

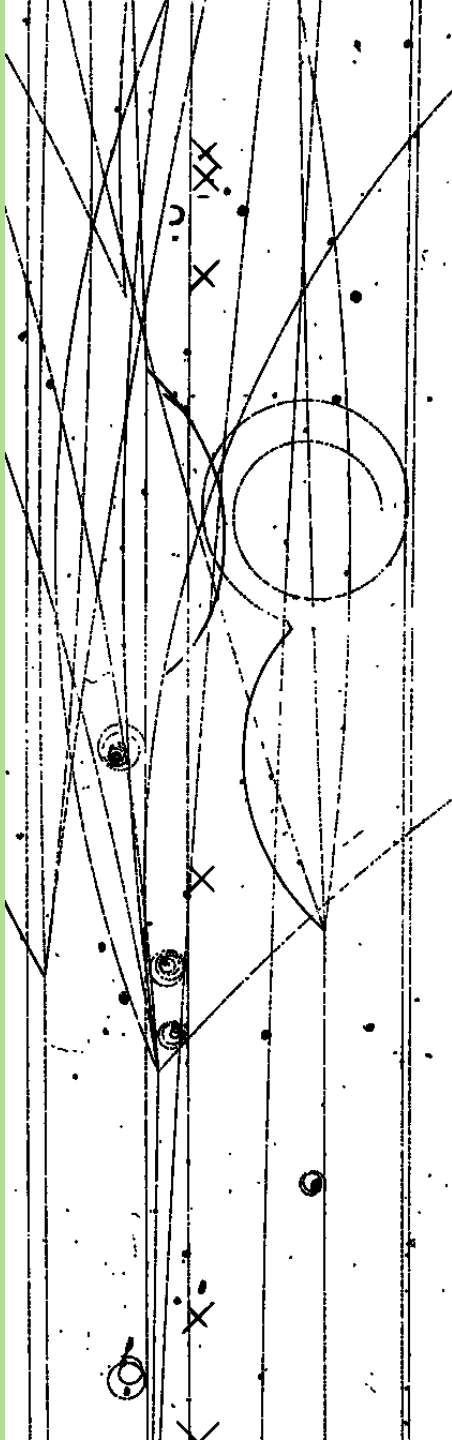
Einsatz von Blasenkammerbildern in der Schule auf erhöhtem Anforderungsniveau

Floria Naumann

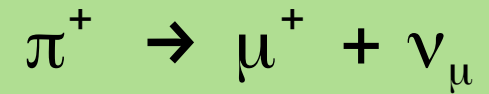
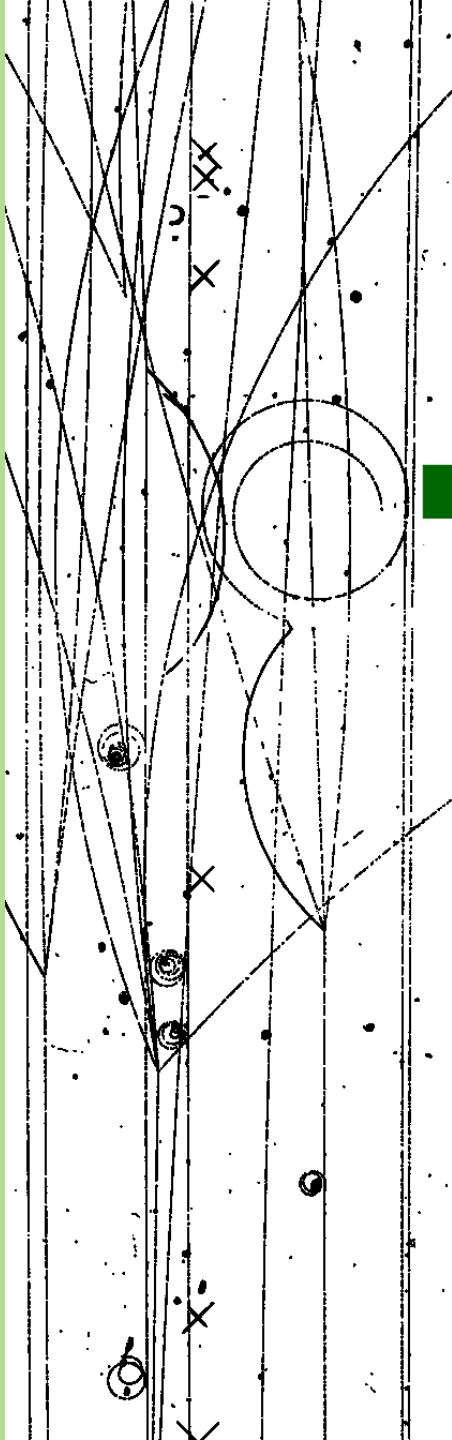
Michael Kobel, Gesche Pospiech,
Bernadette Schorn



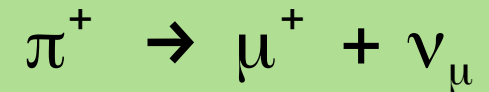
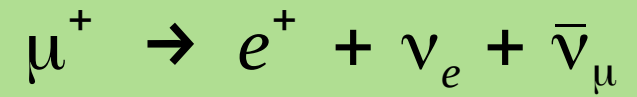
Gibt es noch mehr zu entdecken?



