



# Blasenkammerworkshop NTW Jugendlichen Workshop

CERN, 12.11.2015

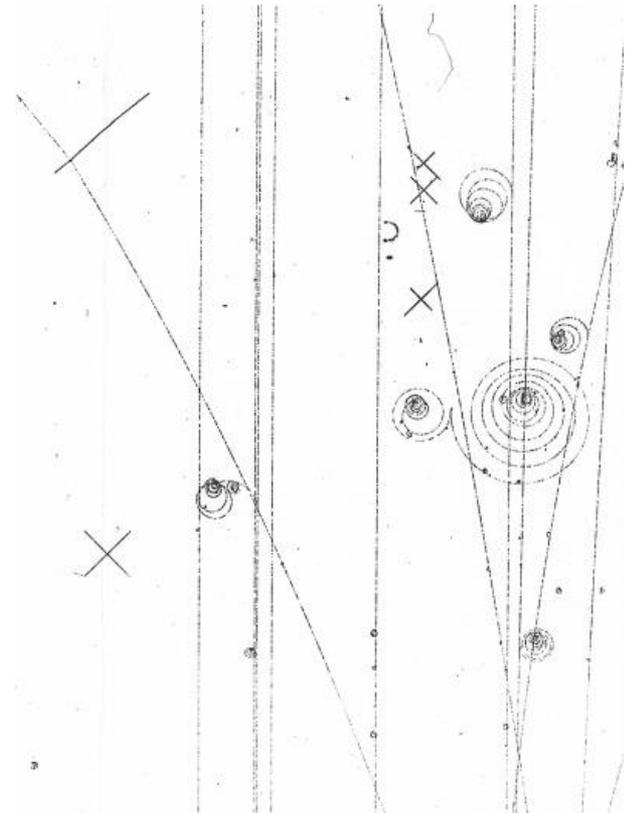
**Herzlich willkommen!**



NETZWERK  
TEILCHENWELT

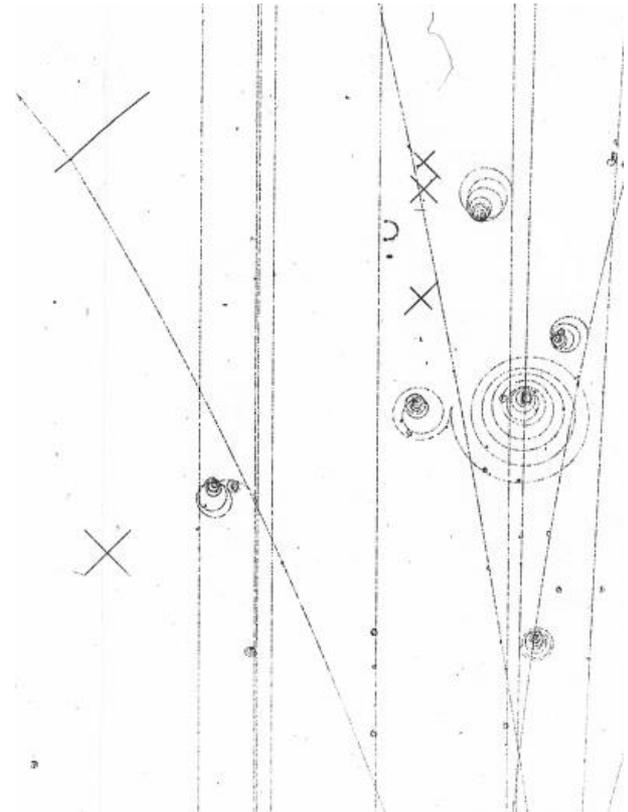
# Ablauf

- ▶ Einführung in die Blasenkammer
- ▶ Identifikation von Teilchenspuren
- ▶ Ihr seid dran! Auswertung von Blasenkammeraufnahmen
- ▶ Auswertung in der Forschung



# Ablauf

- ▶ Einführung in die Blasenkammer
- ▶ Identifikation von Teilchenspuren
- ▶ Ihr seid dran! Auswertung von Blasenkammeraufnahmen
- ▶ Auswertung in der Forschung





# Einführung in die Blasenkammer

- ▶ Geschichte der Blasenkammer
- ▶ Einsatz der Blasenkammer als Detektor
- ▶ Aufbau und Funktion der Blasenkammer

# Geschichte der Blasenammer

- ▶ Vorgänger: Nebelkammer
- ▶ Erfinder: Donald A. Glaser (1952) → Nobelpreis 1960
- ▶ Zu Beginn recht klein, dann immer größer

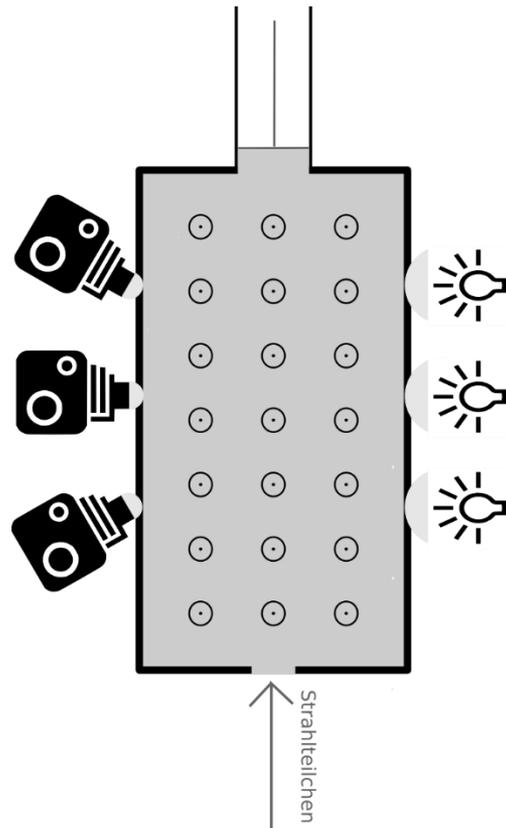


# Einsatz der Blasenkammer als Detektor

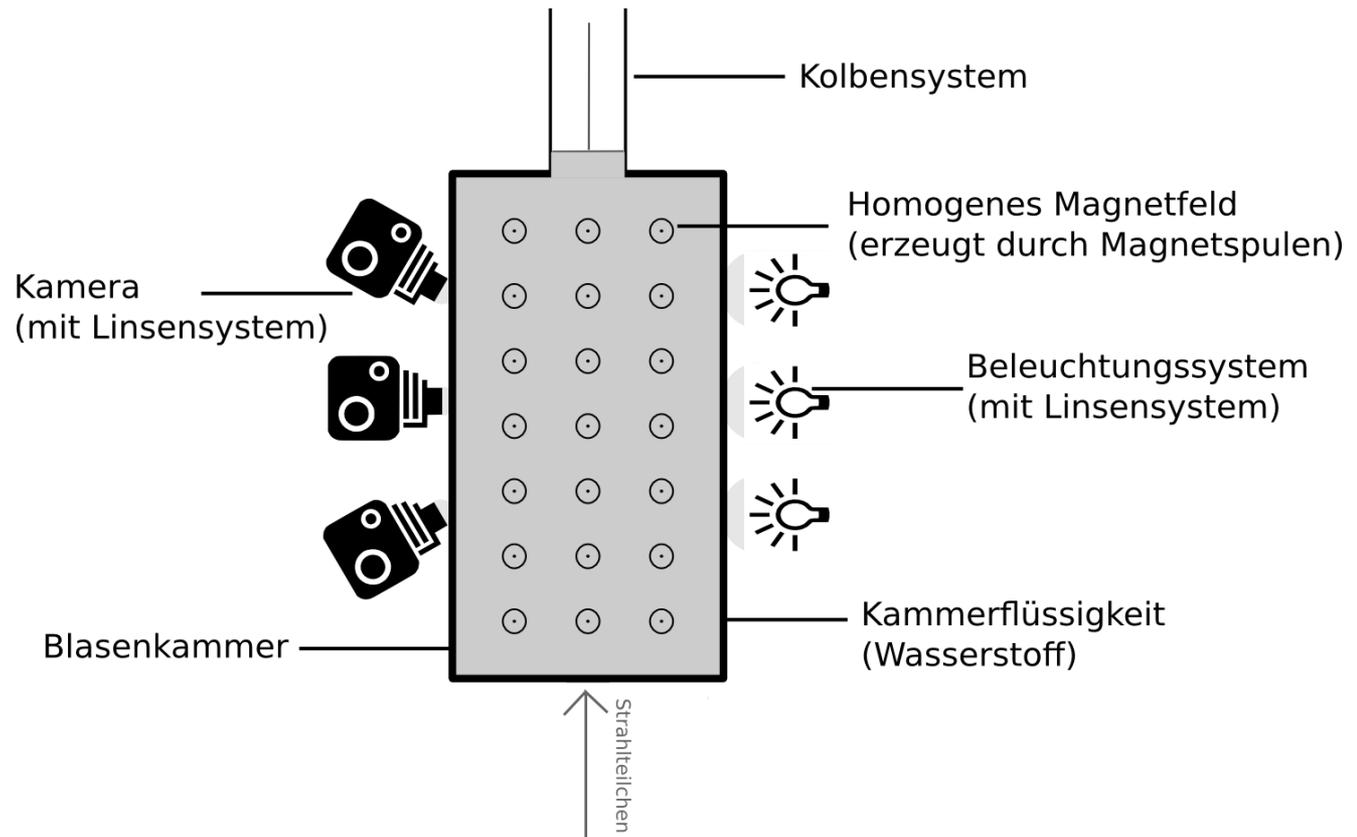
- ▶ Blasenkammer ist ein Teilchendetektor
- ▶ Rückschlüsse auf Eigenschaften von Teilchen
  - Farbladungen von Quarks
  - Drittelzahlige (elektrische) Ladung von Quarks
- ▶ Entdecken von neuen Teilchen und Prozessen



