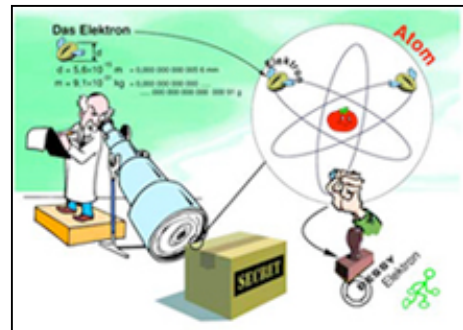


# Beschleunigerphysik für Anfänger

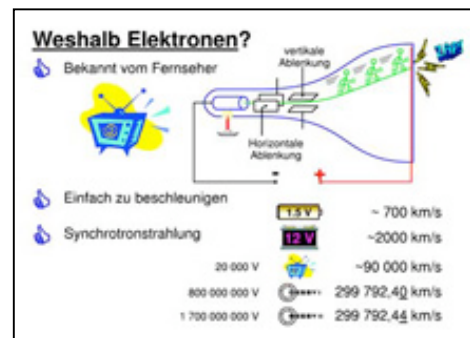
## Das Elektron

Bei BESSY beschleunigen wir Elektronen. Elektronen sind normalerweise ein Teil des Atoms, dem kleinsten Bestandteil in den die Materie zerlegt werden kann, ohne ihre Eigenschaften zu verändern. Im allgemeinen kreisen Elektronen um den Atomkern. Bei BESSY werden einige dieser Elektronen benutzt, um Synchrotronstrahlung zu produzieren. Dazu werden sie vom Atomkern getrennt und dann beschleunigt. Bei BESSY II werden im Normalbetrieb ungefähr 12 Milliarden (12.000.000.000) beschleunigte Elektronen benötigt.



## Weshalb Elektronen?

Elektronen sind bedingt durch ihre hohe elektrischen Ladung und ihre geringe Masse vergleichsweise einfach zu beschleunigen. Das beste bekannte Beispiel eines Elektronen-Beschleunigers ist ein Fernseher. In der Röhre eines solchen Gerätes wird ein Metalldraht geheizt. Dadurch werden Elektronen emittiert. Diese Elektronen werden mit Hilfe eines Potentialunterschiedes (einer Spannung) beschleunigt. Eine 1,5 V Batterie ist ausreichend, um Elektronen auf eine Geschwindigkeit von 700 km/s zu beschleunigen. In einem normalen Farbfernseher sind 20.000 Volt vorhanden, die ausreichen, um ein Elektron auf fast 90.000 km/s zu beschleunigen. Bei BESSY II werden 1.700.000.000 Volt benutzt um die Elektronen auf eine Geschwindigkeit von nahezu 300.000 km/s (Lichtgeschwindigkeit) zu beschleunigen.



## Beschleunigung → Geschwindigkeit

Für die Synchrotronstrahlung ist die Geschwindigkeit der Elektronen bedeutsam. Die Zeit, die sie benötigen, um die Geschwindigkeit zu erreichen, ist weniger wichtig. Die Elektronen bei BESSY haben eine Geschwindigkeit von fast 300.000 km/s - Lichtgeschwindigkeit. Mit diesem Tempo kann man innerhalb einer Sekunde zum Mond fliegen oder auch die Erde 7,5 mal pro Sekunde umkreisen.

