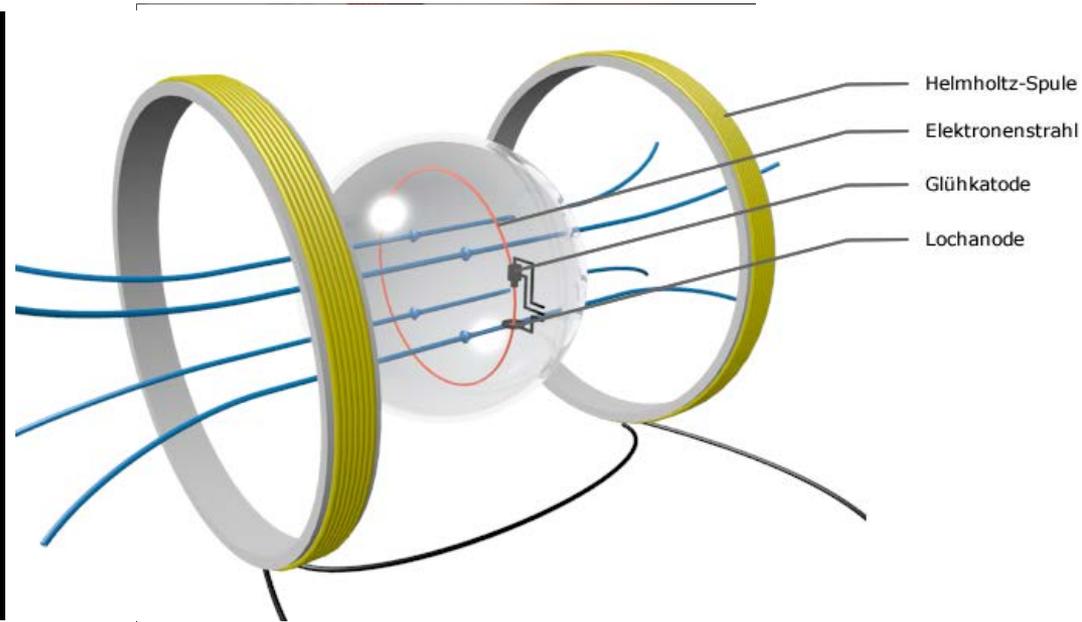
# Wie beschleunigt man einen Gegenstand

## Elektron-Strahl



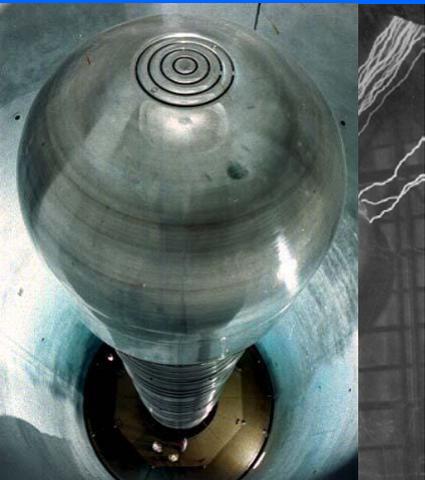
elektrische Kraft

## Fadenstrahlrohr



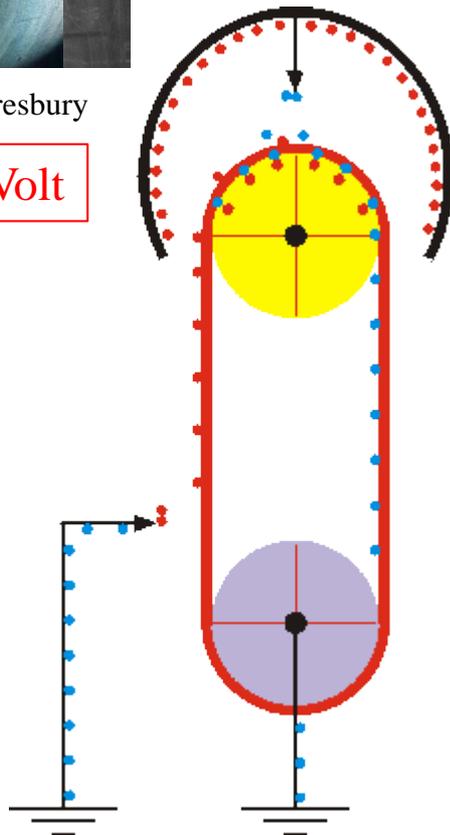
magnetische Kraft

# Elektrische Kräfte Teilchen Beine machen



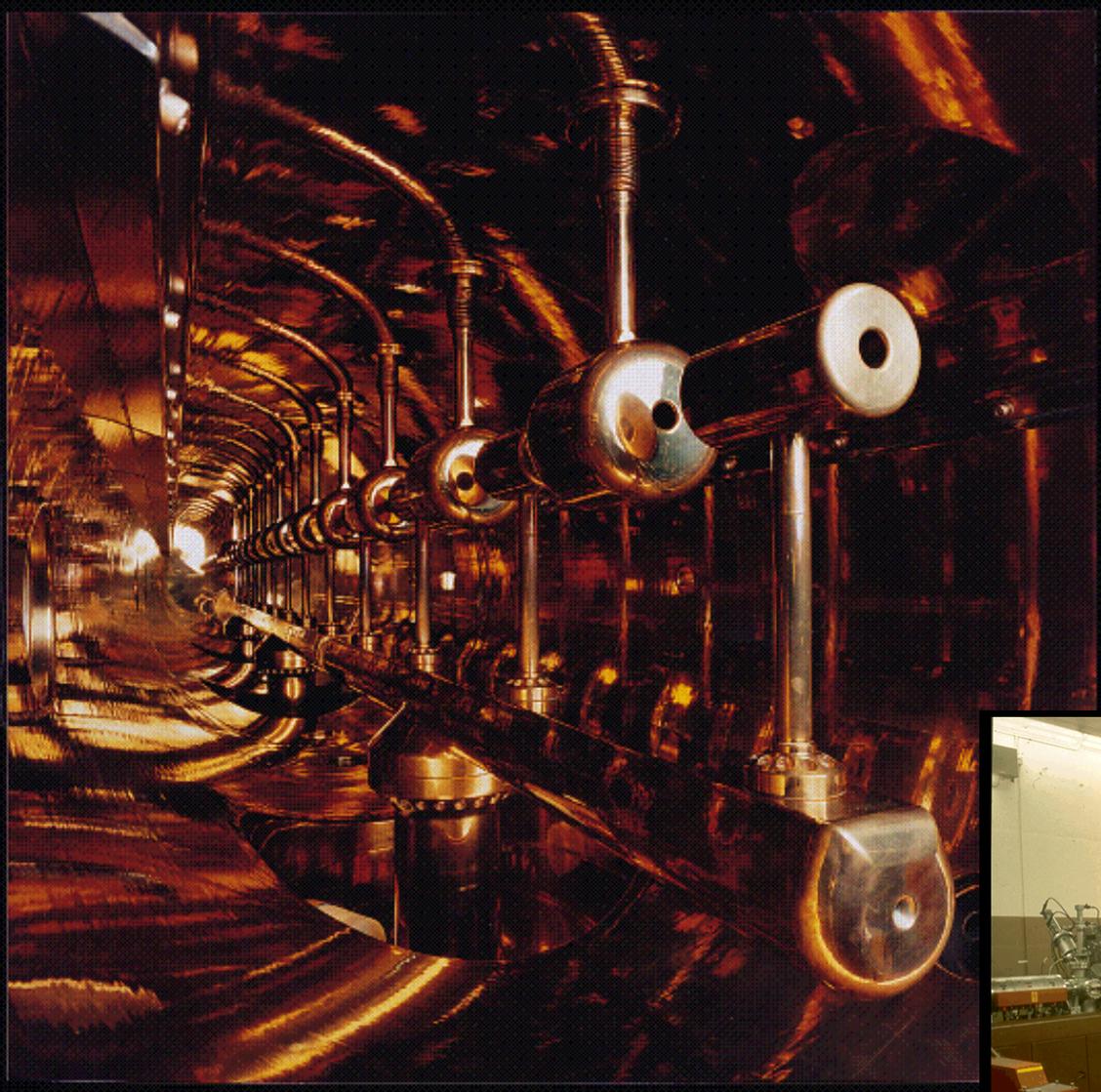