# Aufbau und Funktion der Blasenkammer

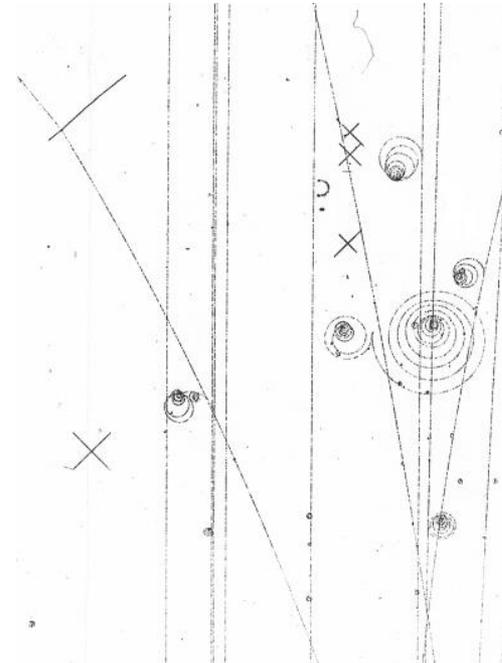
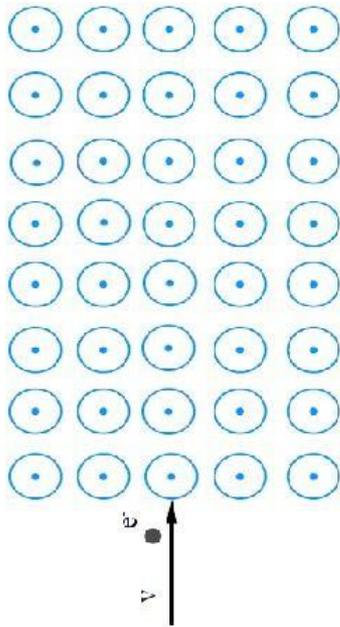


# Aufbau und Funktion der Blasenkammer



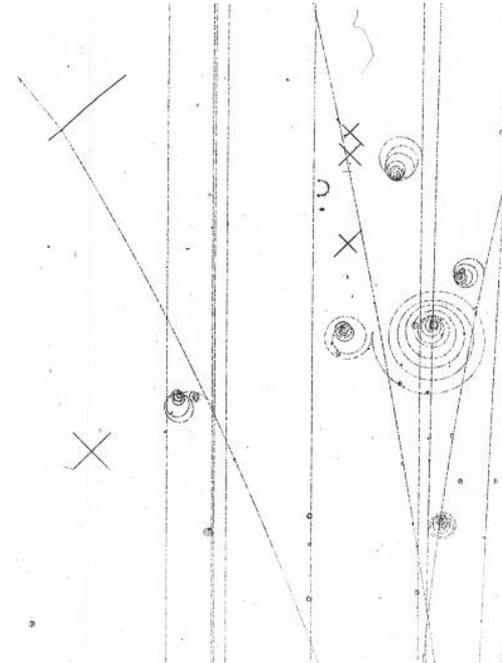
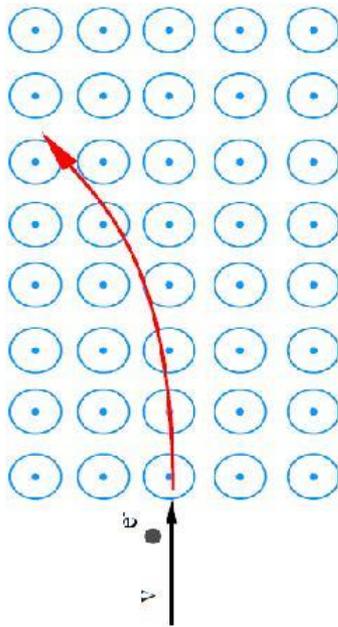
# Aufbau und Funktion der Blasenkammer

