

PHYSIK

# Teilchenphysik und Ionentherapie

Begleitmaterial zum FÄKT Science Video · 8. Schulstufe

Expert:in

## Thomas Bergauer

Gruppenleiter Detektorenentwicklung  
Marietta-Blau Institut (MBI) für  
Teilchenphysik der  
Österr. Akademie der Wissenschaften

Empfohlener Zeitplan — 50 Minuten

FÄKT Science Video

7 min

Reflexion in der Klasse

10 min

Begleitmaterial

25 min

Abschluss

11 min

Lehrplanbezug · Zielgruppe: 8. Schulstufe (Sekundarstufe I)

Physik: Materie, Energie und Strahlung | Nutzung und Wirkung von Strahlung. Schüler:innen können ionisierende Strahlung und deren biologische Wirkung beschreiben und Anwendungen erläutern & den Aufbau von Atomen beschreiben sowie die Entstehung von Ionen erklären.



Zum FÄKT Science Video scannen

<https://youtu.be/iwEftGaQFI>YouTube: <https://www.youtube.com/@faekt.science>

Instagram / TikTok: @faekt.science



FÄKT ist eine Initiative der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW), die eine Brücke von der Schulbank direkt in die Labore und Forschungsinstitutionen Österreichs schlägt. Wir bringen österreichische Wissenschaft direkt ins Klassenzimmer.

1

## Das Wichtigste aus dem Film

Kernkonzepte — Zusammenfassung

In der Welt der Teilchenphysik dreht sich alles um das Unsichtbare: Atome und ihre Bestandteile (Neutronen und Protonen) sind so winzig, dass man sie mit freiem Auge nicht sehen kann. Um diese Teilchen zu untersuchen, nutzen Wissenschaftler:innen riesige Anlagen wie den Kreisbeschleuniger im CERN (Schweiz). Dort werden Protonen oder Ionen auf enorme Geschwindigkeiten beschleunigt — im LHC legen sie in einer Sekunde die Strecke von der Erde bis zum Mond zurück. Forschungsinstitute wie das MBI der ÖAW nutzen CERN-Daten für ihre Projekte. Diese Grundlagenforschung hat eine bedeutende medizinische Anwendung gefunden: die Ionentherapie.

### CERN & LHC

Der Large Hadron Collider (LHC) am CERN in Genf ist der größte Teilchenbeschleuniger der Welt. Ionen erreichen dort fast Lichtgeschwindigkeit. In einer Sekunde legen sie die Strecke Erde-Mond zurück.

### MBI & Detektoren

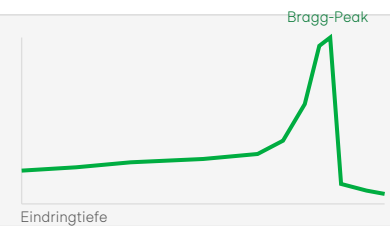
Das Marietta-Blau Institut (MBI) für Teilchenphysik der ÖAW entwickelt hochpräzise Teilchendetektoren. Diese überwachen Teilchenstrahlen in Echtzeit mit hauchdünnen Siliziumstreifen, die elektrische Signale erzeugen.

### Ionentherapie

Ionen werden mit einem Synchrotron beschleunigt und millimetergenau auf Krebstumore gelenkt. Energie wird exakt im Tumor freigesetzt (Bragg-Peak) und gesundes Gewebe bleibt weitgehend verschont.

### Der Bragg-Peak — Schlüsselkonzept

Das Ion gibt beim Eindringen in den Körper kaum Energie ab — und stoppt dann punktgenau im Tumor. Diese Spitze der Energiefreisetzung (der Bragg-Peak) macht die Ionentherapie so präzise: gesundes Gewebe rundherum bleibt weitgehend verschont.



2

## Verbinde das richtige Konzept

Schreibe die passende Zahl in das Kästchen

KONZEPT	DEFINITION
<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; display: inline-block;">Ionen</div> <input style="width: 20px; height: 20px; margin-left: 10px;" type="text"/>	<div style="border: 1px solid #008000; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #f0f0f0;">Das weltweit größte Forschungszentrum für Teilchenphysik.</div>
<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; display: inline-block;">Teilchendetektoren</div> <input style="width: 20px; height: 20px; margin-left: 10px;" type="text"/>	<div style="border: 1px solid #008000; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #f0f0f0;">Winzige, elektrisch geladene Teilchen, die für die Therapie genutzt werden.</div>
<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; display: inline-block;">CERN</div> <input style="width: 20px; height: 20px; margin-left: 10px;" type="text"/>	<div style="border: 1px solid #008000; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #f0f0f0;">Hochpräzise Messgeräte, die den Teilchenstrahl in Echtzeit überwachen.</div>
<div style="background-color: #008000; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; display: inline-block;">Kosmische Strahlung</div> <input style="width: 20px; height: 20px; margin-left: 10px;" type="text"/>	<div style="border: 1px solid #008000; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #f0f0f0;">Hochenergetische Teilchen aus dem Weltall, die auf die Erdatmosphäre treffen.</div>

