

Dr. Farahnaz Sadidi

Förderung des kritischen Denkens im Teilchenphysikunterricht

Digitale Austauschveranstaltung "Teilchenphysik in der Unterrichtspraxis" // 05. Dezember 2024

Bitte melden Sie sich unter **menti.com** an | verwenden Sie den Code **29202123**



1. Wie definieren Sie kritisches Denken?
2. Was halten Sie von der Lehre des kritischen Denkens?
3. Welche Herausforderungen sehen Sie bei der Vermittlung von kritischem Denken als Teil des Fachunterrichts? Welche Fächer unterrichten Sie?

Antimateriekurs

(Sadidi & Pospiech, 2019, 2020)

Dauer: 10 - 12 Unterrichtsstunden

Schüler:innen der **Klassen** 10, 11 und 12

Design-Prinzipien des Antimateriekurses

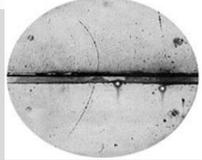
(übernommen aus Merrills (2013) First Principles of Instruction und Halperns (1998) four-part model for teaching critical thinking)

- 1) Explizite Vermittlung von **allgemeinen** Fähigkeiten zum kritischen Denken (Halpern, 2009)
- 2) Problemorientiertes Prinzip
- 3) Aktivierungs-Prinzip
- 4) Trainingsaktivitäten zur KD-Struktur → **Domänenspezifisches kritisches Denken**
- 5) Ermutigung zur Diskussion und Reflexion über Aufgaben
- 6) Ermutigung zum kritischen Denken

Kritisches Denken (KD)

Kritische Denkstrategien	Ergebnisse der Anwendung
Logisches Denken & Begründen	Entwicklung einer gültigen Erklärung unter Verwendung präziser Terminologie und vollständiger Informationen
Analyse von Argumentationsgängen	Ableitung einer stichhaltigen Schlussfolgerung mit schlüssiger Begründung
Denken als Hypothesenbildung & -prüfung	Identifizierung der Variablen und Anwendung des Konzepts der Kontrollvariablen bei der Aufstellung und Prüfung von Hypothesen
Analyse von Wahrscheinlichkeiten & Unsicherheiten	Erkennung mehrerer verborgener Möglichkeiten und Entscheidung des wahrscheinlichsten Ereignisses

Kritisches Denken (KD) & Trainingsaktivitäten zur KD-Struktur

Kritische Denkstrategien	Ergebnisse der Anwendung	Trainingsaktivitäten zur KD-Struktur (Beispielhaft)
Logisches Denken & Begründen	Entwicklung einer gültigen Erklärung unter Verwendung präziser Terminologie und vollständiger Informationen	Analyse des Szenarios der Szene des Films, © 2009 Columbia Pictures Industries 
Analyse von Argumentationsgängen	Ableitung einer stichhaltigen Schlussfolgerung mit schlüssiger Begründung	Urknall: Das Mysterium der Antimaterie, © Pixabay 
Denken als Hypothesenbildung & -prüfung	Identifizierung der Variablen und Anwendung des Konzepts der Kontrollvariablen bei der Aufstellung und Prüfung von Hypothesen	Von der Paul-Falle zur Penning-Falle, © Göran Tronicke 
Analyse von Wahrscheinlichkeiten & Unsicherheiten	Erkennung mehrerer verborgener Möglichkeiten und Entscheidung des wahrscheinlichsten Ereignisses	Entdeckung des Positrons, © 1933, Phys.Rev.43, p. 419 

Analyse von Wahrscheinlichkeiten & Unsicherheiten

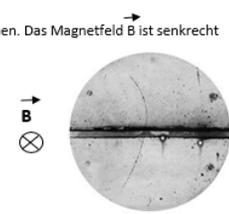
Aspekt im Unterricht

Entdeckung des Positrons

- Erstellung unterschiedlicher Interpretationen über das Vorzeichen der elektrischen Ladung eines Teilchens und die Richtung der Bewegung des Teilchens
- Bewertung der Interpretationen und Entscheidung über das wahrscheinlichste Ereignis

Arbeitsblatt 3: Andersons Nebelkammeraufnahme

Dieses Foto hat Anderson mithilfe einer Nebelkammer aufgenommen. Das Magnetfeld B ist senkrecht in die Blattebene hineingerichtet.