Hintergrundwissen: Bewegte elektrisch geladene Teilchen im Magnetfeld

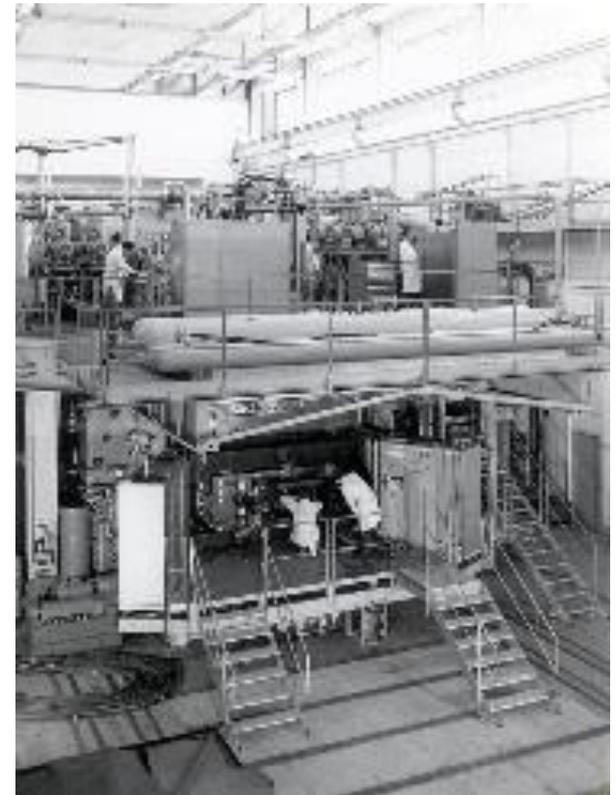


# Aufbau und Funktion der Blasenkammer

Hintergrundwissen: Bewegte elektrisch geladene Teilchen im Magnetfeld

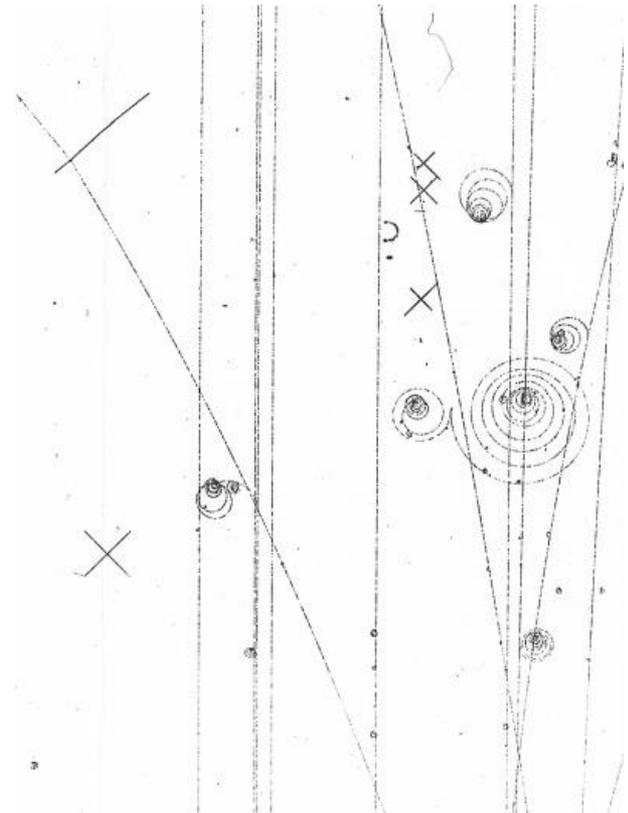


# Aufbau und Funktion der Blasenkammer



# Ablauf

- ▶ Einführung in die Blasenkammer
- ▶ **Identifikation von Teilchenspuren**
- ▶ Ihr seid dran! Auswertung von Blasenkammeraufnahmen
- ▶ Auswertung in der Forschung



# Identifikation von Teilchenspuren

Name: \_\_\_\_\_

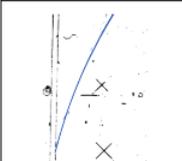
Datum: \_\_\_\_\_

## Teilchenidentifikation in der Blasenkammer

### Elektrisch geladene Teilchen

Elektrisch geladene Teilchen hinterlassen Spuren in der Blasenkammer.

**Achtung:** Die Spuren sind auf den Aufnahmen im Original nicht farbig. Sie sind hier nur zur besseren Sichtbarkeit hervorgehoben.

Spur in der Blasenkammer	Identifiziertes Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
			
			
			

# Identifikation von Teilchenspuren



## Identifikation von Spuren auf Blaskammeraufnahmen

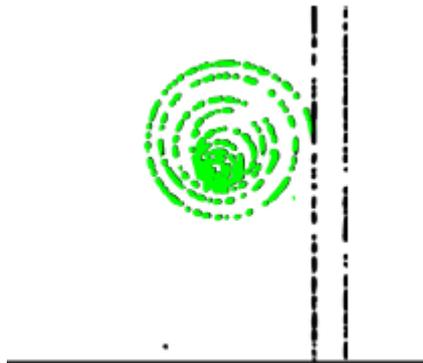
**Eine Blaskammer ist ein Teilchendetektor. Man kann sie auch als "Auge der Teilchenphysiker" bezeichnen, da es mit ihr möglich ist, die Spuren von Teilchen zu betrachten und so Rückschlüsse auf die Eigenschaften der Teilchen zu ziehen oder sogar neue Teilchen zu entdecken!**

**Wie Spuren auf Blaskammeraufnahmen identifiziert werden können, lernst du auf den folgenden Seiten. Indem du auf "Weiter" klickst, kommst du zur nächsten Seite. Über "Zurück" gelangst du zu vorherigen Seite. Viel Spaß beim Entdecken!**

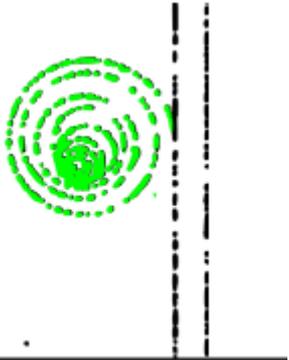
▶ Link: <http://tube.geogebra.org/student/m1813043>

# Identifikation von Teilchenspuren

Spur in der Blasenkammer	Identifiziert es Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
--------------------------	---------------------------	---------	--------------------

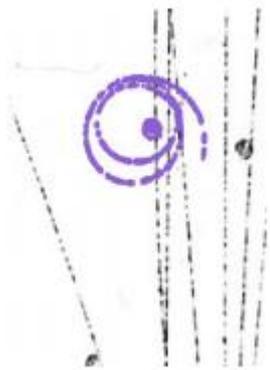


# Identifikation von Teilchenspuren

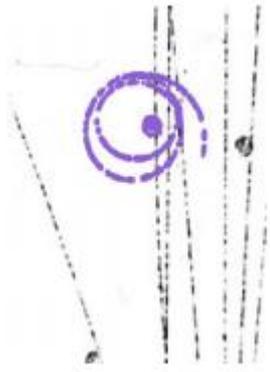
Spur in der Blasenkammer	Identifiziertes Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
	Elektron	Wechselwirkung von Strahlteilchen und Elektron	<ul style="list-style-type: none"><li>• nach links gekrümmte Spur</li><li>• zum Vertex hinführenden Spur eines Strahlteilchens</li></ul>

# Identifikation von Teilchenspuren

Spur in der Blasenkammer	Identifiziert es Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
--------------------------	---------------------------	---------	--------------------

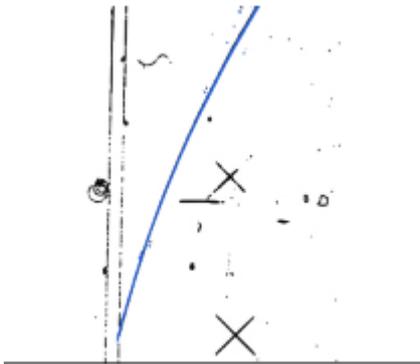


# Identifikation von Teilchenspuren

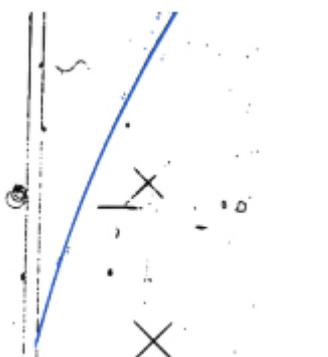
Spur in der Blasenkammer	Identifiziertes Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
	Elektron	Compton-Streuung	<ul style="list-style-type: none"><li>• nach links gekrümmte Spur</li><li>• keine zum Vertex hinführende Spur (Photonen sind in der Blasenkammer nicht sichtbar)</li></ul>

# Identifikation von Teilchenspuren

Spur in der Blasenkammer	Identifiziert es Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
--------------------------	---------------------------	---------	--------------------



# Identifikation von Teilchenspuren

Spur in der Blasenkammer	Identifiziertes Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
	Proton	Wechselwirkung von Strahlteilchen und Proton	<ul style="list-style-type: none"><li>• nach rechts gekrümmte Spur</li><li>• zum Vertex hinführenden Spur eines Strahlteilchens</li></ul>

# Identifikation von Teilchenspuren

Spur in der Blasenkammer	Identifiziert es Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
--------------------------	---------------------------	---------	--------------------

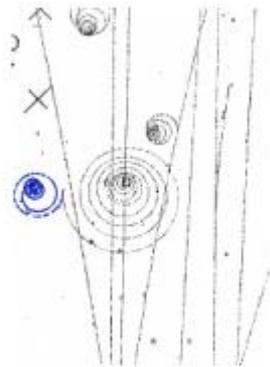


# Identifikation von Teilchenspuren

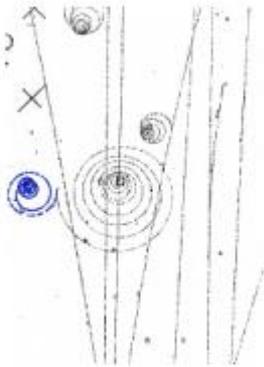
Spur in der Blasenkammer	Identifiziert es Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
	Proton	Wechselwirkung von Neutron und Proton	<ul style="list-style-type: none"><li>• nach rechts gekrümmte Spur</li><li>• keine zum Vertex hinführende Spur (Neutronen sind in der Blasenkammer nicht sichtbar)</li></ul>

