

5 Unterrichtsvorschläge

Unterrichtseinheit 1

Elementarteilchen und ihre Reaktionen

Die Unterrichtseinheit umfasst ca. 2 bis 8 Stunden.

Schritte	Lernziele	Arbeitsmaterialien
1. Welche Elementarteilchen gibt es?	Lz 1	Folienvorlage F1.1(CD UE1), Besuch: Teilchenphysiklabor
2. Einfache Teilchenreaktionen und Erhaltungsgrößen	Lz 2 Lz 3 Lz 4	Infotext A1.2 (CD UE1) Arbeitsblatt A1.3 (CD UE1)
3. Versteckte Teilchenreaktionen bei großen Kernen	Lz 4 Lz 5	Arbeitsblatt A1.4 (CD UE1)
4. Typische Teilchenreaktionen, α -, β - und γ -Strahlung	Lz 4 Lz 5 Lz 5	Arbeitsblatt A1.5 (CD UE1) Arbeitsblatt A1.6 (CD UE1)

Lernziele:

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- 1) die gegenwärtig bekannten Elementarteilchen in einer Tabelle angeordnet kennenlernen;
- 2) typische Teilchenreaktionen kennen;
- 3) aus bekannten Teilchenreaktionen Regeln gewinnen und diese als Erhaltungssätze formulieren;
- 4) Bilanzen bei Teilchenreaktionen aufstellen und prüfen;
- 5) Bilanzen auf große Atomkerne erweitern;
- 6) Strahlenarten wie α -, β - und γ -Strahlung typischen Teilchenreaktionen zuordnen.

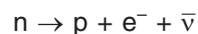
Die Schülerinnen und Schülern verfügen, im Wesentlichen durch den Chemieunterricht, über unterschiedliche Vorkenntnisse und Vorstellungen zum Atombau: Das Atom besteht aus einem kleinen Kern und einer Atomhülle um diesen Kern. Im Kern des Atoms befinden sich Protonen und Neutronen. Die Kernladungszahl Z gibt die Zahl der Protonen an. In einem neutralen Atom ist die Zahl der Protonen gleich der Zahl der Elektronen. Ionen sind ionisierte Atome, denen Elektronen fehlen oder die Elektronen aufgenommen haben.

Alles in allem vermittelt der Chemieunterricht die Grundüberzeugung, dass Teilchen wie Elektronen und Protonen vorhanden sind und vorhanden bleiben. Erzeugung oder Vernichtung dieser Teilchen ist nicht denkbar. Durch chemische Reaktionen wird die Zuordnung der Teilchen zu den Stoffen geändert:



Das NaCl reagiert zu Na^+ und Cl^- : Ein Teil ist Na^+ , der andere Cl^- . Die Zahl der Protonen wie die der Elektronen ist erhalten geblieben. Es gilt die Erhaltung der elektrischen Ladung. Sie ist auf der linken Seite der Reaktionsgleichung so groß wie auf der rechten Seite.

Bei Kernreaktionen lassen sich ebenfalls Erhaltungssätze finden, doch sind es andere, weniger strenge als bei chemischen Reaktionen. So reagiert ein Neutron n zu



einem Proton p , ein Elektron e^- wird zusammen mit einem Antineutrino $\bar{\nu}$ erzeugt. Die Zahl der Elektronen hat sich um 1 erhöht. Offensichtlich bleibt die Zahl der Elektronen nicht erhalten. Es ist ein Elektron entstanden oder erzeugt worden.

1. Schritt: Welche Elementarteilchen gibt es?

Als Einführung in die Thematik sollen die Schülerinnen und Schüler erfahren, welche Elementarteilchen zurzeit bekannt sind. Abb. 1 zeigt die Teilchen des Standardmodells der Elementarteilchen (siehe auch **Folienvorlage F1.1**, CD UE1). Während man noch vor wenigen Jahrzehnten wesentlich mehr Teilchen annahm, stellte sich heraus, dass nur die in Abb. 1 gezeigten Teilchen und ihre Kombinationen auftreten. So wie ein Eisen-Atomkern aus Protonen und Neutronen besteht, so besteht ein Proton oder ein Neutron aus drei Teilchen, den Quarks.

Elektronen hingegen sind, wie Abb. 1 zeigt, elementar. Sie bestehen nicht aus mehreren Teilchen, sie haben, wie man sagt, keine innere Struktur.

Die in Abb. 1 gezeigten Teilchen können nach ihrem Entdeckungsjahr sortiert werden. Dabei wird deutlich, dass die Teilchen der Familie 1 (auf gelbem Grund) die sind, aus denen die vertraute Materie in unserer Umgebung besteht. Für die Herstellung Teilchen der Familien 2 und 3 (auf rotem und grünem Grund) wird eine sehr hohe Energiedichte benötigt, wie sie bei einer Sternexplosion vorliegt oder in Teilchenbeschleunigern erzeugt werden kann. Die Teilchen reagieren bei abnehmender Energiedichte schnell zu Teilchen der Familie 2 und weiter zu Teilchen der Familie 1. Die zugehörigen Teilchenreaktionen sind in Forschungszentren wie CERN und DESY nachgewiesen worden. Aktuelle Informationen dazu findet man bei CERN oder DESY (siehe Kap. 4). Damit kann der aktuelle Stand der Forschung im Unterricht zur Sprache kommen und Ziele der Grundlagenforschung (Higgs-Teilchen [3]) an die Schülerinnen und Schüler herangetragen werden. Besuche der Kernforschungseinrichtungen sind in diesem Kontext wünschenswert.