Andersons Nebelkammeraufnahme 1933, Phys. Rev. 43 P. 419

Aufgabe 1.

Geben Sie insgesamt vier verschiedene Interpretationsmöglichkeiten der Spuren in Andersons Nebelkammeraufnahme an, in den Sie die Tabelle vervollständigen und in jeder Kopie die Bewegungsrichtung des Teilchens einzeichnen.

(Bemerkung: Alle folgenden Fotos sind Kopien von Andersons Nebelkammeraufnahme und sie sind die gleichen.)

Interpretation bezüglich	Kopie 1	Kopie 2	Kopie 3	Kopie 4
Vorzeichen der elektrischen Ladung				
Bewegungsrichtung				

Aufgabe 2.1.

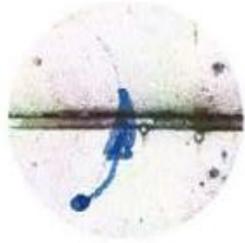
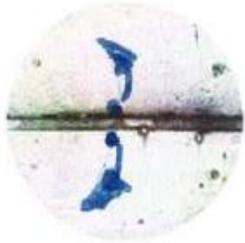
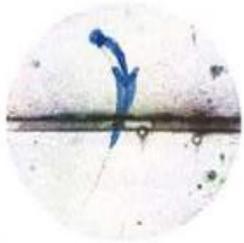
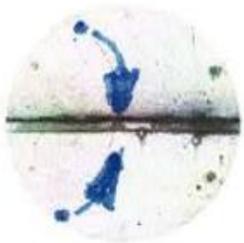
Geben Sie an, welche der vier von ihnen genannten Interpretationen im Aufgabe 1 Ihrer Meinung nach am wahrscheinlichsten ist?

Aufgabe 2.2.

Erläutern Sie für jede Interpretation mithilfe der Erhaltungssätze, welche Argumente für oder gegen die jeweilige Interpretationsmöglichkeit sprechen.

Abbildung 2: Andersons Nebelkammeraufnahme Arbeitsblatt

Unterschiedliche Interpretationen über das Vorzeichen der elektrischen Ladung eines Teilchens und die Richtung der Bewegung des Teilchens

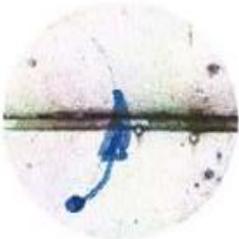
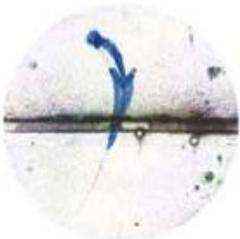
Interpretation bezüglich				
	Kopie 1	Kopie 2	Kopie 3	Kopie 4
Vorzeichen der elektrischen Ladung	+	eins + eins -	-	eins + eins -
Bewegungsrichtung	gegen den Uhrzeigersinn + nach oben	eins nach rechts, links, eins nach rechts	im Uhrzeigersinn - nach unten	eins nach rechts eins nach links

+ von der Mitte nach oben
+ von oben zur Mitte
- von der Mitte nach unten
- von unten zur Mitte

Abbildung 3: Beispiel einer Schülerin-Antwort auf dem Arbeitsblatt

Unterschiedliche Interpretationen über das Vorzeichen der elektrischen Ladung eines Teilchens und die Richtung der Bewegung des Teilchens

Prozesse

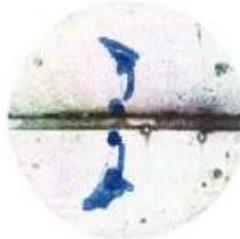
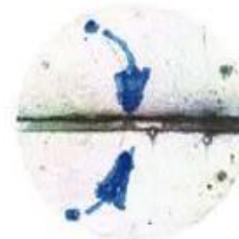
	
Kopie 1	Kopie 3
+	-
gegen den Uhrzeigersinn	im Uhrzeigersinn

Sich sicher fühlen, offensichtliche Interpretationen zu erkennen

 Kein Nachdenken über versteckte Interpretationen (Overconfidence problem)