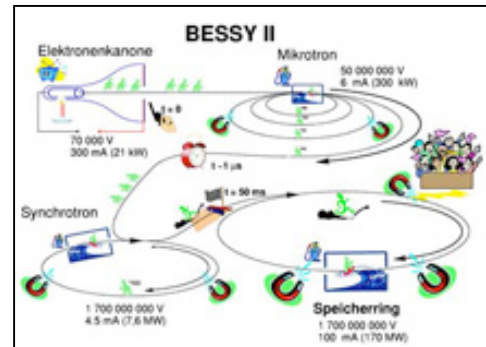




hintereinander gestellt, so daß der Elektronenstrahl stufenweise in jedem Resonator beschleunigt werden kann. Bei hohen Energien werden sie jedoch teuer. Linearbeschleuniger werden für die Krebstherapie benutzt. Im Unterschied zu der linearen Beschleunigung kann man die Elektronen zum Eingang des Beschleunigers "zurück biegen". Die gezeigte kreisförmige Anordnung ist unter dem Namen Synchrotron bekannt. BESSY benutzt dieses System zur Beschleunigung der Elektronen.

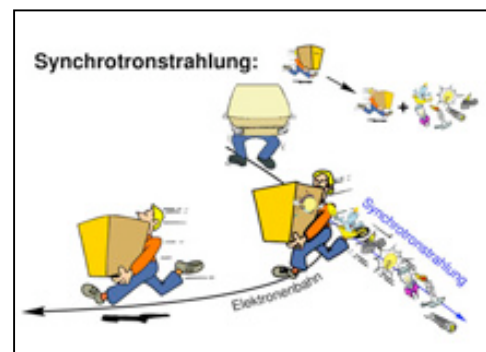
## BESSY II

BESSY II benutzt ein einer Fernsehöhre ähnliches Gerät, um am Anfang einen Elektronenstrahl mit 70 kV zu generieren. Vor der Injektion in den Haupt-Speicherring wird der Strahl über ein Mikrotron und ein Synchrotron auf die Endenergie von 1,7 GeV beschleunigt. Dieser Beschleunigungsprozeß dauert 50 ms und wird im 10 Hz-Takt wiederholt. Der Gesamtbetrag von 100 mA Strom im Speicherring kann durch die aufeinander folgende Injektion von Elektronen erreicht werden. Sie werden in mehreren Zyklen beschleunigt.



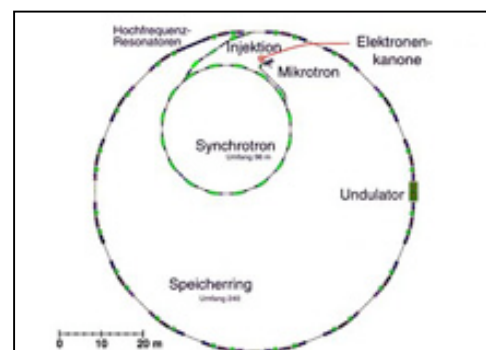
## Synchrotronstrahlung

Auch der Speicherring ist mit Hohlraumresonatoren ausgerüstet, um die Energieverluste bedingt durch die Synchrotronstrahlung zu kompensieren.



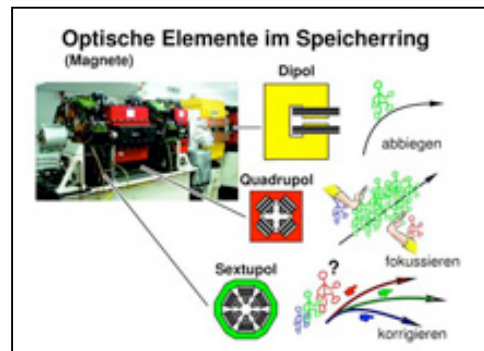
## Der Speicherring

Der Speicherring ist der größte Bestandteil von BESSY II. Die anderen Baugruppen, die für den Prozeß der Beschleunigung notwendig sind, sind nicht so einfach zu charakterisieren.



