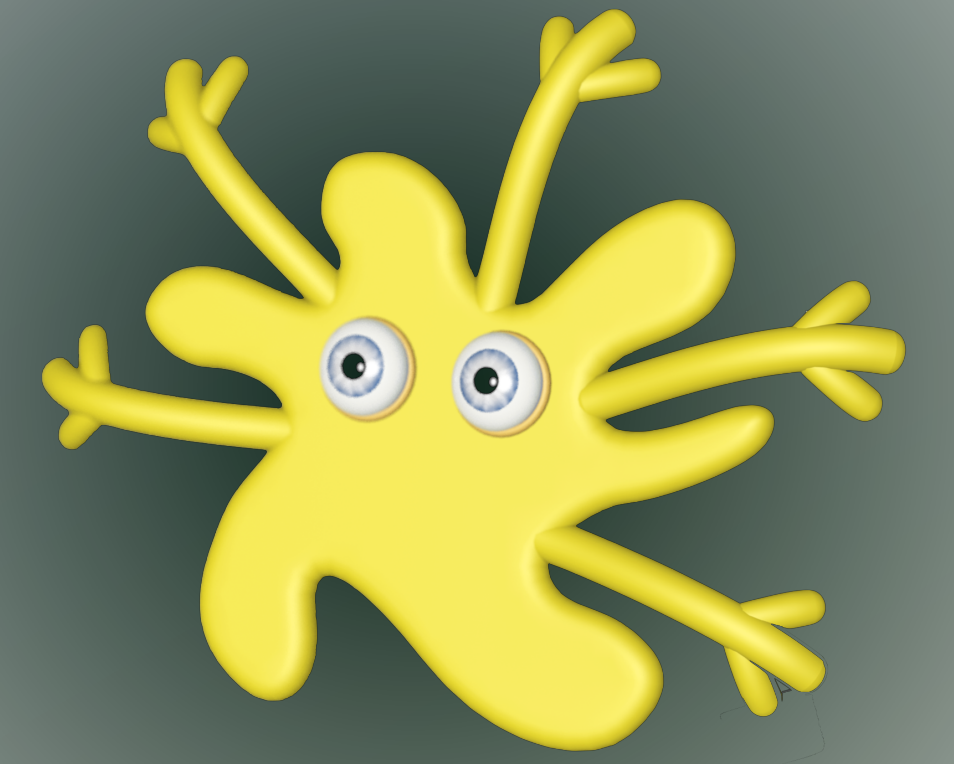


# Woraus besteht die Materie?

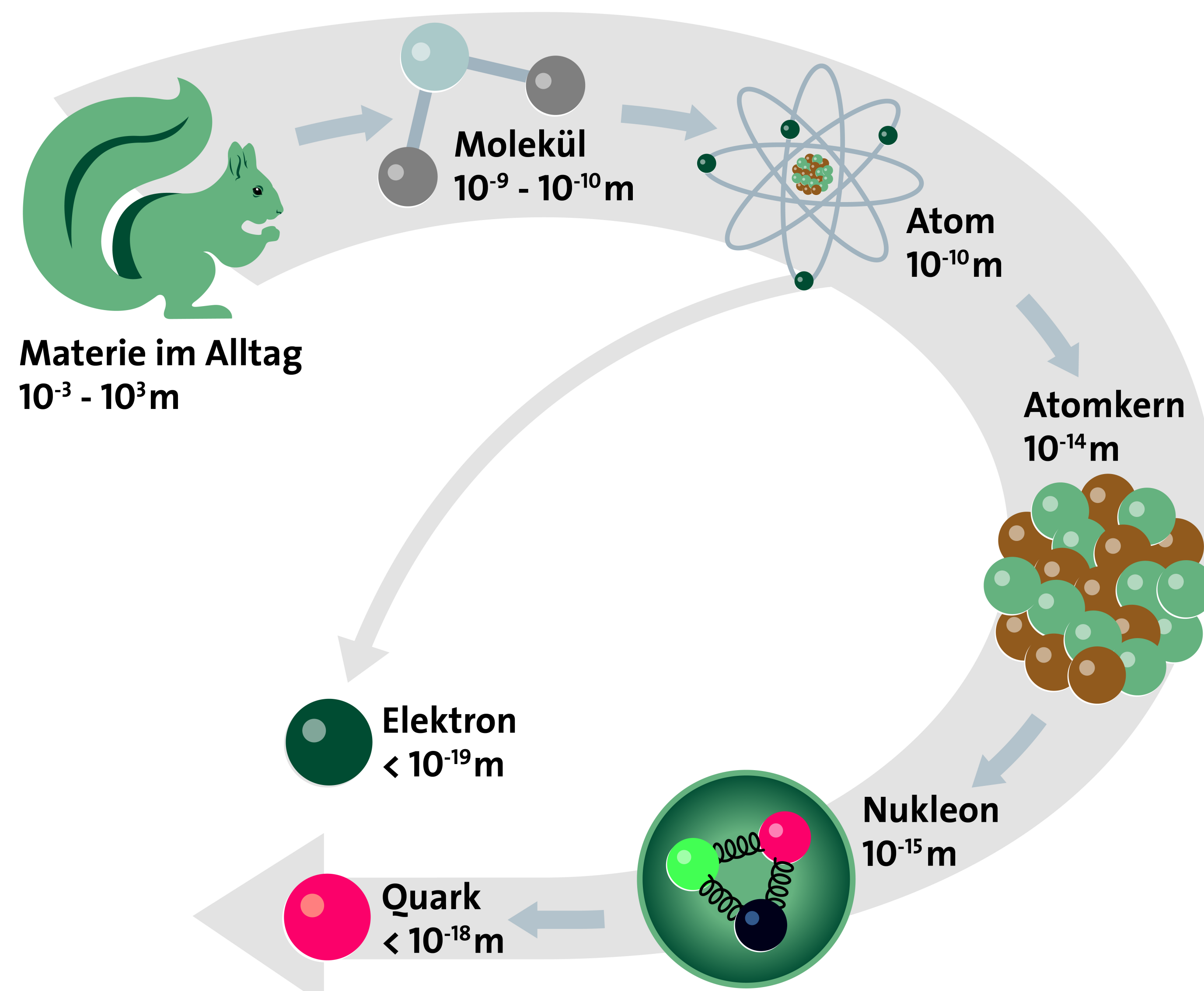


**Protonen und Neutronen, die den Atomkern bilden bestehen aus drei Quarks:** das Proton aus zwei up-Quarks mit einer Ladung  $2/3$  und einem down-Quark mit Ladung  $-1/3$ . Quarks können drei verschiedene Zustände einnehmen, man bezeichnet diese als rot, blau oder grün und nennt dies Farbladung. Ein Quark ist gleich oft rot, grün oder blau.

Quarks kommen nie alleine vor, sie bilden immer zusammengesetzte Zustände. Die Regeln, wie sie sich zusammensetzen sind sehr einfach: die Gesamtfarbe muss weiss sein also zum Beispiel drei Quarks mit den Farben rot, grün und blau oder ein Quark der Farbe rot und ein Anti-Quark der Farbe anti-rot

Die **starke Wechselwirkung wirkt zwischen Teilchen, die eine Farbladung tragen**, sie hält die Protonen und Neutronen, sowie die Atomkerne zusammen. Das Austauscheteilchen der starken Wechselwirkung heissen Gluonen.

In Kürze: alle Atome sind also aus **up- und down-Quarks und Elektronen zusammengesetzt**.