3

## Quiz — Single-Choice-Fragen

Kreuze die jeweils richtige Antwort an

### 1. Wie groß sind Elementarteilchen?

- So groß wie Staubkörner.
- Unvorstellbar klein und für das freie Auge unsichtbar.
- Etwa so groß wie eine Nadelspitze.

### 2. Welche Strecke legen die Ionen im Beschleuniger pro Sekunde zurück?

- Einmal rund um die Erde.
- Die Strecke von Wien nach Berlin.
- Die Strecke von der Erde bis zum Mond.

## Quiz — Single-Choice-Fragen (Fortsetzung)

---

### 3. Was ist die Aufgabe von Teilchendetektoren in der Medizin?

- Sie dienen als Schutzschild für das Personal.
- Sie überwachen den Strahl in Echtzeit für maximale Präzision.
- Sie kühlen die Ionen ab.

### 4. Warum ist die Ionentherapie besonders vorteilhaft bei Krebs?

- Weil sie schneller geht als eine Operation.
- Weil sie das gesunde Gewebe rings um den Tumor schont.
- Weil sie keine Energie benötigt.

### 5. Wie entstehen Myonen, die wir auf der Erde messen können?

- Sie entstehen in der Atmosphäre, wenn Strahlen aus dem Weltall auf die Erde treffen.
- Sie werden im Erdkern durch Hitze erzeugt.
- Sie entstehen in den Batterien von Elektroautos.

### 6. Welche Aufgabe haben die hauchdünnen Silizium-Fäden in einem Teilchendetektor?

- Sie dienen als Heizdrähte, um die Teilchen zu verlangsamen.
- Sie fungieren als hochpräzise Sensoren, die beim Durchgang geladener Teilchen elektrische Signale erzeugen und so deren genaue Flugbahn bestimmen.
- Sie sind dafür zuständig, Teilchen wie in einem Sieb aufzufangen und nach ihrer Größe zu sortieren.

## 4

## Reflexionsaufgaben

Alleine oder in der Gruppe möglich

### Aufgabe 1 – Der Bragg-Peak als Alltagsanalogie

Im FÄKT-Video wird erklärt, wie Ionen gezielt Tumorgewebe zerstören, ohne das gesunde Gewebe rundherum stark zu schädigen (der sogenannte Bragg-Peak). Findet ein Alltagsbeispiel oder eine Analogie, die dieses Prinzip verdeutlicht (z. B. ein Bogenschütze, ein gezielter Wasserstrahl o. ä.). Warum ist dieses Bild passend, und wo hinkt der Vergleich zur echten Physik?

Eure Analogie und Begründung:

---

---

---

---

---

### Aufgabe 2 – Atombau und Ionisierung

Stell dir vor, ein Atom ist wie ein winziges Sonnensystem. In der Mitte sitzt der massive Kern, und weit draußen kreisen die Elektronen.

a) Atombau: Ein Kohlenstoff-Atom hat 6 Protonen, 6 Neutronen und 6 Elektronen. Erkläre kurz, was passieren muss, damit daraus ein positives Ion wird, das im Teilchenbeschleuniger für die Therapie genutzt werden kann.

b) Jetzt kommt der clevere Trick der Ionentherapie:

Solange die Ionen sehr schnell unterwegs sind, fliegen sie an den Atomen im Körper fast unbemerkt vorbei – sie richten kaum Schaden an. Erst wenn sie langsamer werden, haben sie genug Zeit, um mit den Atomen in der Umgebung zu wechselwirken und ihnen Elektronen wegzureißen.

Frage: Erkläre in eigenen Worten, warum das ein großer Vorteil für die Krebstherapie ist. Denke dabei an den Weg, den das Ion zurücklegt: Zuerst durch gesundes Gewebe, dann zum Tumor.

Deine Antwort:

---

---

---

---

---

**Teilchenbeschleuniger**

Anlage, die geladene Teilchen mithilfe elektrischer Felder auf extrem hohe Geschwindigkeiten (nahe Lichtgeschwindigkeit) bringt. Der größte ist der LHC am CERN.

**Kollision**

Der gezielte Zusammenstoß von Teilchenstrahlen. Energie wird in Materie umgewandelt, wodurch neue, oft instabile Teilchen entstehen.