Gibt es noch mehr zu entdecken?



Gibt es noch mehr zu entdecken?



Gibt es noch mehr zu entdecken?

Zielstellungen

- Einsatz im Leistungskurs Physik der gymnasialen Oberstufe
- Erweiterung der behandelten Teilchen über Atombauusteine und Photonen hinaus

Bekannte
Konzepte

Teilchenphysik

z.B. Erhaltungs-
sätze, Bewegung
elektr. geladener
Teilchen in Feldern

Voraussetzungen

- Struktur und Aufbau der Materie

Atom-/Molekülebene, Elementarteilchen, Masse und die drei Ladungen als elementare Eigenschaften, Begriffe Detektor und Teilchenstrahl

- Bewegung geladener Teilchen im magnetischen Feld

Magnetfeld, Darstellung eines Magnetfelds durch Magnetfeldlinien, Lorentzkraft, Bestimmung der Richtung der Lorentzkraft (Rechte-Hand-Regel), Bewegung auf Kreisbahn (Radialkraft)



Voraussetzungen

- Erhaltungssätze bei physikalischen Prozessen

Erhaltung der Energie, Erhaltung des Impulses, Erhaltung der Ladungen

- Spezielle Relativitätstheorie

Äquivalenz von Masse und Ruheenergie, relativistischer Impuls, relativistische Energie-Impuls-Beziehung

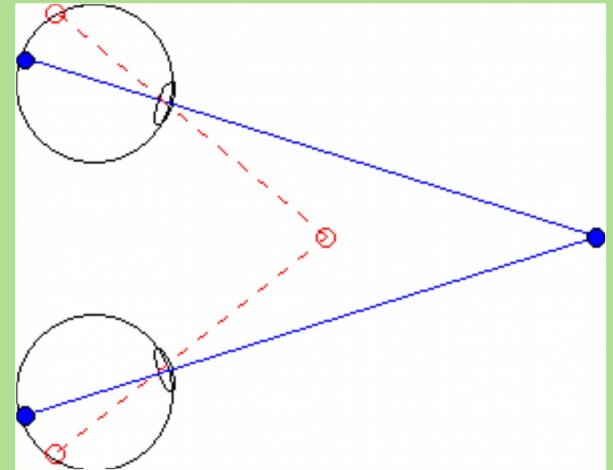
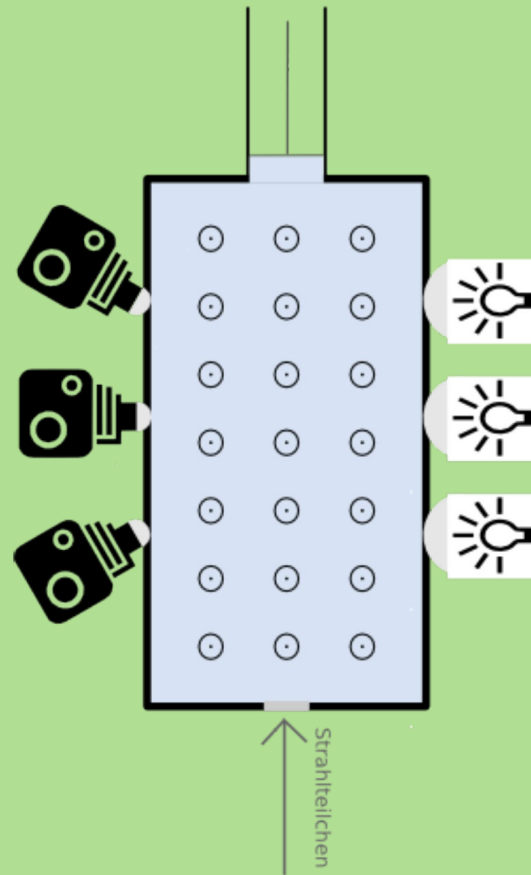
- Mathematik

vektorielle Addition, Strahlensätze, Satz des Pythagoras, geometrische Begriffe (z.B. Mittelsenkrechte, Sehne)

Teilchen und ihre Eigenschaften

Name des Teilchens	Symbol	Quarkzusammensetzung	m_0 in $\frac{MeV}{c^2}$	q	$I^{(3)}$	S
Proton	p	uud				
Neutron	n	udd				
Lamda	Λ^0	uds				
neutrales Pion	π^0	Mischung von $u\bar{u}$ und $d\bar{d}$				
positives Pion	π^+	$u\bar{d}$				
negatives Pion	π^-	$d\bar{u}$				
neutrales Kaon	K^0	$d\bar{s}$				
neutrales Anti-Kaon	\bar{K}^0	$\bar{d}s$				
positives Kaon	K^+	$u\bar{s}$				
negatives Kaon	K^-	$\bar{u}s$				