# Identifikation von Teilchenspuren

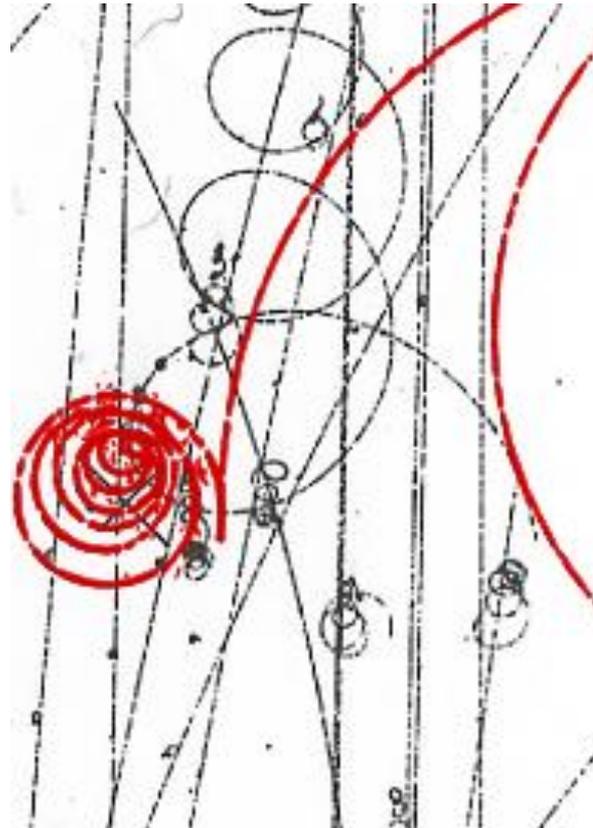
Spur in der Blasenkammer	Identifiziert es Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
--------------------------	---------------------------	---------	--------------------



# Identifikation von Teilchenspuren

Spur in der Blasenkammer	Identifiziertes Teilchen	Prozess	Erkennungsmerkmale
 <p>Die Abbildung zeigt eine Blasenkammeraufnahme. Ein zentraler Punkt (Vertex) ist von mehreren Spuren umgeben. Eine Spur verläuft nach oben links und ist durch einen 'X' markiert. Eine andere Spur verläuft nach oben rechts und ist durch einen 'o' markiert. Eine dritte Spur verläuft nach unten links und ist durch einen 'e' markiert. Eine vierte Spur verläuft nach unten rechts und ist durch einen 'p' markiert. Die Spuren sind als feine Linien dargestellt, die an bestimmten Stellen dicker werden, was auf die Bildung von Blasen hindeutet.</p>	<p>Positron</p>	<p>Umwandlung eines Photons in eine Elektron-Positron-Paar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nach rechts gekrümmte Spur</li> <li>• keine zum Vertex hinführenden Spur (Photonen sind in der Blasenkammer nicht sichtbar)</li> <li>• am Vertex ebenfalls Spur eines Elektrons sichtbar (nach links gekrümmt)</li> </ul>

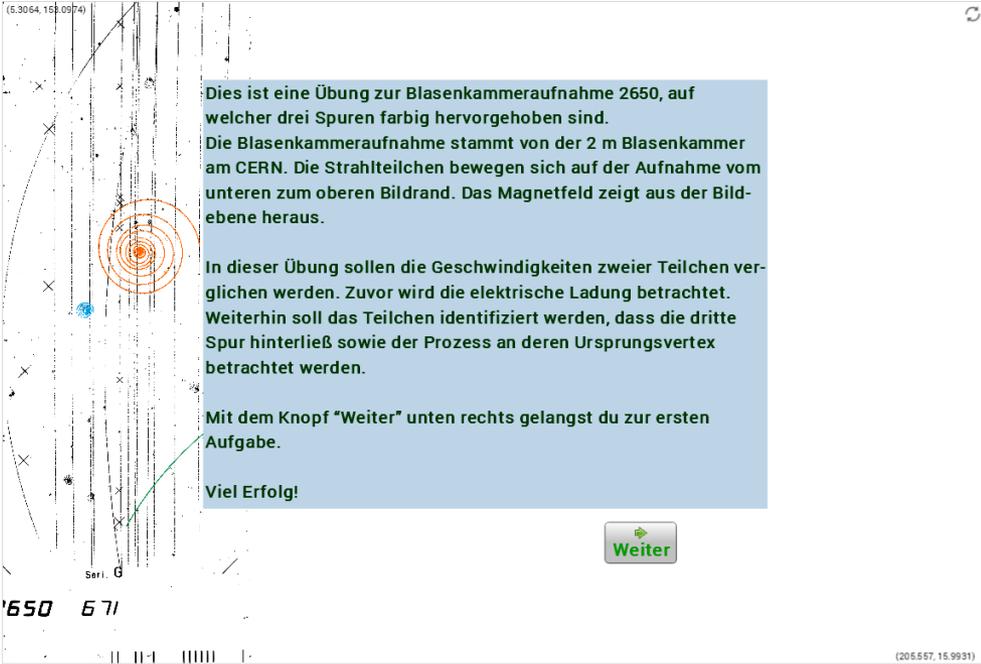
# Identifikation von Teilchenspuren



# Identifikation von Teilchenspuren: Übung

GeoGebra

AB\_2650



(5.3064, 168.0974)

Dies ist eine Übung zur Blasenkammeraufnahme 2650, auf welcher drei Spuren farblich hervorgehoben sind. Die Blasenkammeraufnahme stammt von der 2 m Blasenkammer am CERN. Die Strahlteilchen bewegen sich auf der Aufnahme vom unteren zum oberen Bildrand. Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

In dieser Übung sollen die Geschwindigkeiten zweier Teilchen verglichen werden. Zuvor wird die elektrische Ladung betrachtet. Weiterhin soll das Teilchen identifiziert werden, dass die dritte Spur hinterließ sowie der Prozess an deren Ursprungsvortex betrachtet werden.

Mit dem Knopf "Weiter" unten rechts gelangst du zur ersten Aufgabe.

Viel Erfolg!

Weiter

650 671

(20.557, 15.9931)

GeoGebra – Netzwerk Teilchenwelt

► Link: <http://tube.geogebra.org/student/mDkYjIYUi>

# Identifikation von Teilchenspuren: Übung

Name: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

**Arbeitsblatt zur Blasenkammeraufnahme 2650**

Bearbeite die Aufgaben auf dem digitalen Arbeitsblatt und notiere deine Antworten. Falls du die falsche Antwort angeklickt hast, lies den entsprechenden Tipp und überlege erneut.

• **Aufgabe 1**  
Entscheide, welche elektrische Ladung das Teilchen besitzt, das die orange farbene Spur hinterlassen hat.  
Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

positive Ladung  
 negative Ladung  
 keine Ladung

Begründe deine Entscheidung!

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

• **Aufgabe 2**  
Die blau und die orange hervorgehobene Spur stammen jeweils von einem Teilchen.  
Entscheide, welches die größere Geschwindigkeit besitzt.

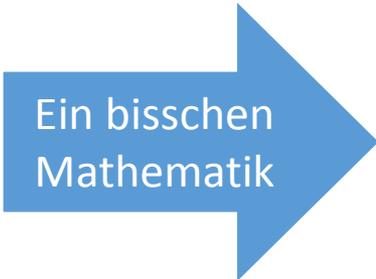
blaue Spur  
 gleiche Geschwindigkeit  
 orange farbene Spur

Begründe deine Entscheidung!