**Elementarteilchen**

Die kleinsten, fundamentalen Bausteine der Materie (z. B. Elektronen, Quarks), die nach heutigem Wissen nicht weiter teilbar sind.

**Higgs-Boson**

Elementarteilchen, das erklärt, wie andere Teilchen ihre Masse erhalten. Schlüsselrolle im Standardmodell der Physik.

**Myon**

Instabiles Elementarteilchen, ähnlich dem Elektron aber deutlich schwerer. Als kosmische Strahlung auf der Erde messbar.

**Kalorimeter**

Bauteil des Detektors, der die Energie der vorbeifliegenden Teilchen misst, indem er diese abstoppt.

**Tracker**

Innerster Teil des Detektors, der die genaue Flugbahn geladener Teilchen aufzeichnet, ohne sie abzubremesen.

**Magnetfeld**

Starke Magnete im Detektor krümmen Flugbahnen geladener Teilchen — daraus lassen sich Ladung und Impuls ableiten.

**Silizium-Pixeldetektor**

Hochauflösender Sensor (ähnlich einem Kamerasensor) direkt am Kollisionspunkt zur exakten Bestimmung von Teilchenspursprüngen.

**Standardmodell**

Physikalische Theorie, die alle bekannten Elementarteilchen und die Wechselwirkungen zwischen ihnen beschreibt.

**CERN**

Europäische Organisation für Kernforschung in Genf. Weltweit führendes und größtes Labor für Teilchenphysik.

**Bragg-Peak**

Der Moment, in dem das Teilchen stoppt und seine gesamte Energie wie eine Explosion abgibt — gezielt genutzt in der Ionentherapie.

**Proton**

Positiv geladenes Teilchen im Atomkern. Die Anzahl der Protonen bestimmt das chemische Element.

**Neutron**

Elektrisch neutrales Teilchen, das zusammen mit Protonen den Atomkern bildet und ihn stabilisiert.

**Elektron**

Negativ geladenes Elementarteilchen in der Elektronenhülle. Zentral für Elektrizität und chemische Reaktionen.

6

## Das Logik-Labyrinth

Der Weg des Teilchens — bringe die Stationen in die richtige Reihenfolge (1–5)

Schreibe die Zahlen 1–5 in das Kästchen neben jeder Station.

Das Ziel

Starke Magnete führen das Teilchen auf die richtige Bahn zum Patienten.

Die Quelle

Im Synchrotron (Ringbeschleuniger) wird das Teilchen extrem schnell.

Die Reise

Das Ion stoppt punktgenau im Tumor und zerstört ihn.

Die Rennbahn

Atomen werden Elektronen entrissen, damit sie „geladen“ sind.

Die Lenkung

Das Ion rast durch den Körper, ohne den gesunden Bereich zu verletzen.

Bonus: Erkläre in eigenen Worten: Was ist der Bragg-Peak?

---



---



---

## 7. Lösungsschlüssel: Für Lehrpersonen

Quiz: F1: b) · F2: c) · F3: b) · F4: b) · F5: a) · F6: b)

Der Weg des Teilchens:

- [1] Die Quelle — Atomen werden Elektronen entrissen, damit sie "geladen" sind.
- [2] Die Rennbahn — Im Synchrotron wird das Teilchen extrem schnell.
- [3] Die Lenkung — Starke Magnete führen das Teilchen auf die richtige Bahn.
- [4] Die Reise — Das Ion rast durch den Körper ohne gesundes Gewebe zu verletzen.
- [5] Das Ziel — Das Ion stoppt punktgenau im Tumor und zerstört ihn.

Verbindung: Ionen 2 · Teilchendetektoren 3 · CERN 1 · Kosmische Strahlung 4

Bragg-Peak: Das Ion stoppt punktgenau im Tumor und gibt dort seine gesamte Energie ab.

Reflexionsfragen:

Erwartete Antworten

- a) Das Atom ist normalerweise neutral (6 Plus, 6 Minus). Wenn man ihm Elektronen wegnimmt, wird es positiv geladen. Erst dann kann man es mit elektrischen Feldern im Beschleuniger beschleunigen und steuern.
- b) Am Anfang ist das Ion noch schnell → es fliegt durch das gesunde Gewebe hindurch, ohne viel Schaden anzurichten. Erst im Tumor wird es langsam genug, um den dortigen Atomen Elektronen wegzureißen und so die DNA der Krebszellen zu zerstören. Das heißt: Die Hauptwirkung passiert genau dort, wo man sie braucht – im Tumor – und das gesunde Gewebe wird geschont.