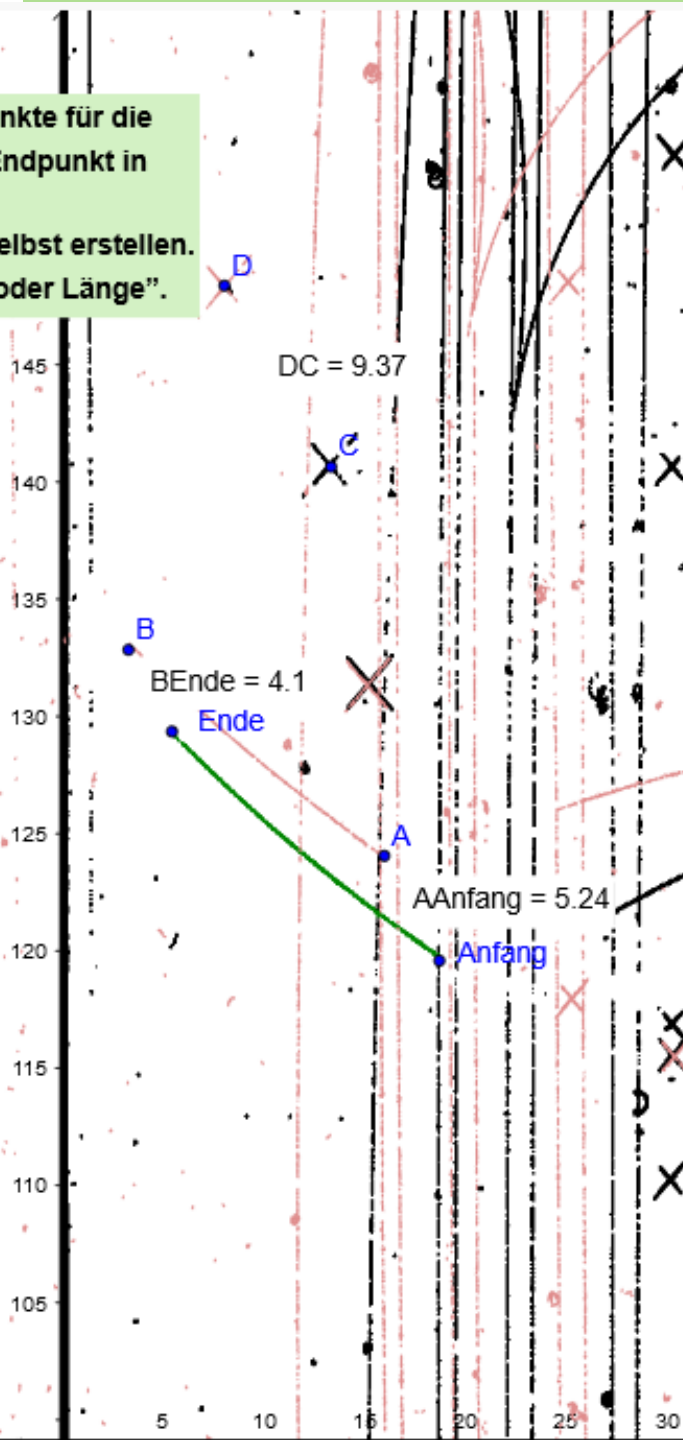
3D-Rekonstruktion von Spuren in der Blasenkammer



Aus Schmidt, Rebecca: Einsatz von Blasenkammerbildern in der Schule auf grundlegendem Anforderungsniveau. Dresden, 2015
Aus Liborio Ciccarello und Dirk Berger: Tiefenwahrnehmung durch binokulare Stereopsis,
<http://irtel.uni-mannheim.de/lehre/seminararbeiten/w96/Tiefe/binoc.html>

Hinweis: Nutze diese beiden Punkte für die Markierung von Anfangs- und Endpunkt in View 2.

Die anderen Punkte musst du selbst erstellen.
Nutze das Werkzeug "Abstand oder Länge".



1. Aufgabe - Impulsberechnung aus der Krümmung der Spur

Schritt 1: Bestimmung der z-Koordinaten von Anfangs- und Endpunkt der Spur
Zeige View 1 an und verschiebe dieses Bild auf die Blasenkameraaufnahme (View 2), sodass zwei Vorderseitenkreuze übereinander liegen.

Miss die Abstände

- d_R zwischen zwei gleichen Rückseitenkreuzen,
- d_A zwischen den beiden Anfangspunkten,
- d_E zwischen den beiden Endpunkten.

Berechne aus den Werten die z-Koordinaten des Anfangs- und des Endpunktes.

Tipp 1

Tipp 2

View 1 anzeigen

$z_{\text{Anfang}} = 28.24$ cm

Richtig!

$z_{\text{Ende}} = 22.1$ cm

Richtig!