\_\_\_\_\_

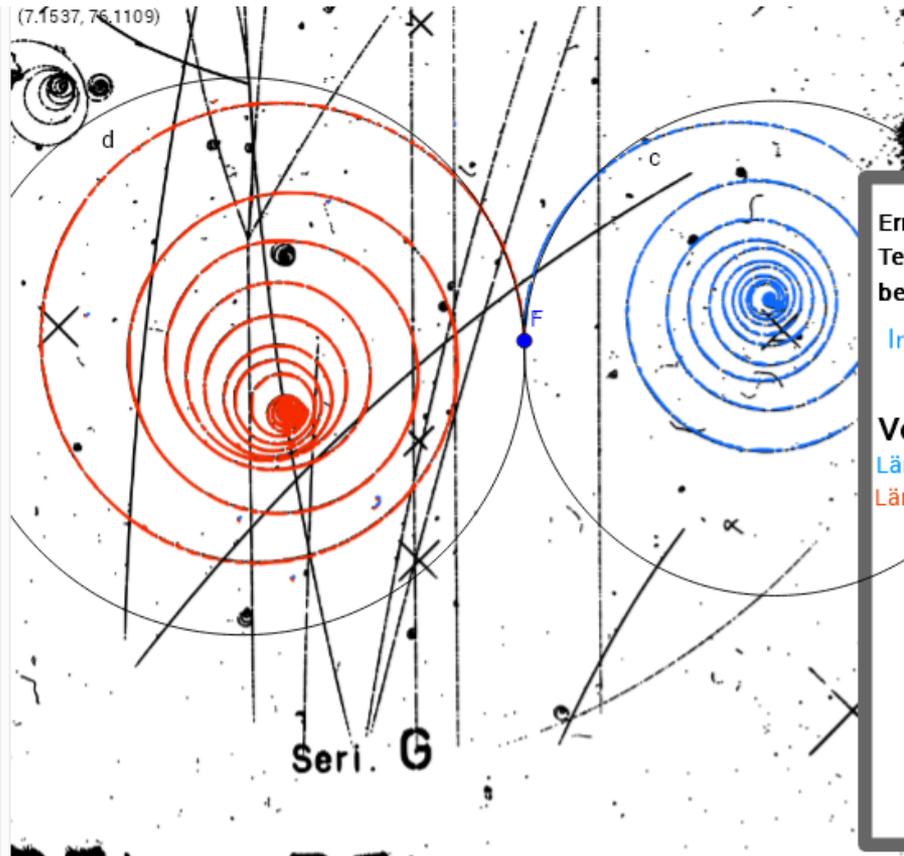
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Ein bisschen  
Mathematik

# Identifikation von Teilchenspuren: Auswertung



## Aufgabe 6

Ermittle nun den Betrag und die Richtung des neutralen Teilchens an diesem Vertex durch Vektoraddition der beiden Impulse.

$$\text{Impuls blau} = 0.061 \frac{\text{GeV}}{c} \quad \text{Impuls orange} = 0.069 \frac{\text{GeV}}{c}$$

**Tip**

**Vektoren zur Impulsaddition**

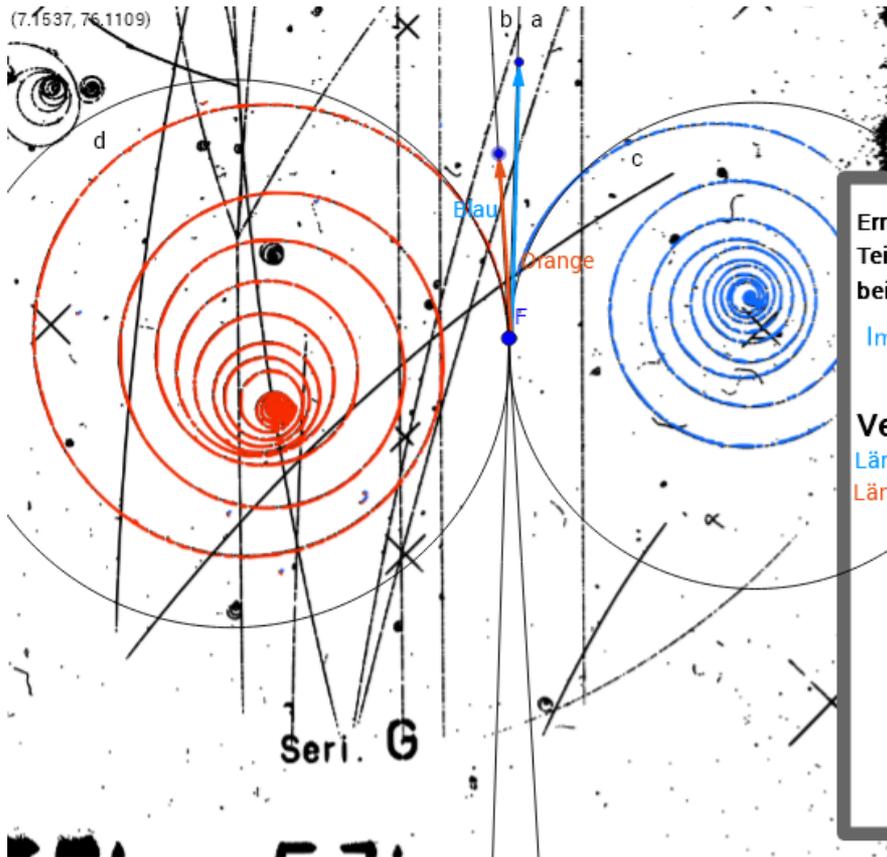
Länge des blauen Vektors = 3.6168

Länge des orangen Vektors = 2.6963



Vektoraddition

# Identifikation von Teilchenspuren: Auswertung



## Aufgabe 6

Ermittle nun den Betrag und die Richtung des neutralen Teilchens an diesem Vertex durch Vektoraddition der beiden Impulse.

$$\text{Impuls blau} = 0.061 \frac{\text{GeV}}{c} \quad \text{Impuls orange} = 0.069 \frac{\text{GeV}}{c}$$

**Tipp**

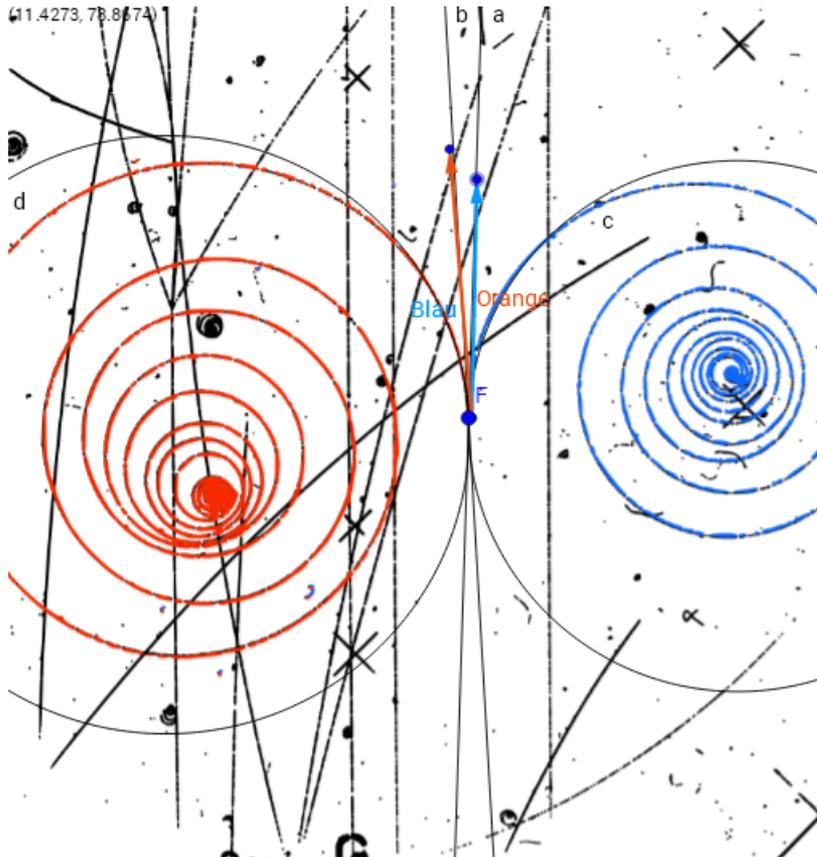
**Vektoren zur Impulsaddition**

Länge des blauen Vektors = 15.447

Länge des orangen Vektors = 10.3463

Vektoraddition

# Identifikation von Teilchenspuren: Auswertung



## Aufgabe 6

Ermittle nun den Betrag und die Richtung des neutralen Teilchens an diesem Vertex durch Vektoraddition der beiden Impulse.