Overconfidence problem: bei Entscheidungen über probabilistische Ereignisse neigen Menschen dazu, selbstbewusster zu sein, als sie es sein sollten. (Halpern 2009)

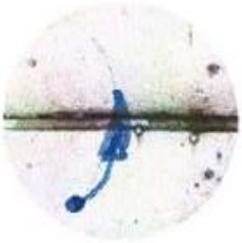
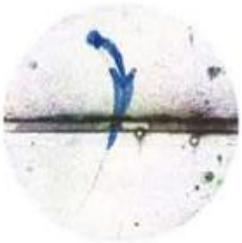
offensichtliche Interpretationen

	
Kopie 2	Kopie 4
eins + eins -	zwei + eins + eins -
eins nach rechts rechts , links, eins nach rechts	eins nach rechts eins nach links

verborgene Interpretationen

Unterschiedliche Interpretationen über das Vorzeichen der elektrischen Ladung eines Teilchens und die Richtung der Bewegung des Teilchens

Prozesse

	
Kopie 1	Kopie 3
+	-
gegen den Uhrzeigersinn	im Uhrzeigersinn

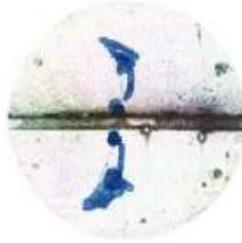
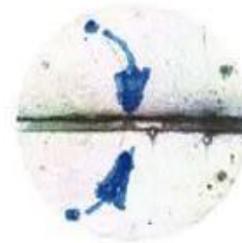
Sich sicher fühlen, offensichtliche Interpretationen zu erkennen

 Kein Nachdenken über versteckte Interpretationen (Overconfidence problem)

Überwindung von Overconfidence

Brainstorming für kreative Ideen, um verborgene Möglichkeiten zu realisieren

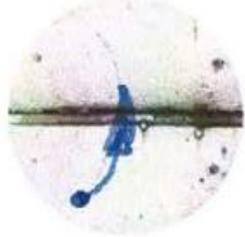
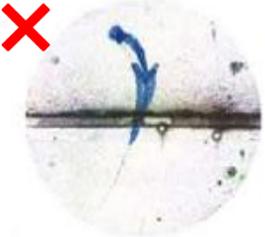
offensichtliche Interpretationen

	
Kopie 2	Kopie 4
eins + eins -	zwei eins + eins -
eins nach rechts rechts , links, eins nach rechts	eins nach rechts eins nach links

verborgene Interpretationen

Bewertung der Interpretationen und Entscheidung über das wahrscheinlichste Ereignis

Fachwissen: Bestimmung des Radius der Kreisbahn, Bestimmung der kinetischen Energie des Teilchens bzw. Bestimmung der Geschwindigkeit, Reichweite und ihre Beziehung zur kinetischen Energie

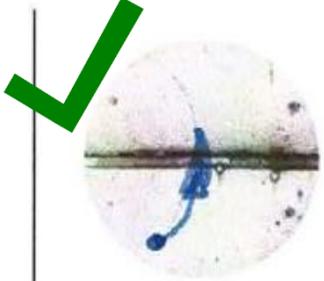
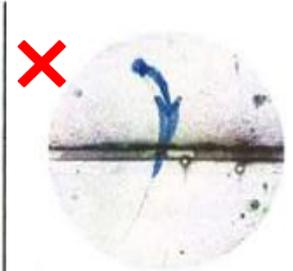
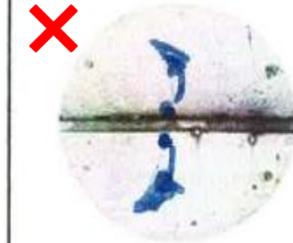
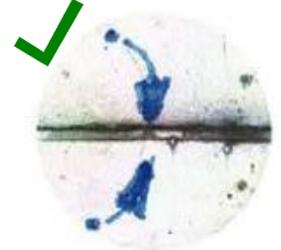
Interpretation bezüglich		
	Kopie 1	Kopie 3
Vorzeichen der elektrischen Ladung	+	-
Bewegungsrichtung	gegen den Uhrzeigersinn	im Uhrzeigersinn

Diskussion über Energieerhaltungssatz
→ Kopie 3 ist falsch.