Van de Graaff - Daresbury

5 Millionen Volt

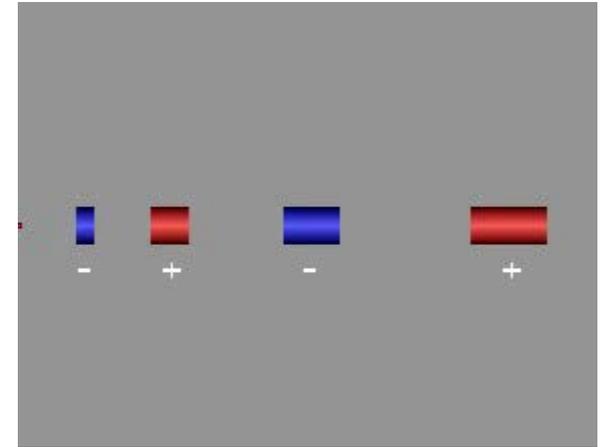


Cockcroft-Walton-Beschleuniger  
Gleichspannung

# Driftröhren-Beschleuniger

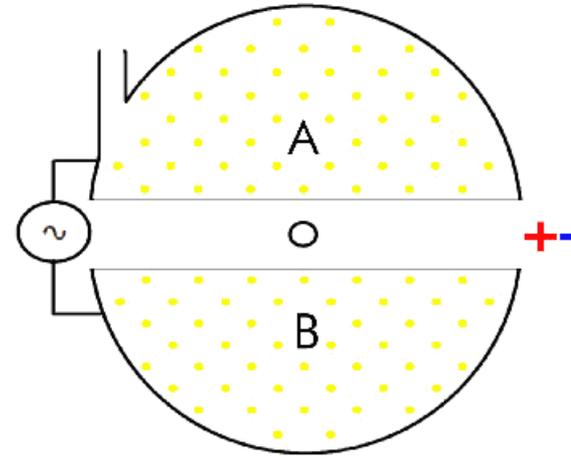
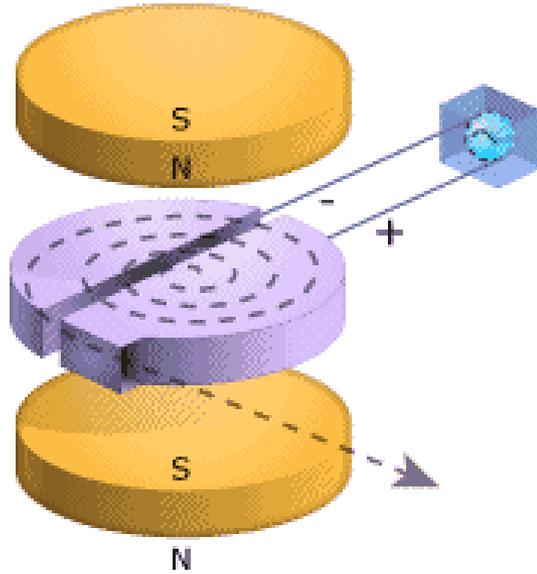