## Optische Elemente im Speicherring

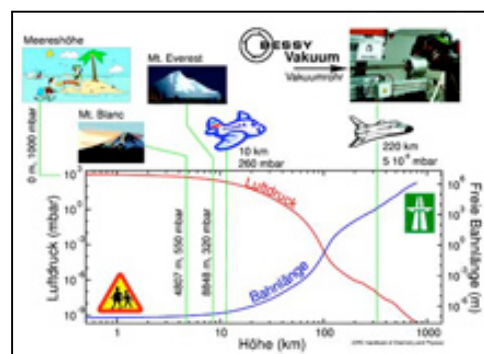
Magnete ermöglichen, daß Elektronen im Speicherring kreisen. Die wesentlichen Bestandteile sind die Dipole (32x), die Quadrupole (144x) und die Sextupole (112x). Die Dipole ermöglichen eine kreisförmige Umlaufbahn. Quadrupole kompensieren das natürliche Bestreben der Elektronen auseinander zu driften. Die Sextupole korrigieren etwas die Einflüsse der Quadrupole und sind bedeutend dafür, daß der Strahl über einen längeren Zeitraum gespeichert werden kann.



## Vakuum

Elektronen können an den Atomen der Luft gestreut werden. Um das zu vermeiden, werden die Elektronen in einem evakuierten Rohr gehalten.

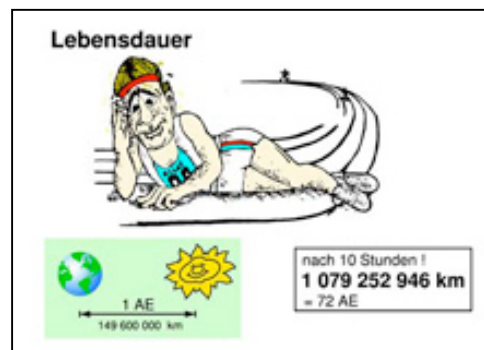
Im Rohr ist der Druck 100.000.000.000 mal geringer als der Luftdruck auf See-Niveau; ungefähr so groß wie der vorhandene Luftdruck in 220 km Höhe (Standard Umlaufbahn eines Space-Shuttles). Ohne Vakuumsystem wären die Elektronen nicht in der Lage, einen einzigen Umlauf zu machen.



## Lebensdauer

Die Menge der Synchrotronstrahlung ist proportional zum Betrag des als Strahl gespeicherten Elektronenstromes. Damit man über einen längeren Zeitraum einen hohen Strom behält, muß man den Verlust an Elektronen reduzieren. BESSY II wurde für eine Lebensdauer von 8 bis 10 Stunden entworfen.

Während die Elektronen mit Lichtgeschwindigkeit rasen, legen sie eine Entfernung von 1.000.000.000 km zurück - 72 mal die Entfernung der Erde zur Sonne.



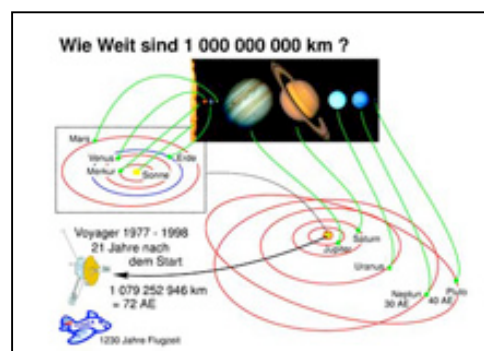
## Wie weit sind 1.000.000.000 km?

Die Entfernung von 1.000.000.000 km kann mit der Größe unseres Sonnensystems verglichen werden.

Die Erde umkreist die Sonne mit einer Entfernung von 149.600.000 km (=1AE).

Der äußerste Planet umkreist die Sonne in einer Entfernung von 40 AE.

Der Satellit Voyager hat sich im Moment (Sept. 1998) 72 AE von der Erde entfernt. Voyager startete seine Reise 1977 und benötigte 21 Jahre um diese Distanz zu erreichen.



## Die Maschine

Diese Bilder geben einen sehr vereinfachten Überblick über die errichtete Maschine.

BESSY II ist eine Anlage der Hochtechnologie mit einer großen Anzahl komplexer, unterstützender Geräte, die gut funktionieren müssen. Die Folie zeigt einige dieser Dinge im Detail.