offensichtliche Interpretationen

Bewertung der Interpretationen und Entscheidung über das wahrscheinlichste Ereignis

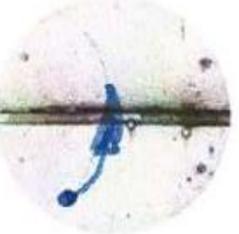
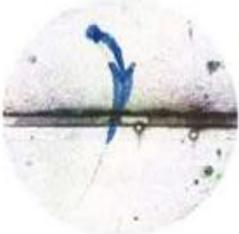
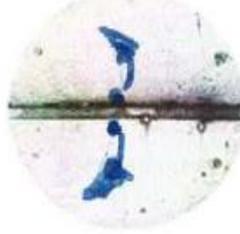
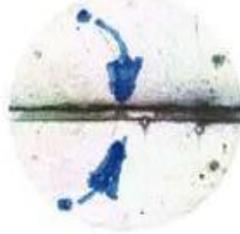
Fachwissen: Bestimmung des Radius der Kreisbahn, Bestimmung der kinetischen Energie des Teilchens bzw. Bestimmung der Geschwindigkeit, Reichweite und ihre Beziehung zur kinetischen Energie

Interpretation bezüglich				
	Kopie 1	Kopie 3	Kopie 2	Kopie 4
Vorzeichen der elektrischen Ladung	+	-	eins + eins -	zwei eins + eins -
Bewegungsrichtung	gegen den Uhrzeigersinn	im Uhrzeigersinn	eins nach rechts rechts , links, eins nach rechts	eins nach rechts eins nach links

offensichtliche Interpretationen

verborgene Interpretationen

Prozesse

			
			
Kopie 1	Kopie 3	Kopie 2	Kopie 4
+	-	eins + eins -	zwei eins + eins -
gegen den Uhrzeigersinn	im Uhrzeigersinn	eins nach rechts, rechts , links, eins nach rechts	eins nach rechts eins nach links

offensichtliche Interpretationen **verborgene Interpretationen**

Sich sicher fühlen, offensichtliche Interpretationen zu erkennen

 Kein Nachdenken über versteckte Interpretationen (Overconfidence problem)

Überwindung von Overconfidence

Brainstorming für kreative Ideen, um verborgene Möglichkeiten zu realisieren

Entwickeltes Konzept der Argumentation im LU-Kontext durch Verwendung von Begriffen wie "höchstwahrscheinlich", "wahrscheinlich" und "unwahrscheinlich" in Verbindung mit einer korrekten Begründung (aus inhaltlicher Sicht oder aus der Perspektive der Wahrscheinlichkeit)

Positive Wahrnehmung der Aufgaben und Ausdauer bei der Bearbeitung komplexer Aufgaben

Entwicklung kritischen Denkens

Fähigkeit: Analyse von Wahrscheinlichkeiten & Unsicherheiten

Sich sicher fühlen, offensichtliche Interpretationen zu erkennen

 Kein Nachdenken über versteckte Interpretationen (Overconfidence problem)

Überwindung von Overconfidence

Brainstorming für kreative Ideen, um verborgene Möglichkeiten zu realisieren

Entwickeltes Konzept der Argumentation im LU-Kontext durch Verwendung von Begriffen wie "höchstwahrscheinlich", "wahrscheinlich" und "unwahrscheinlich" in Verbindung mit einer korrekten Begründung (aus inhaltlicher Sicht oder aus der Perspektive der Wahrscheinlichkeit)

Positive Wahrnehmung der Aufgaben und Ausdauer bei der Bearbeitung komplexer Aufgaben

– Denken in der Disziplin (Argumentationsfähigkeiten)

– Anwendung der Fähigkeiten zum kritischen Denken

– Bereitschaft zum aufwändigen Denken und Lernen

➤ *Ausdauer bei der Durchführung komplexer Aufgaben*

➤ *Reflexion und Selbstkorrektur*



Entwickeltes kritisches Denken

(Russell, zitiert in Halpern, 2009, S. 5)

Prozesse

Titel meiner Dissertation:

Development and evaluation of a teaching unit in particle physics
to promote students' critical thinking



Seminar „Förderung des kritischen Denkens der Schüler:innen durch Physikunterricht“