27 MHz Radio-Frequenz

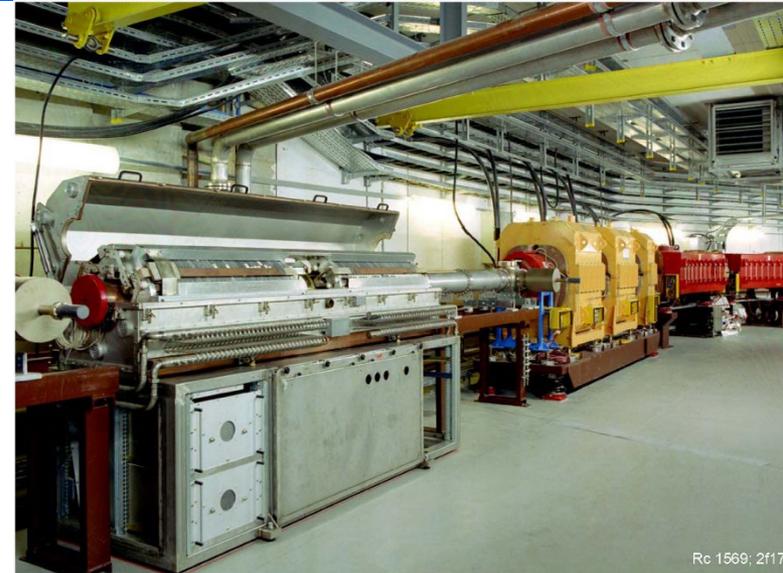
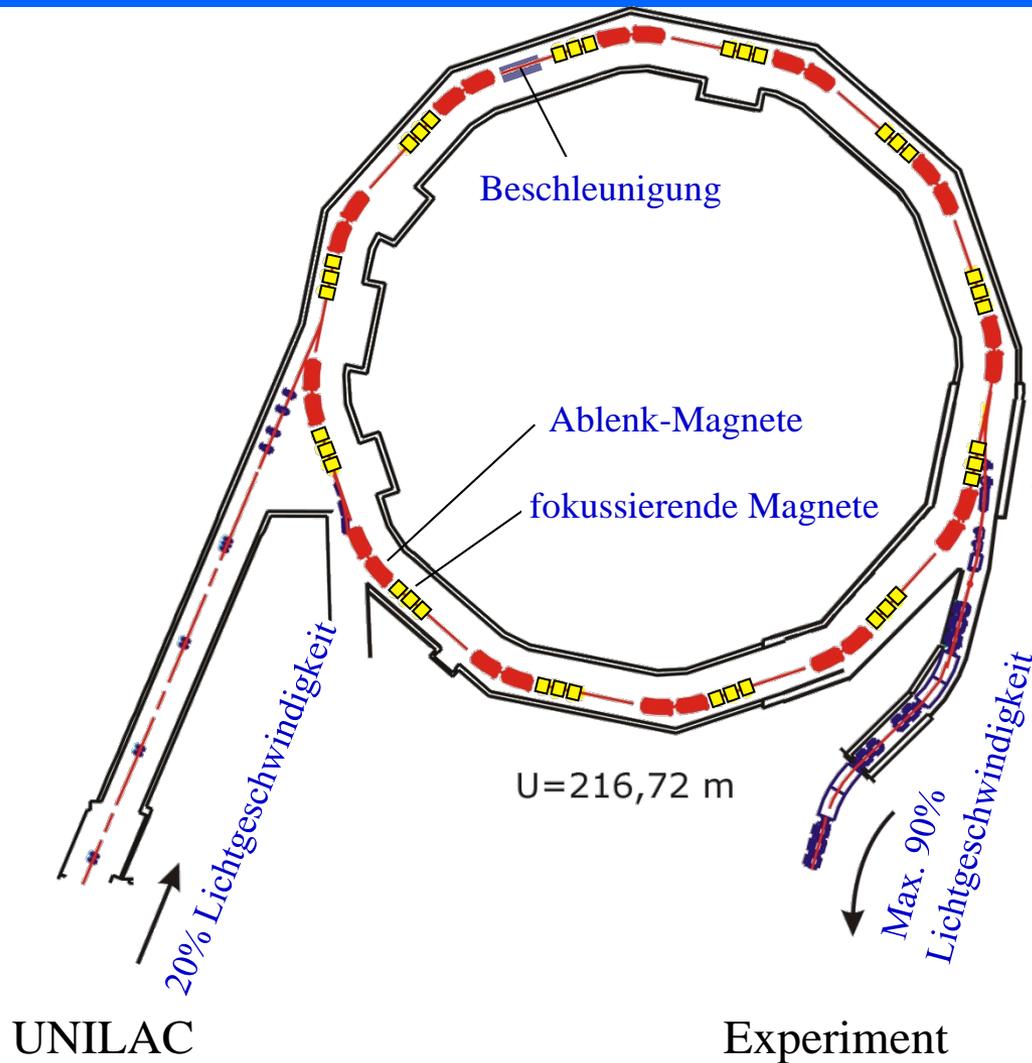


Wideroe und Alvarez Struktur bei der GSI