$$\text{Impuls blau} = 0.061 \frac{\text{GeV}}{c} \quad \text{Impuls orange} = 0.069 \frac{\text{GeV}}{c}$$

**Tipp**

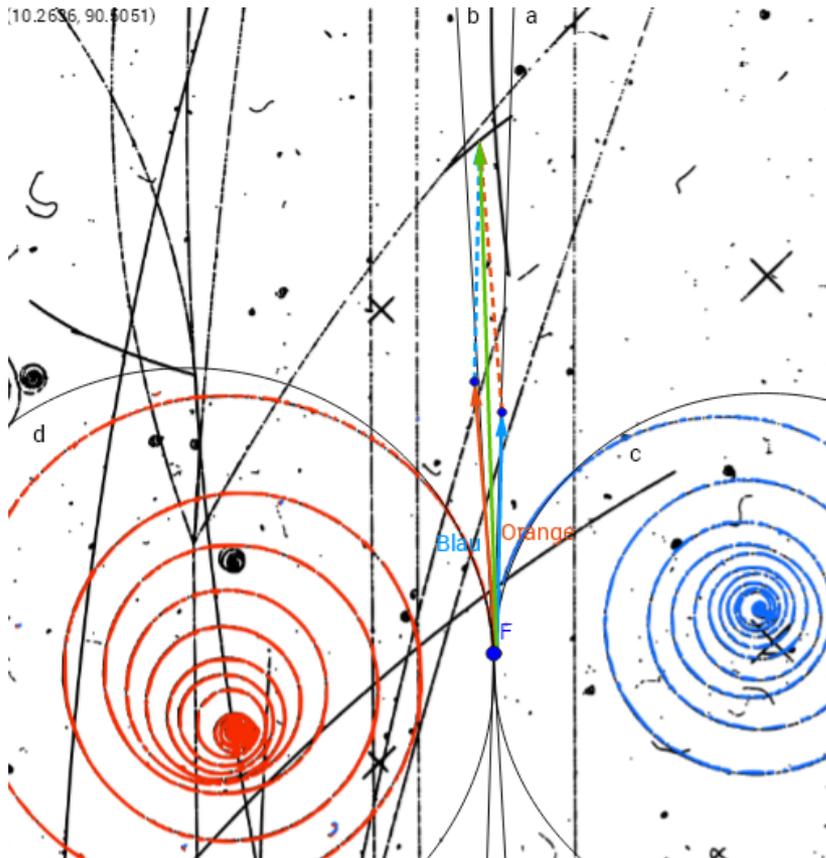
**Vektoren zur Impulsaddition**

Länge des blauen Vektors = 12.2188

Länge des orangen Vektors = 13.8071

Vektoraddition

# Identifikation von Teilchenspuren: Auswertung



## Aufgabe 6

Ermittle nun den Betrag und die Richtung des neutralen Teilchens an diesem Vertex durch Vektoraddition der beiden Impulse.

$$\text{Impuls blau} = 0.061 \frac{\text{GeV}}{c} \quad \text{Impuls orange} = 0.069 \frac{\text{GeV}}{c}$$

**Tipp**

### Vektoren zur Impulsaddition

Länge des blauen Vektors = 12.2188

Länge des orangenen Vektors = 13.8071

Länge des grünen Vektors = 25.9919

Richtung des grünen Vektors (-0.861, 25.9776)

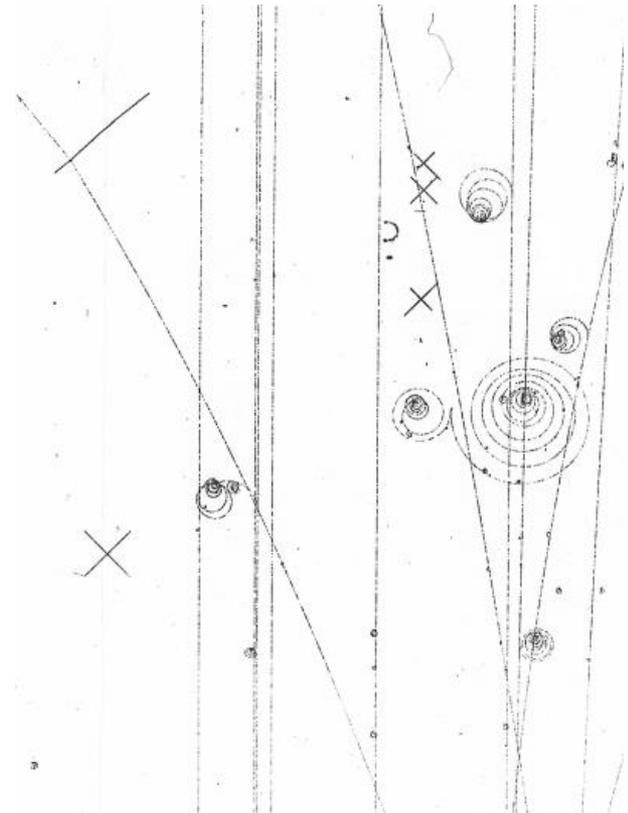
Vektoraddition

# Ablauf

- ▶ Einführung in die Blasenkammer
- ▶ Identifikation von Teilchenspuren
- ▶ **Ihr seid dran! Auswertung von Blasenkammeraufnahmen**
- ▶ Auswertung in der Forschung

AB  
2830

AB  
2670



Name: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

### Arbeitsblatt zur Blasenkammeraufnahme 2830

Dies ist eine Übung zur Blasenkammeraufnahme 2830. Die Blasenkammeraufnahme stammt von der 2 m Blasenkammer am CERN. Die Strahlteilchen bewegen sich auf der Aufnahme vom unteren zum oberen Bildrand. Das Magnetfeld zeigt aus der Bildebene heraus.

In dieser Übung sollen Impulse und Geschwindigkeiten verschiedener Teilchen verglichen werden. Du entscheidest selbst, welche Spuren du konkret auswählst.

**Bearbeite die Aufgaben direkt auf der Blasenkammeraufnahme auf diesem Arbeitsblatt.** Du kannst das digitale Arbeitsblatt zusätzlich für Berechnungen nutzen und um in das Bild hineinzu-zoomen (dazu musst du einmal auf das digitale Arbeitsblatt klicken).

• **Aufgabe 1**

Markiere die Spur eines Elektrons, welches aufgrund der Wechselwirkung mit einem Strahlteilchen in der Blasenkammer eine Spur hinterlassen hat.

---

---

---

---

• **Aufgabe 2**

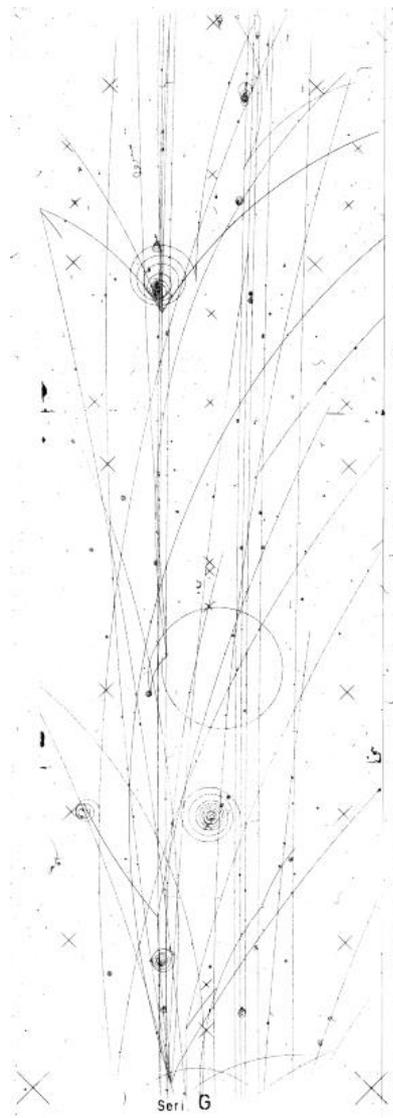
Markiere die Spur eines Positrons. Nenne den Prozess, aufgrund dessen das Positron in der Blasenkammer sichtbar ist.