Mehr auf der Rückseite

More on the back side

## What is matter made of?

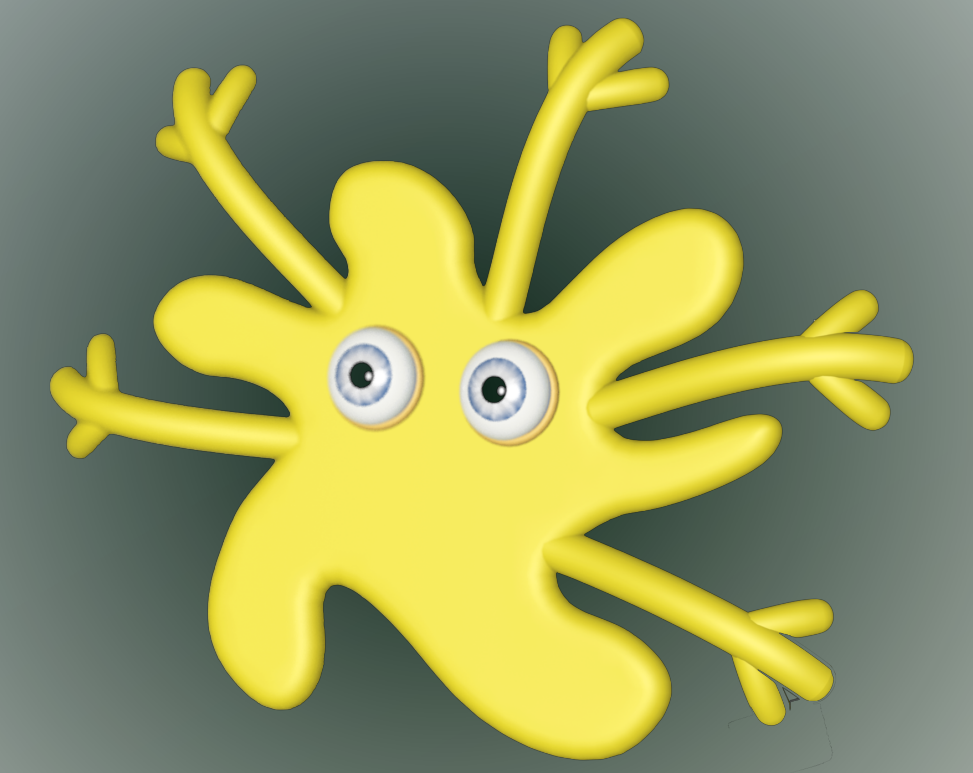
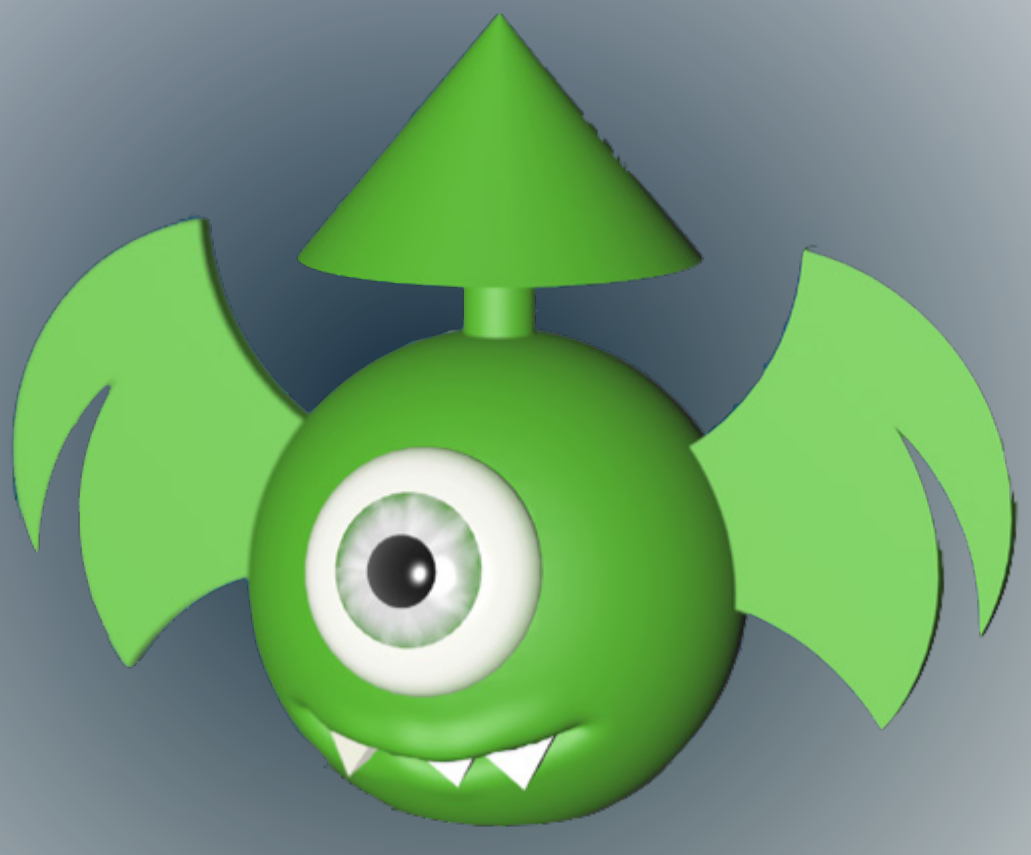
**Protons and neutrons, which form the atomic nucleus, consist of three quarks:** the proton of two up quarks with a charge  $2/3$  and one down quark with charge  $-1/3$ . Quarks can take three different states, red, blue or green, called the colour charge. A quark is equally often red, green or blue.

Quarks never appear alone, they always form composite states. The rules how they are composed are very simple: the total color must be white so for example three quarks with the colors red, green and blue or one quark of the color red and one anti-quark of the color anti-red

**The strong interaction acts between particles that carry a color charge**, it holds the protons and neutrons, as well as the atomic nuclei together. The exchange particles of the strong interaction are called gluons.