Zurück

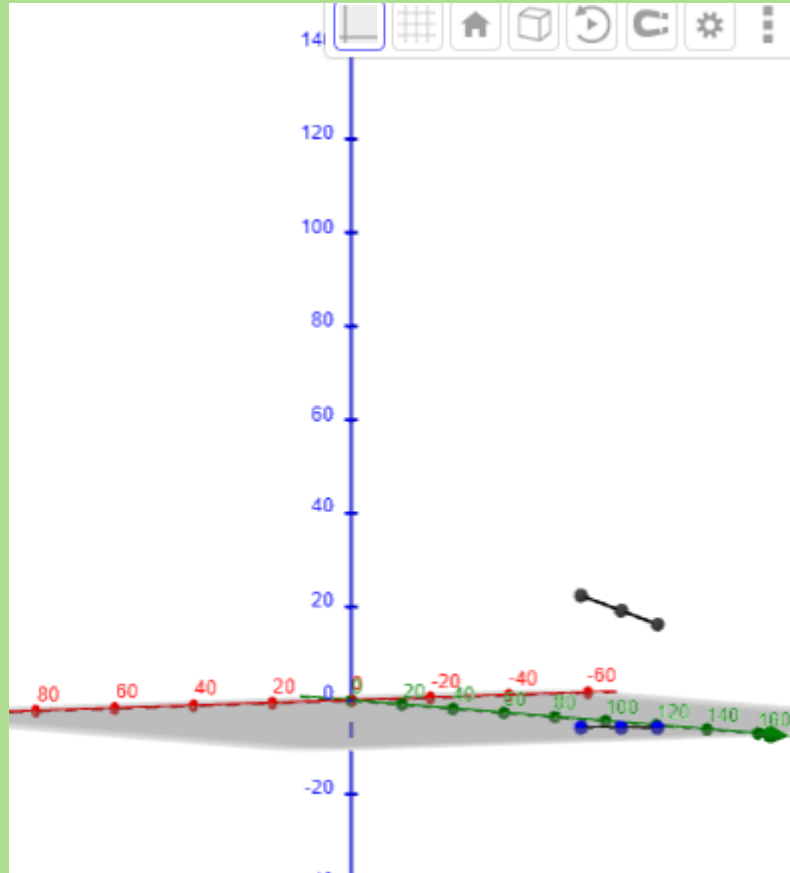
Weiter

Die z-Koordinate eines Punktes P berechnet sich wie folgt aus dem Abstand der Rückseitenkreuze d_R und dem Abstand des Punktes d_P in View 1 und View 2:

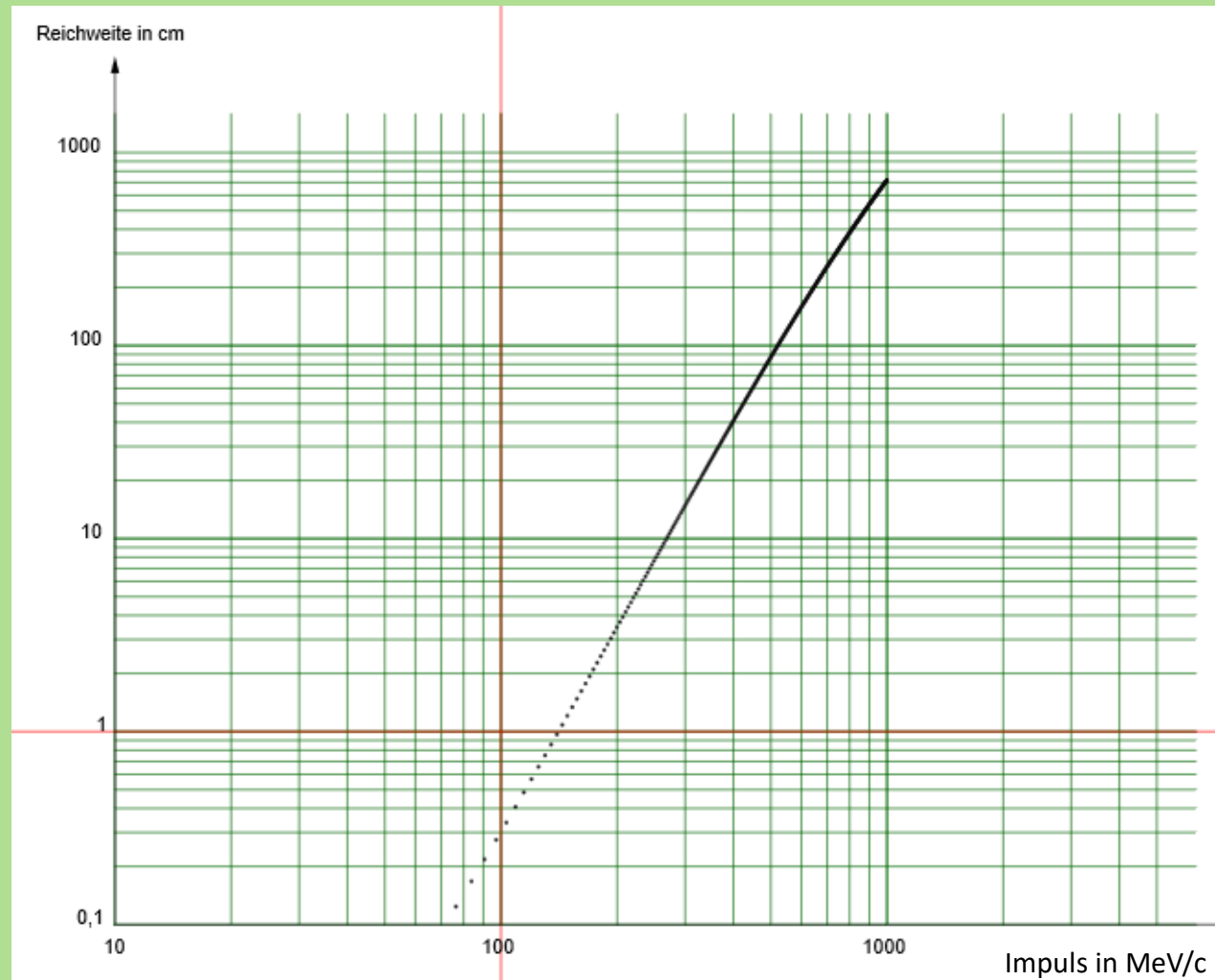
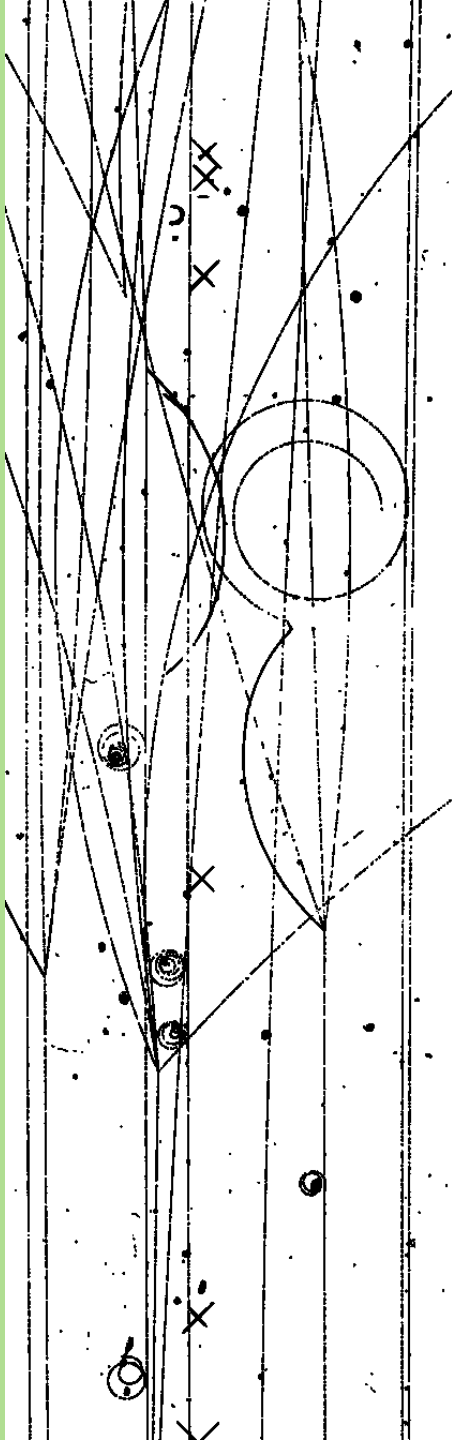
$$z_P = 50.5 \text{ cm} \cdot \frac{d_P}{d_R}$$