# Gerade oder Rund Zyklotron-Beschleuniger



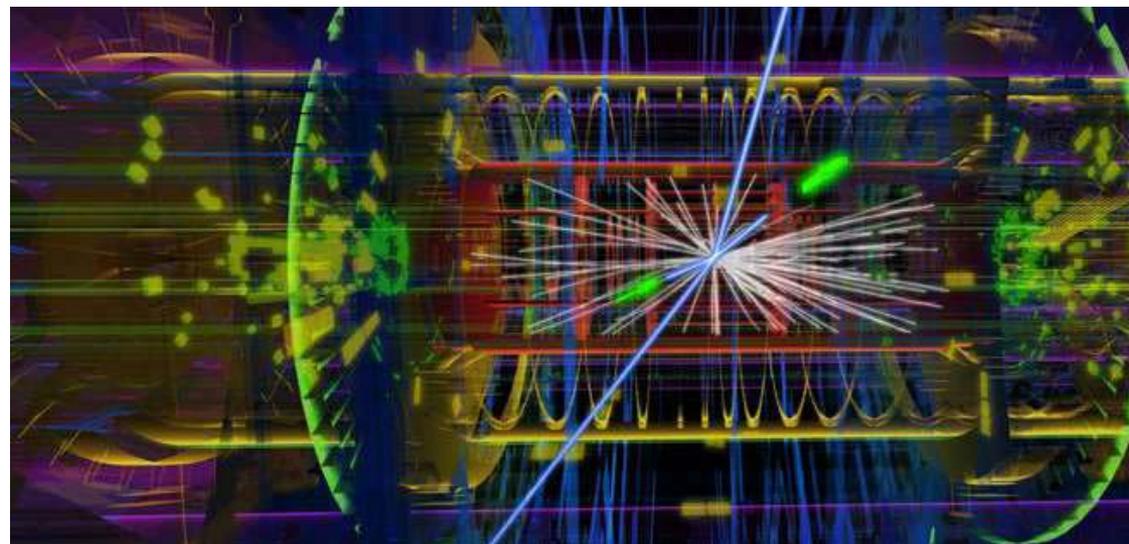
# Gerade oder Rund Synchrotron-Beschleuniger SIS18