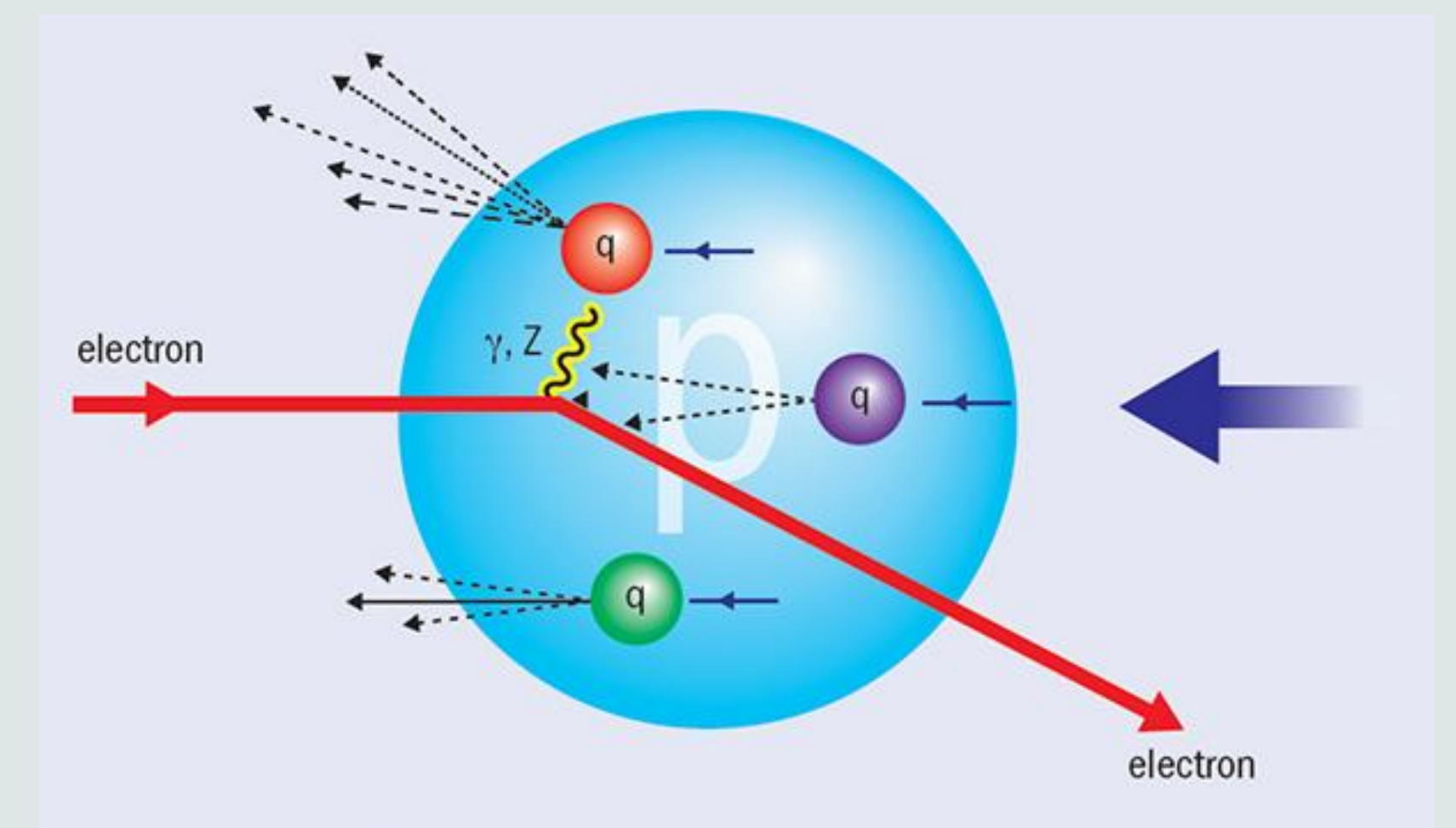
In short: all atoms are **composed of up and down quarks and electrons**.