Ersetze P durch Anfang bzw. Ende.

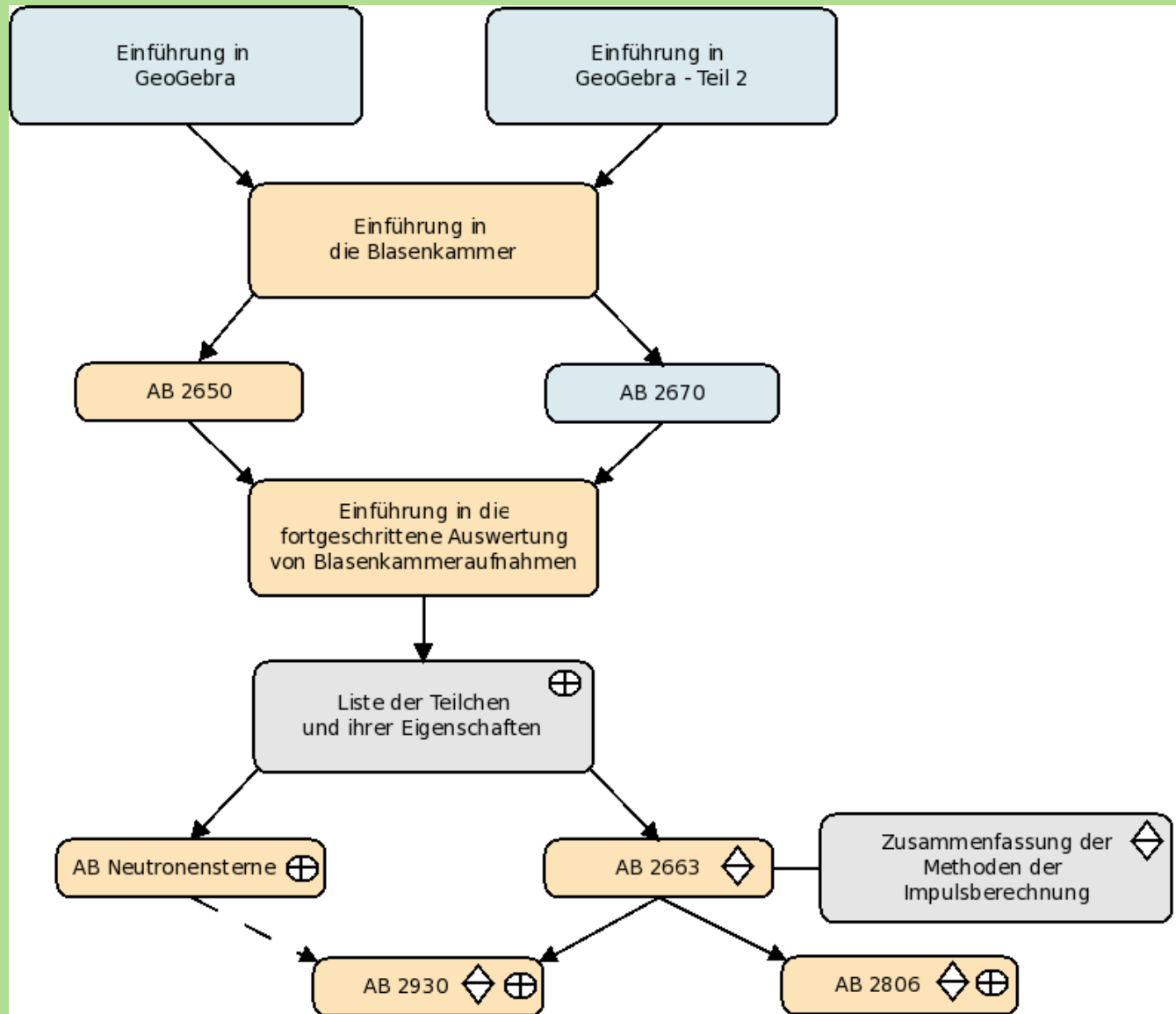
3D-Rekonstruktion von Spuren in der Blasenkammer