Rc 1569; 2f17



# Wer braucht Beschleuniger?



# Beschleuniger für die **Industrie**

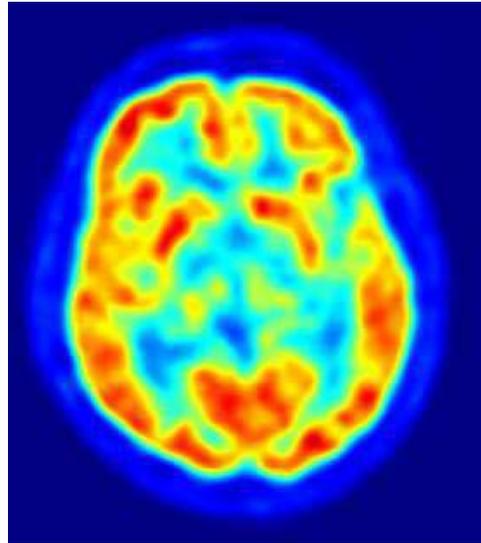


**Werkstoffbearbeitung**,  
dreidimensionale Verknüpfung von  
Kunststoffen-Molekülen  
Elektronenenergie 3-12 Millionen [eV]  
**Sterilisation** von medizinischen  
Geräten und Lebensmittel  
**Materialprüfung** mit Röntgenlicht





Zyklotron zur Isotopenerzeugung



PET-Aufnahme des Gehirns

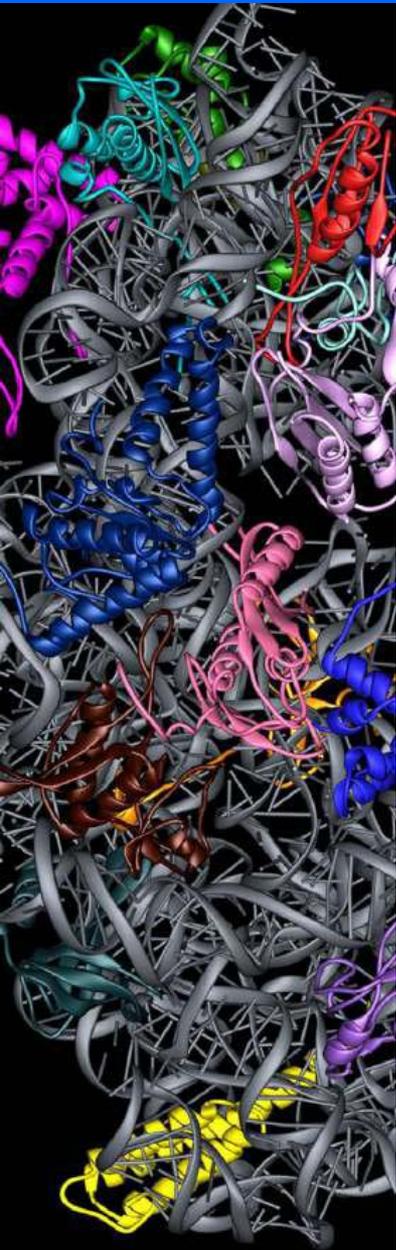
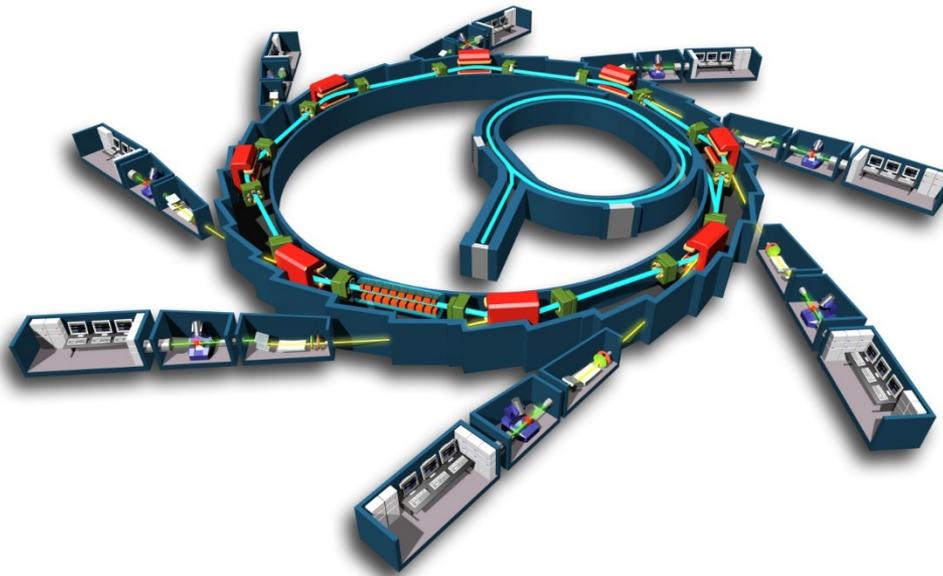


Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum HIT  
Krebserkrankungen im Gehirn und Wirbelsäule

# Beschleuniger für die **Forschung mit Photonen**

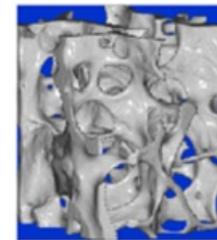
## Synchrotronstrahlungs-Quellen und Freie-Elektronen-Laser

Beschleunigte Elektronen senden Licht aus, wenn man sie auf einen Slalomkurs zwingt

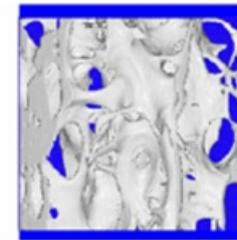


Protein Kristallographie

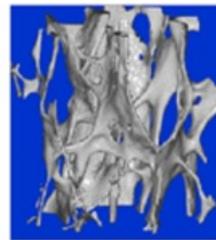
Osteoporose Erkrankung



33 years



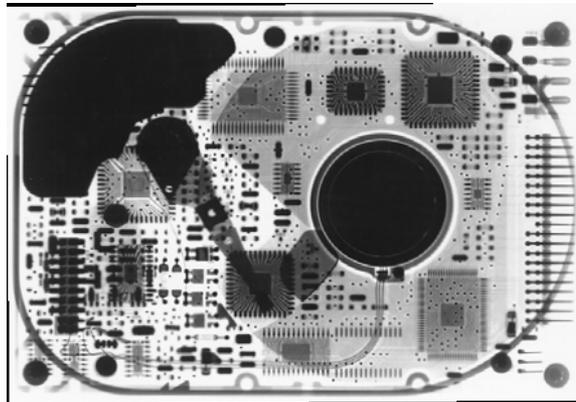
55 years



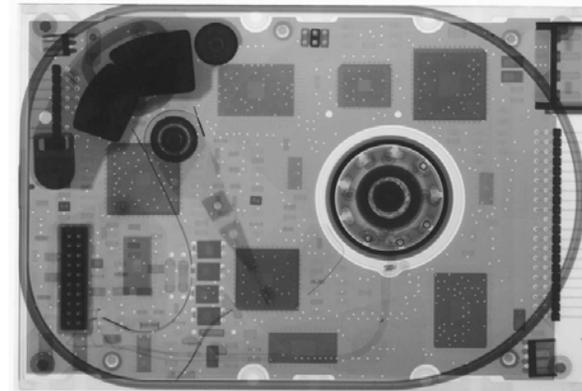
63 years

# Beschleuniger für die **Forschung mit Neutronen**

An modernen Neutronenquellen werden Neutronen mit Hilfe der nuklearen **Spallation** erzeugt. Dazu werden Protonen auf hohe Energie beschleunigt und dann auf schwere Atomkerne - wie Wolfram - geschossen. Die Kollision zerschmettert die Atomkerne in kleinere Bruchstücke – unter ihnen auch Neutronen.