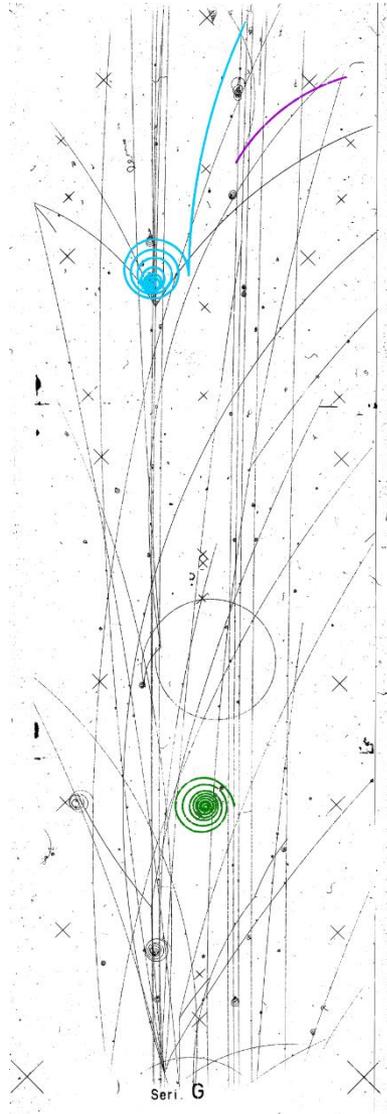
---

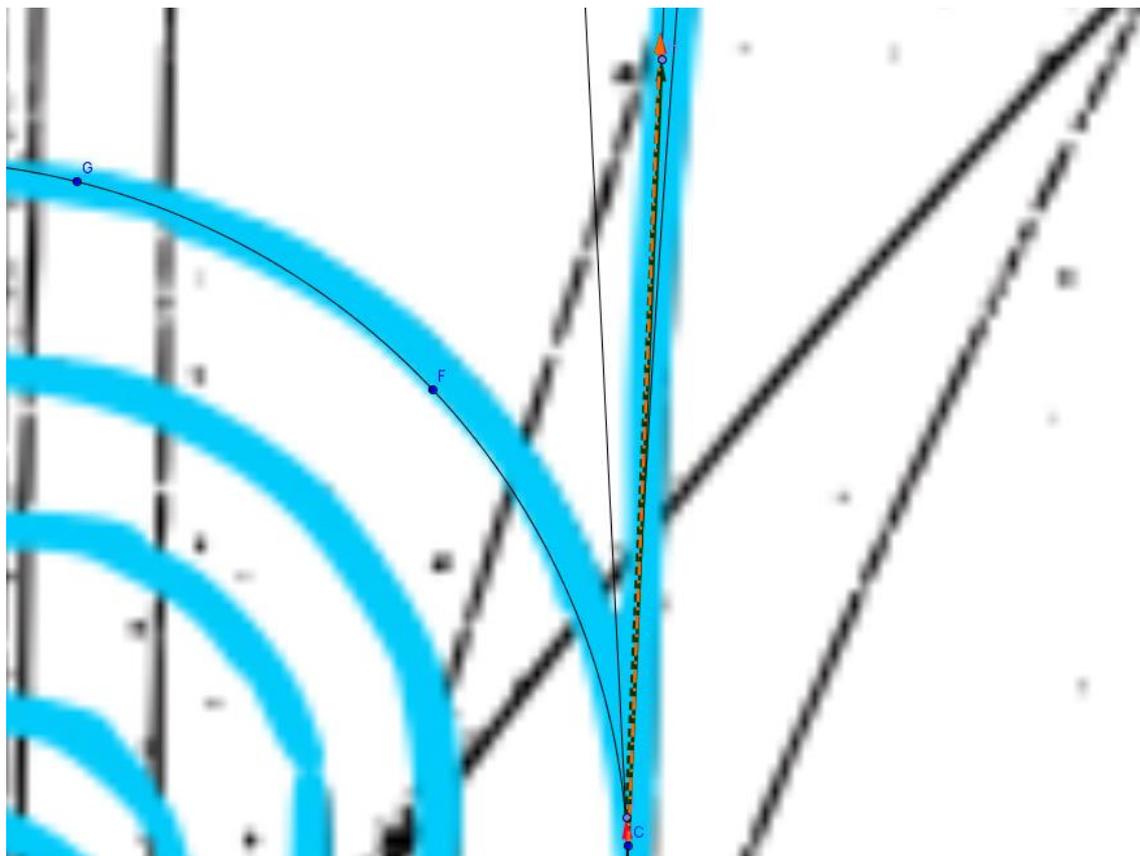
---

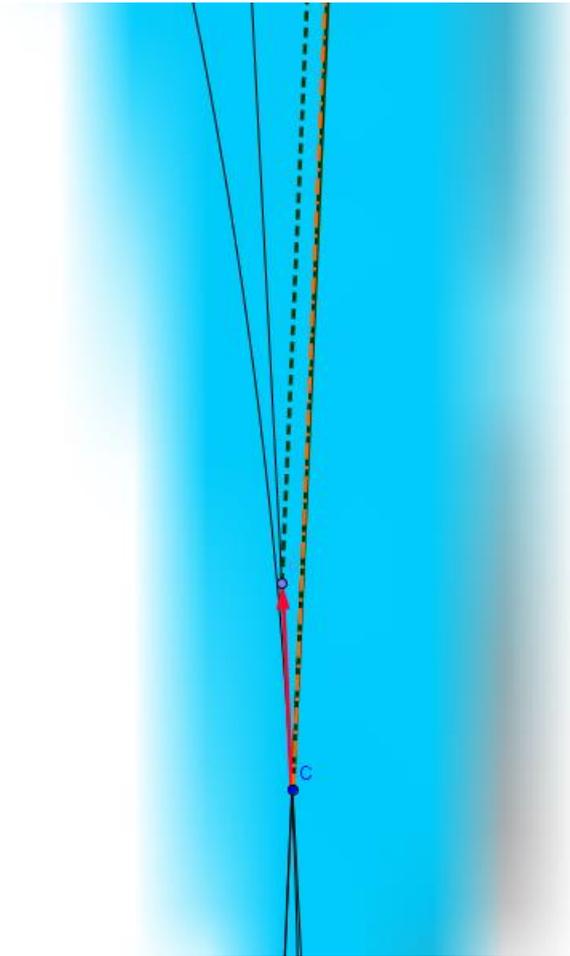
---

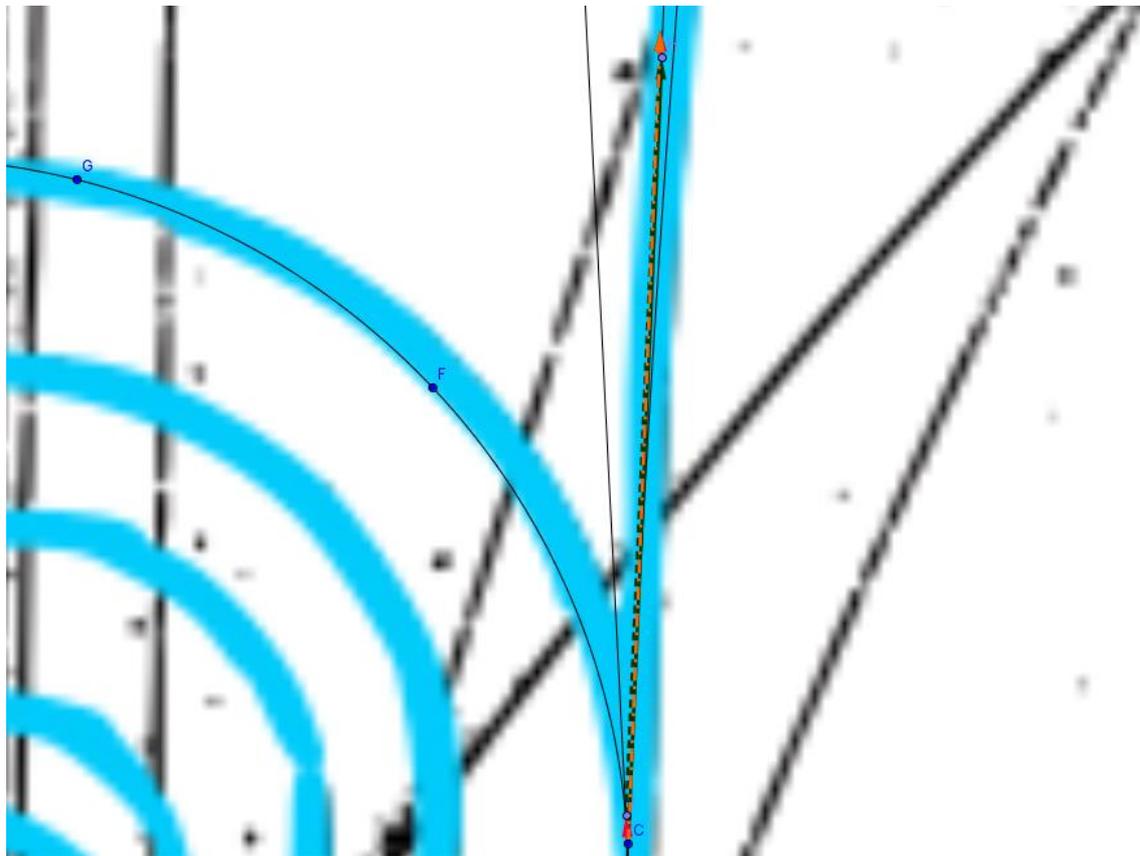
---





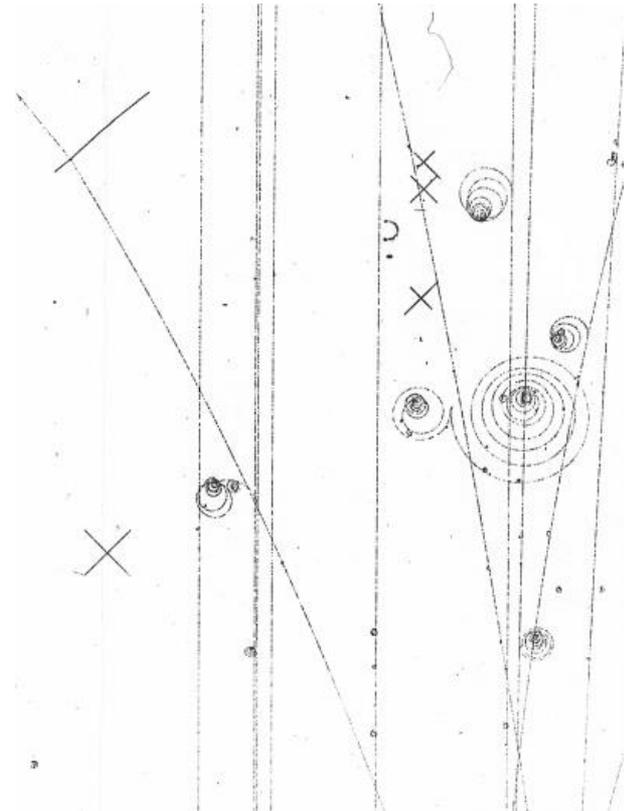






# Ablauf

- ▶ Einführung in die Blasenkammer
- ▶ Identifikation von Teilchenspuren
- ▶ Ihr seid dran! Auswertung von Blasenkammeraufnahmen
- ▶ **Auswertung in der Forschung**



# Auswertung von Blasenkammeraufnahmen in der Forschung

## ► Zunächst von Hand: Blasenkammer-Damen

„Beim Scannen von Bildern kommt es auf gute Augen, Genauigkeit, Ausdauer, schnelle Wahrnehmung und räumliches Vorstellungsvermögen an.[...] Die Physiker verfassten die Regeln für das Scannen. Hier galt es zu vermitteln, welche Spurmuster für das Experiment von Interesse waren. Die Scannerinnen lernten es, physikalische Prinzipien anzuwenden, z.B. Ladungserhaltung, Impulsmessung mit Radienschablonen, Impulserhaltung, Zerfallsketten instabiler Teilchen und Beurteilung der räumlichen Spurgeometrie aus drei stereoskopischen Aufnahmen zu jedem Blasenkammerereignis.