3D-Rekonstruktion von Spuren in der Blasenkammer



Didaktische Konzeption



Digitale und analoge Materialien

- Bsp. AB 2806

1. Aufgabe - Identifikation des Teilchens

Die grün hervorgehobene Spur wurde von einem Pion erzeugt. Entscheide, um welches Pion es sich gehandelt hat. Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

π^0

π^+

π^-

Liste der Teilchen
und ihrer Eigenschaften



Digitale und analoge Materialien

• Bsp. AB 2806

1. Aufgabe - Identifikation des Teilchens

Die grün hervorgehobene Spur wurde von einem Pion erzeugt. Entscheide, um welches Pion es sich gehandelt hat. Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

π^0

π^+

π^-

Die Antwort ist nicht korrekt. Beachte den Zusammenhang zwischen Krümmungsrichtung der Spur und elektrischer Ladung des Teilchens.

1. Aufgabe - Identifikation des Teilchens

Die grün hervorgehobene Spur wurde von einem Pion erzeugt. Entscheide, um welches Pion es sich gehandelt hat. Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

π^0

π^+ ✓

π^-

Digitale und analoge Materialien

• Bsp. AB 2806

1. Aufgabe - Identifikation des Teilchens

Die grün hervorgehobene Spur wurde von einem Pion erzeugt. Entscheide, um welches Pion es sich gehandelt hat. Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

π^0

π^+

π^-

Begründe deine Antwort.

Nach der Rechten-Hand-Regel ergibt sich, dass das Teilchen, welches die grün hervorgehobene Spur hinterlassen hat, positiv elektrisch geladen ist. Es handelt sich also um das positive Pion π^+ .

- Ergebnisse dauerhaft festhalten
- weiterführende Fragen (Begründungen, Schlussfolgerungen, Berechnungen)

→ Diskussionen im Anschluss
→ vertiefende Funktion

Digitale und analoge Materialien

• Bsp. AB 2806

3. Aufgabe - Messung des Impulses des Anti-Myons

Zusammenfassung der Methoden der Impulsberechnung

Um nun zu untersuchen, ob das Pion vor der Umwandlung in Ruhe war, muss der Impuls des Anti-Myons aus der Blasenkammeraufnahme ermittelt und der gemessene mit dem berechneten Wert verglichen werden.

Entscheide, welche Methode sich zur Bestimmung des Impulses des Anti-Myons eignet.

- Berechnung aus der Krümmung der Spur
- Berechnung aus der Reichweite des Teilchens

Berechne nun mithilfe dieser Methode den Impuls des Anti-Myons. Der Link zur Impuls-Reichweite-Beziehung des Anti-Myons befindet sich unter dem Arbeitsblatt.