KW	Datum	Thema		
42	14.10.2024	Was ist kritisches Denken?	Input	
43	21.10.	Kritisches Denken im Physikunterricht		
44	28.10.	Entwicklung von Materialien zur Förderung des logischen Denkens und Begründens	Material- Entwicklung	
45	04.11.			Entwicklung von Materialien zur Förderung der Analyse der Argumentationsgänge
46	11.11.			Entwicklung von Materialien zur Förderung des Denkens als Hypothesenbildung & -prüfung
47	18.11.			Ideenentwicklung- Selbststudium
48	25.11.			Entwicklung von Materialien zur Förderung der Analyse von Wahrscheinlichkeiten & Unsicherheiten
49	02.12.			Entwicklung von Materialien zur Förderung der Entscheidungsfindung & Problemlösung
50	09.12.			Konsultation
51	16.12.	Unterrichtsversuch (im Seminar): Logisches Denken und Begründen	Impleme- ntierung	
52	23.12.	Weihnachtsferien		
53	30.12.			
1	06.01.2025	Unterrichtsversuch (im Seminar): Analyse der Argumentationsgänge		
2	13.01.	Unterrichtsversuch (im Seminar): Denkens als Hypothesenbildung & -prüfung		
3	20.01.	Unterrichtsversuch (im Seminar): Analyse von Wahrscheinlichkeiten & Unsicherheiten		
4	27.01.	Unterrichtsversuch (im Seminar): Entscheidungsfindung & Problemlösung		
5	03.02.	Diskussion & Reflexion		



Entwickeltes Lehrmaterial

„Erneuerbare Energie“ & Förderung der Fähigkeit „Entscheidungsfindung und Problemlösung“

Lehrziel: Entwicklung und Bewertung möglicher Lösungen sowie zur Entscheidung für die relevanteste Lösung zur Umstellung des Stroms in der Schule auf Solarstrom



- elektrischen und operativen Eigenschaften eines Solarmoduls
- baulichen Eigenschaften der Schule
- Kosten

❖ Reflexion über ihre Entscheidung, indem sie sich über den Herstellungsprozess des Solarmoduls informieren.

Solarstrom für die Schule?

Das Thema erneuerbare Energien ist derzeit in den Medien sehr präsent. Auch zwischen einigen eurer Mitschüler ist eine Diskussion darüber entbrannt, ob es möglich ist, die Schule ausschließlich mit selbst produziertem Solarstrom zu versorgen. Um die Debatte beizulegen, möchtest du eine Entscheidung treffen und somit die folgende Frage beantworten:

Ist es möglich, unser Schulgebäude ausschließlich mit selbst produziertem Solarstrom zu versorgen?

Aufgabe 1

Überlege dir wie du vorgehen musst, um die Frage zu beantworten. Notiere die notwendigen Schritte.

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Aufgabe 2

Welche konkreten Informationen benötigst du, um eine Entscheidung zu treffen? Trage sie in die linke Spalte der Tabelle.

Jahresstromverbrauch der Schule	

Aufgabe 3

Nutze die bereitgestellten Informationsbögen, um die benötigten Daten in der rechten Spalte zu ergänzen. Falls die Informationen nicht direkt gegeben sind, versuche sie aus anderen Größen herzuleiten. Ergänze wenn nötig die linke Seite der Tabelle.



Thank you!



Farahnaz.sadidi@tu-dresden.de



[Dr. Farahnaz Sadidi](#)



Literaturen

Literaturen

- Halpern, D. F. (2009). *Critical thinking across the curriculum: A brief edition of thought & knowledge*. Routledge.
- Sadidi, F. (2023). Ph.D. thesis, TU Dresden, available online at <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-849186>.
- Sadidi, F., & Pospiech, G. (2019a). Teaching Critical Thinking in the physics classroom: High school students think about antimatter. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1287, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
- Sadidi, F., & Pospiech, G. (2019b). Developing students' critical thinking: likelihood and uncertainty analysis in particle physics. In Levrini, O. & Tasquier, G. (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education, Part 5/5* (co-ed. Nikos Papadouris & Italo Testa), (pp. 657-665). Bologna: ALMA MATER STUDIORUM – University of Bologna. 978- 88-945874-0-1978-88-945874-0-1