[...] Besonders erfahrene Scannerinnen erkannten seltene, unerwartete Ereignisse, die dann von Physikern näher zu untersuchen waren.“

*H. Spitzer „Unsichtbare Hände“ bei DESY in K.Hentschel (Hrsg.), Unsichtbare Hände*

# Auswertung von Blasenkammeraufnahmen in der Forschung



# Auswertung von Blasenkammeraufnahmen in der Forschung

- ▶ Entwicklung von Maschinen: Franckenstein



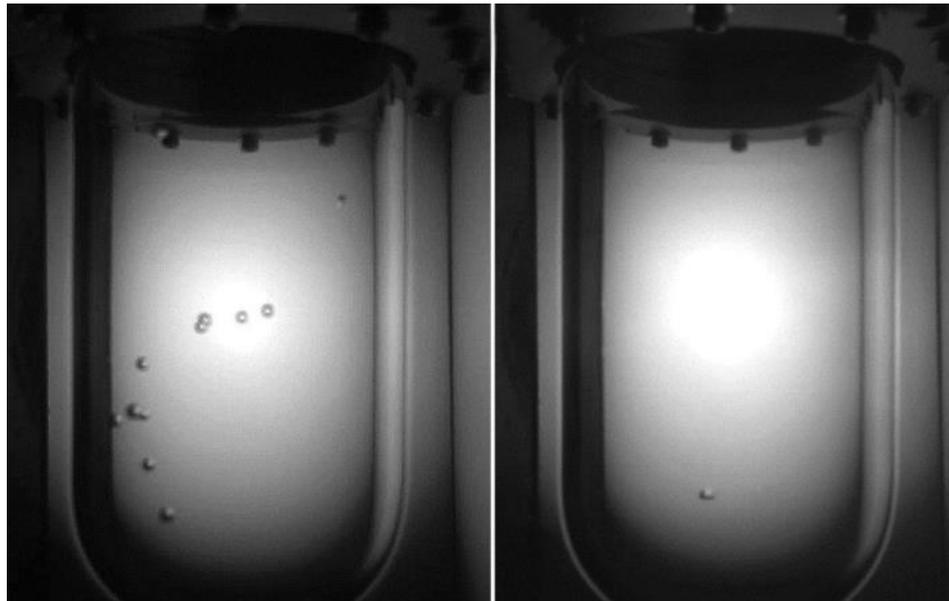
# Auswertung von Blasenkammeraufnahmen in der Forschung

- ▶ Digitale Detektoren führten zum Ende der Blasenkammer...



# Auswertung von Blasenkammeraufnahmen in der Forschung

- ▶ ...aber sie ist wieder lebendig
- ▶ Einsatz zur Suche nach Dunkler Materie





ORIGINALSCHAUPLATZ



SCHIRMHERRSCHAFT



PROJEKTLEITUNG



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

JOACHIM  
HERZ  
STIFTUNG