View 1 anzeigen

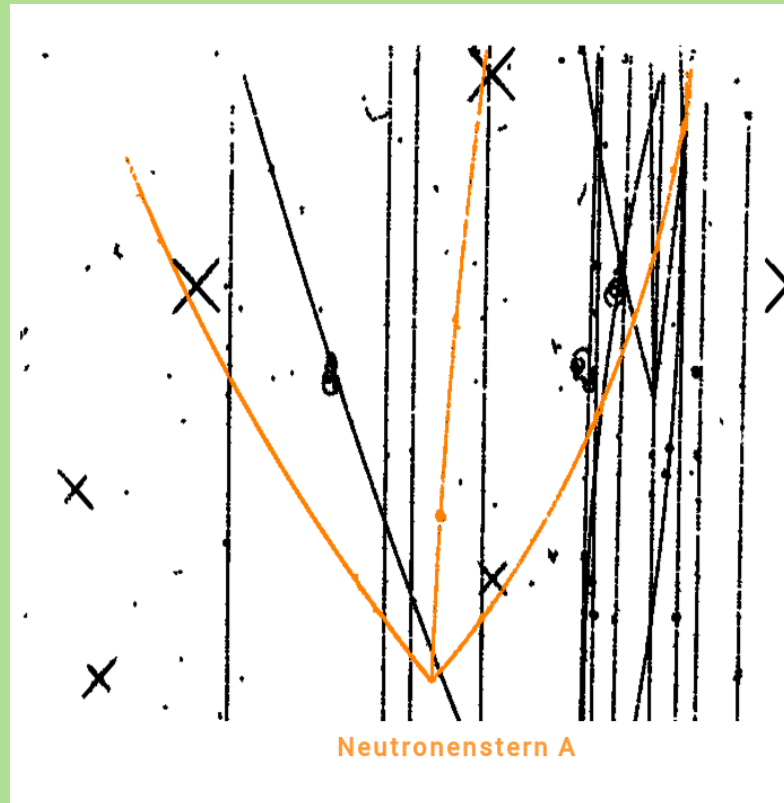
$p_{\mu^2} = 32$ MeV/c

Richtig!

Digitale und analoge Materialien

• Bsp. AB Neutronensterne*

Liste der Teilchen
und ihrer Eigenschaften



2. Aufgabe - Aufstellen von Umwandlungshypothesen

Stelle Hypothesen darüber auf, welche Teilchen bei dem markierten Neutronenstern die Spuren hinterlassen haben.

Bestätige die Eingabe mit dem blauen Button!

- | | |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Proton | Anzahl: <input type="text" value="2"/> |
| <input type="checkbox"/> positives Pion | |
| <input checked="" type="checkbox"/> negatives Pion | Anzahl: <input type="text" value="1"/> |
| <input type="checkbox"/> positives Kaon | |
| <input type="checkbox"/> negatives Kaon | |

Zurück

Weiter

Deine Eingabe ist korrekt.

* Dieser Begriff wird im Zusammenhang mit der Blasenkammer als Bezeichnung für das Spurmuster verwendet, welches bei der Wechselwirkung eines Neutrons mit einem Proton des Wasserstoffs auf einer Blasenkammeraufnahme zu sehen ist. Es besteht kein Zusammenhang zu den astronomischen Neutronensternen.

Digitale und analoge Materialien

• Bsp. AB Neutronensterne

Liste der Teilchen
und ihrer Eigenschaften



Neutronenstern A

Anzahl auslaufender Spuren: 3

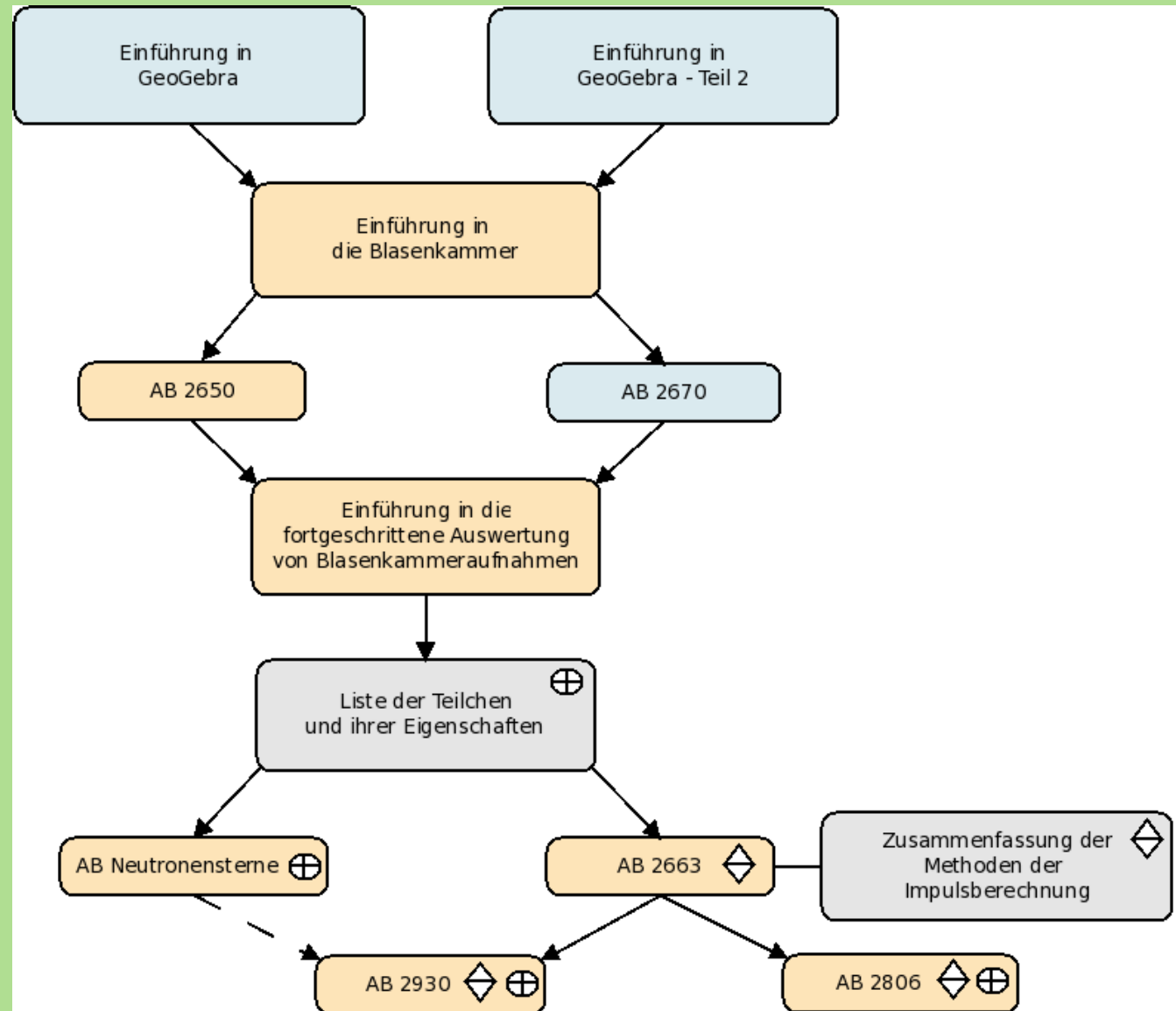
Hypothese ¹	q	$I^{(3)}$	S	Zulässig?
$\pi^+\pi^+\pi^-$	+1	+1	0	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
$p\pi^+\pi^-$	+1	$+\frac{1}{2}$	0	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
$pK^+\pi^-$	+1	$+\frac{1}{2}$	1	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
pK^+K^-	+1	$+\frac{1}{2}$	0	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
$pp\pi^-$	+1	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein



Nachbereitung

- notwendig insbesondere, wenn weiterführende Fragen mehrere Lösungen zulassen bzw. den Transfer von Wissen erfordern
- Nachbereitung in zwei Phasen:
 - AB Neutronensterne und AB 2663
 - AB 2930 und AB 2806
- Anreize:
 - Gibt es mehrere zulässige Hypothesen zu einem Neutronenstern?
 - Ist die Bestimmung des Impulses von jeder Spur möglich?
 - Welche Rolle spielen theoretische Vorüberlegungen bei der Auswertung von Blaskammeraufnahmen und auch bereits bei der Planung von Experimenten?
 - Welcher grundlegende Weg wird bei der Auswertung immer wieder beschritten?

Didaktische Konzeption





Erfahrungen

- Einsatz in Workshops und im GTA-Bereich bereits getestet
- Lehrer-Fortbildungen durch das Netzwerk Teilchenwelt

- wichtig ist das Einfordern von Begründung (analoge Arbeitsblätter)
- Möglichkeiten zeitlicher Variabilität (z.B. vorausgefüllte Hilfsblätter)

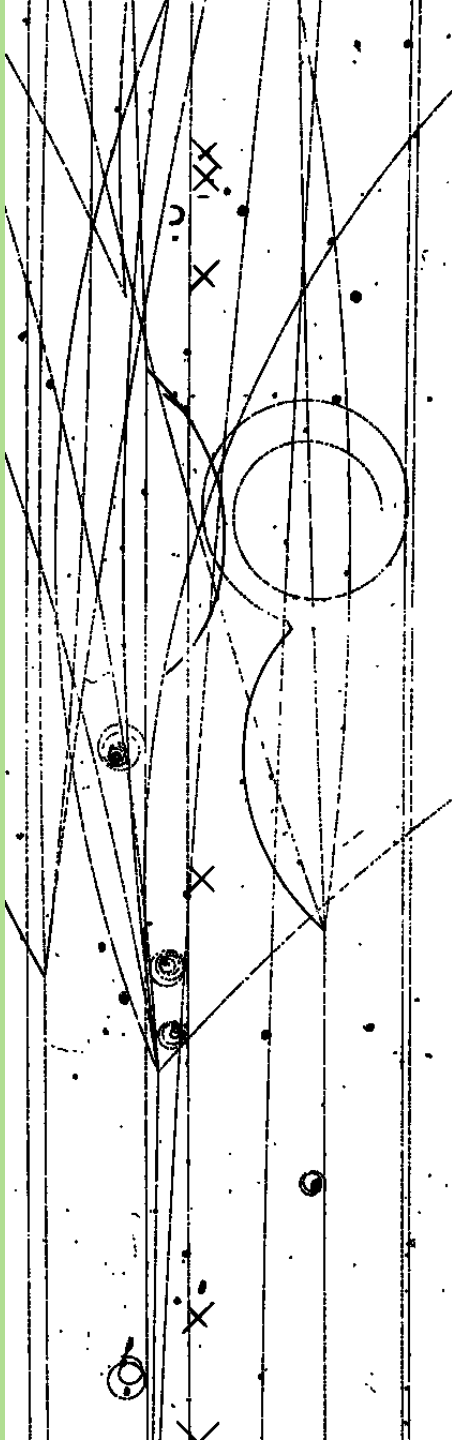
Zugang zu den Materialien

- Arbeitsblätter (digital und analog),
Masterarbeit

<https://www.geogebra.org/m/w5sdkg2u>

- www.geogebra.org





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!