# Nachweis von Quarks und Gluonen

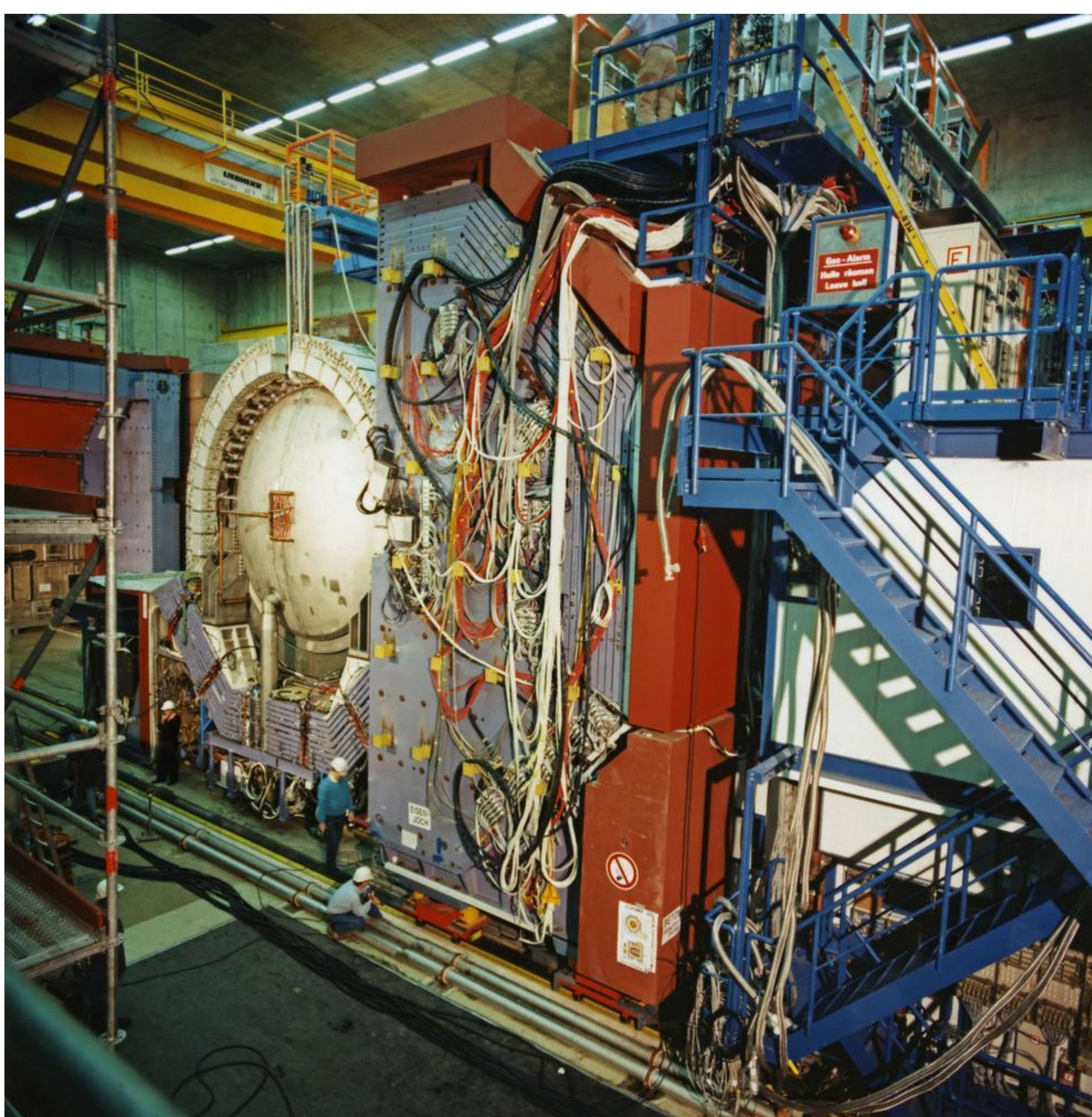


Quarks und Gluonen können indirekt mit Hilfe von Streuexperimenten. Dabei wird ein Proton oder Neutron mit hochenergetischen Elektronen oder Muonen beschossen, die durch die Kollision ihre Richtung und Energie ändern. Aus der Energie- und Winkelverteilung der Elektronen oder Muonen kann das Innere der Protonen oder Neutronen erforscht werden.

Das Streuexperiment ist eine Weiterentwicklung des Rutherford Experiments mit dem die Struktur von Atomen untersucht wurde. Am H1 Experiment in Hamburg waren UZH Forschende bis 2010 an der Erforschung der Struktur des Protons beteiligt und haben Wesentliche Teile des Detektors gebaut..



*H1 Experiment in Hamburg*



*H1 Experiment in Hamburg*

*Blick in den Beschleuniger Tunnel: hier wurden Elektronen und Protonen beschleunigt.*



*View of the accelerator tunnel, where protons and Electrons were accelerated*

## Detection of Quarks and Gluons

Quarks and gluons can be detected indirectly by means of scattering experiments. In these experiments, a proton or neutron is colliding with high-energy electrons or muons, which change direction and energy. From the energy and angular distribution of the electrons or muons, the internal structure of the protons or neutrons can be probed.

The scattering experiment is a further development of the Rutherford experiment which was used to study the structure of atoms.

At the H1 experiment in Hamburg, UZH researchers were involved in measuring the structure of the proton until 2010.