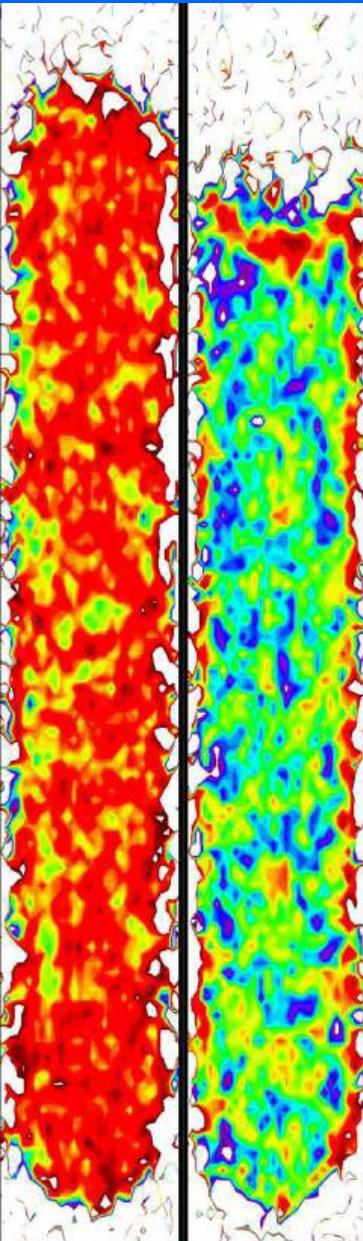
Röntgenbild einer Festplatte



Neutronenbild einer Festplatte

## Räumliche Verteilung von Eis und Wasser

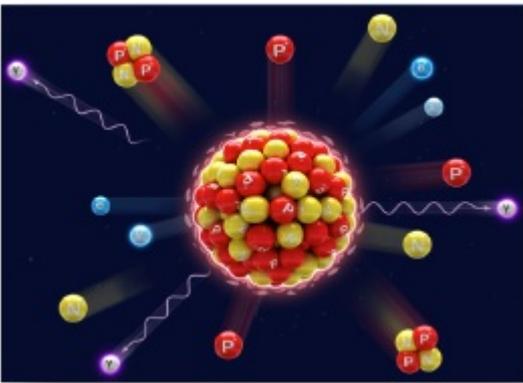
Die linke Abbildung zeigt die Verteilung bei minus, die rechte bei plus einem Grad Celsius. **Rot** bedeutet: nur Eis vorhanden, **violett**: nur flüssiges Wasser.



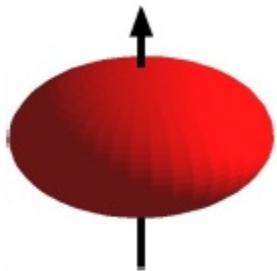
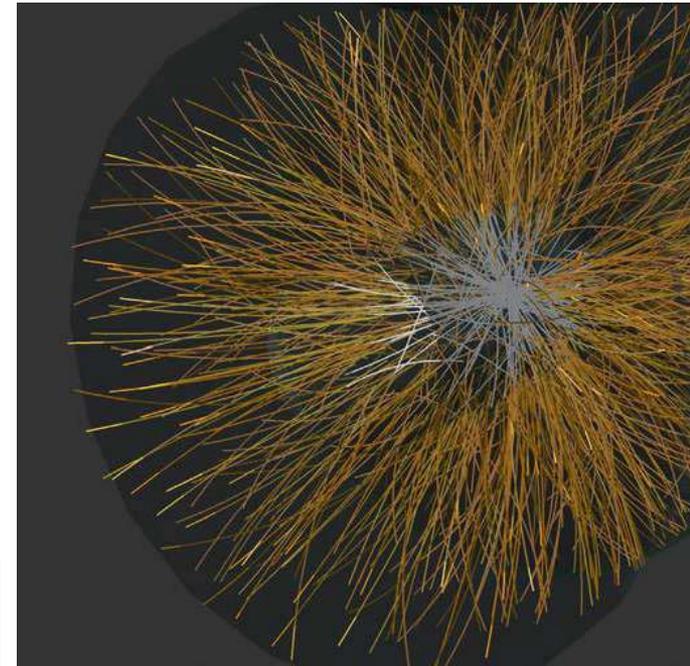
# Beschleuniger für die Kernphysik

107 <b>Bh</b> Bohrium	108 <b>Hs</b> Hassium	109 <b>Mt</b> Meitnerium	110 <b>Ds</b> Darmstadtium	111 <b>Rg</b> Roentgenium	112 <b>Cn</b> Copernicium	
-----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--