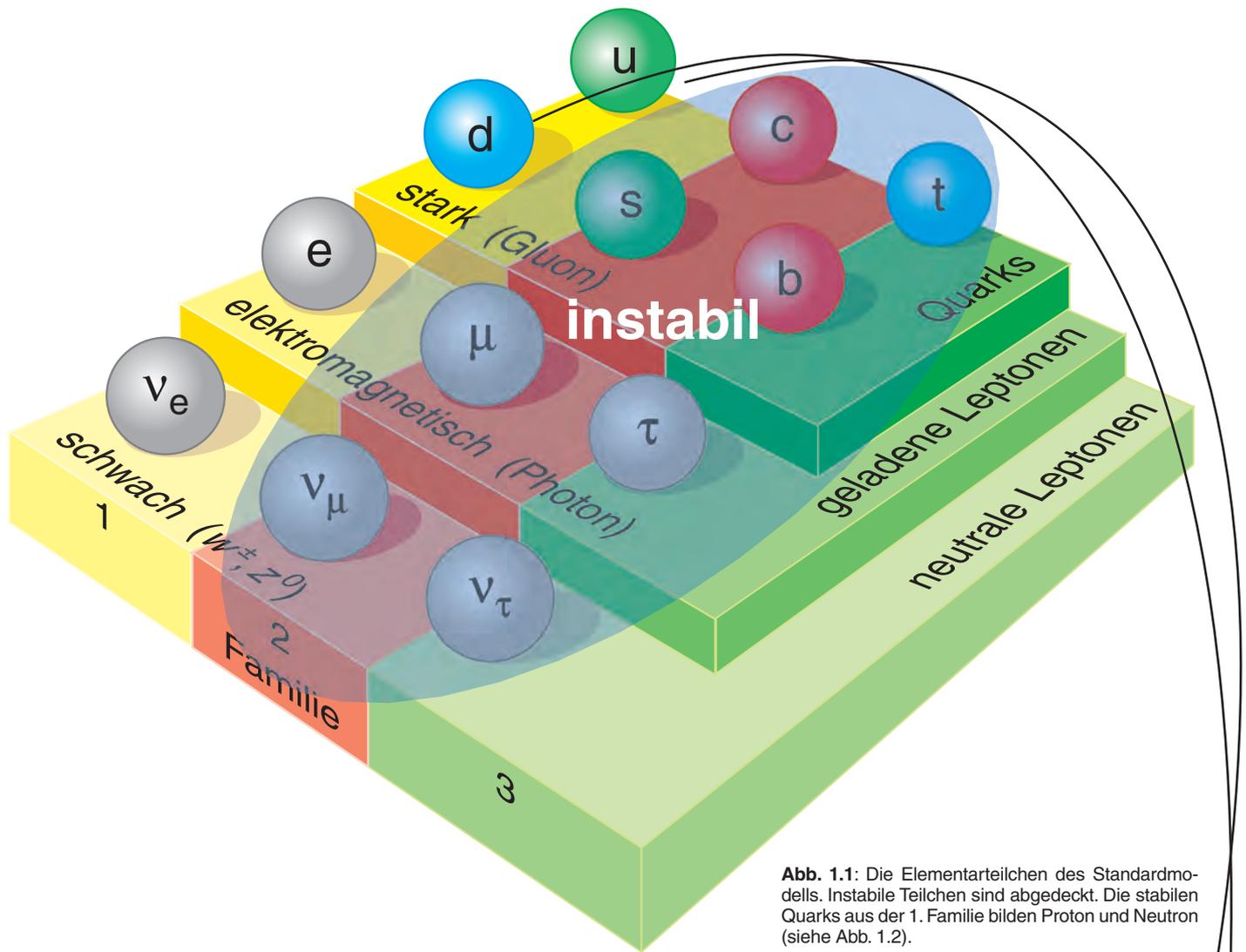


Abb. 1.1: Die Elementarteilchen des Standardmodells. Instabile Teilchen sind abgedeckt. Die stabilen Quarks aus der 1. Familie bilden Proton und Neutron (siehe Abb. 1.2).

Abb. 1.2: Proton und Neutron sind aus jeweils drei Quarks der Familie 1 zusammengesetzt.

Für den Physikunterricht sind die Elementarteilchen der Familie 1 von Interesse. Die Reaktionen von u-Quarks und d-Quarks, entsprechend

$$u + u + d \rightarrow p$$

und

$$u + d + d \rightarrow n$$

stellen zusammen mit dem Elektron e und dem Neutrino ν die Bausteine bereit, mit denen die für den Unterricht ausgewählten Kernreaktionen ablaufen.

2. Schritt: Einfache Teilchenreaktionen und Erhaltungsgrößen

Die Erhaltung der elektrischen Ladung ist den Schülerinnen und Schülern bekannt. Auf der linken Seite einer Reaktionsgleichung ist die elektrische Ladung so groß wie auf der rechten. Ferner ist die elektrische Ladung des Protons +e, also eine elektrische Elementarladung. Da-