Entdeckung neuer Elemente



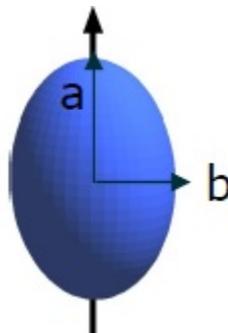
Kollision von Bleikernen  $^{208}\text{Pb} + ^{208}\text{Pb}$



oblat **Gold**  
Pfannkuchen



sphärisch **Blei**  
Kugel



prolat **Uran**  
amerikanischer Fußball

$10^{-14}$  [m]  
0,00000000000001

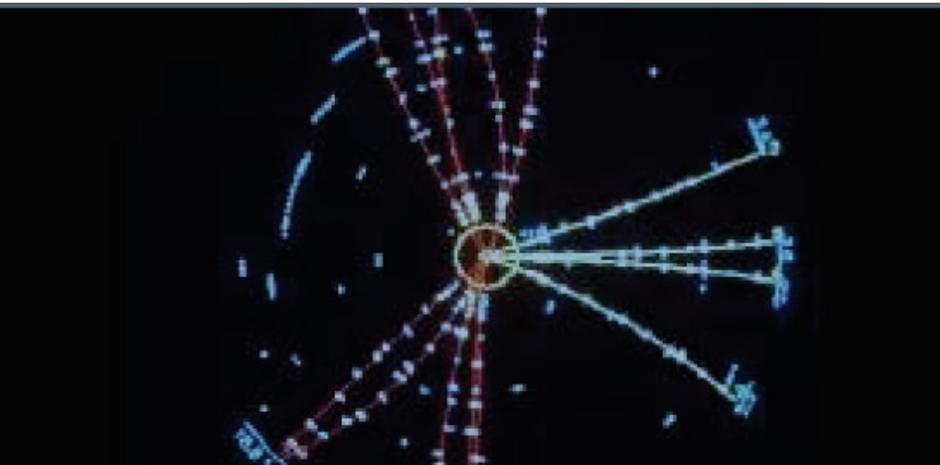
$$E = m \cdot c^2$$

*Energie*  $\Leftrightarrow$  *Masse*

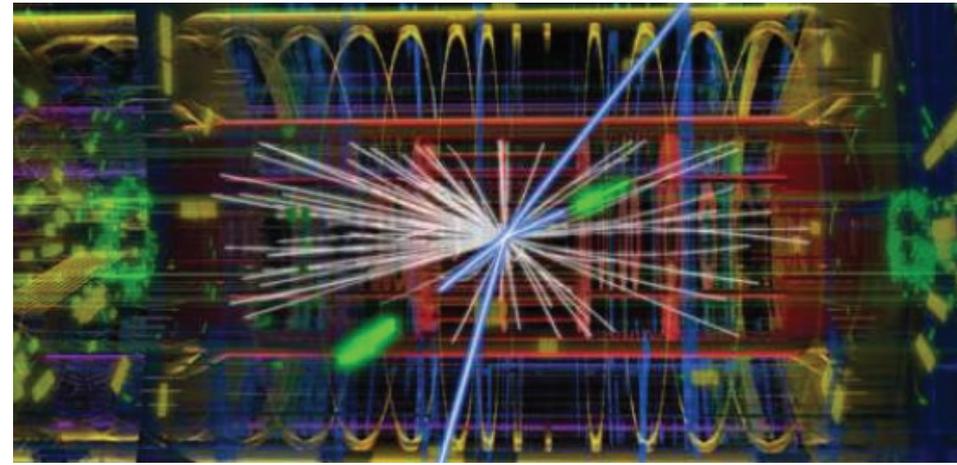
ALICE Detektor des LHC am CERN

# Beschleuniger für die **Teilchenphysik**

<b>g</b> Gluon (8×)	<b>W<sup>-</sup></b> W-minus	<b>Z<sup>0</sup></b> Z-Null	<b>W<sup>+</sup></b> W-plus	<b>γ</b> Photon	<b>d</b> Down-Quark	<b>s</b> Strange-Quark	<b>b</b> Bottom-Quark	<b>ν<sub>e</sub></b> e-Neutrino	<b>ν<sub>μ</sub></b> μ-Neutrino	<b>ν<sub>τ</sub></b> τ-Neutrino	
Die Teilchen des Standardmodells					<b>H</b> Higgs	<b>u</b> Up-Quark	<b>c</b> Charm-Quark	<b>t</b> Top-Quark	<b>e</b> Elektron	<b>μ</b> Myon	<b>τ</b> Tauon



Zwei der drei Teilchenbündel stammen von Quarks. Ein drittes lässt sich auf ein **Gluon** zurückführen [1979]



Ein **Higgs**-Teilchen zerfällt in zwei Myonen (lange blaue Linien) und zwei Elektronen (kurze blaue Linien) [2012]

# Globale Netzwerke

