Submikroskopische und **makroskopische SchülerInnenvorstellungen** lassen sich **quantitativ** messen, **korrelieren** signifikant und **gruppieren** sich in drei **Denkmustern**

SchülerInnenvorstellungen zu ionisierenden Teilchen und Radioaktivität

Julia Woithe[1,2], Jochen Kuhn[2], Andreas Müller[3], Sascha Schmeling[1]

[1]CERN, Genf [2]TU Kaiserslautern [3]Université de Genève

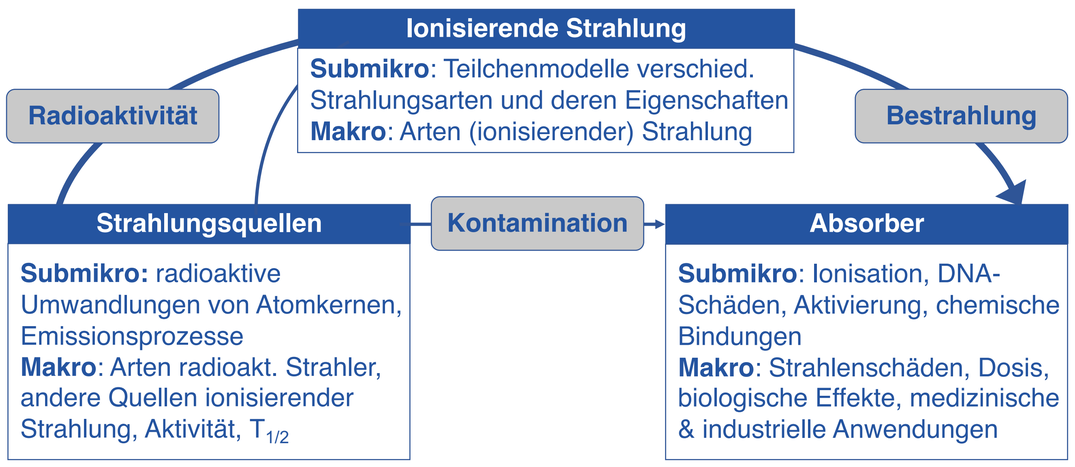
EINLEITUNG

Wir sind ionisierender Strahlung jeden Tag ausgesetzt.

- Aber: wir können diese Strahlungsarten nicht direkt mit unseren Sinnen wahrnehmen
- Daher: Angst, Unverständnis, Mysterium
- Außerdem: Verständnis der Phänomene erfordert Denken auf submikroskopischer und makroskopischer Ebene

Bisherige Forschung zu SchülerInnenvorstellungen

- Hauptsächlich qualitativ
- Zum Teil eher alt (bis 1975)
- Fragmentarisch (nur auf wenige ausgewählte Aspekte)
- Unstrukturiert



FORSCHUNGSFRAGEN

- Welche der dokumentierten SchülerInnenvorstellungen sind aktuell relevant für Jugendliche?
- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zeigen ein theoretisches 2-Ebenen Modell und eine explorative Faktorenanalyse in Bezug auf 77 Items?
- Welche Denkmuster lassen sich aus Clustern von Lernenden ableiten?

STICHPROBE

- 40 min Fragebogenzeit im Rahmen eines Teilchenphysik-Schülerlabortages
- 302 ausgefüllte Fragebögen
- 35% weiblich, M = 17,2 Jahre, SD = 0,7 Jahre
- aus 11 verschiedenen Ländern

METHODEN

Itementwicklung & Strukturierung

- Literaturrecherche 1975 – 2018
- Strukturierung der SchülerInnenvorstellungen anhand des Emitter-Radiation-Receiver Modells (Millar et al. 1990) auf submikroskopischer und makroskopischer Ebene
- Entwicklung von 77 englischsprachigen Multiple-True-False (MTF) Items:
  - 33% korrekte Aussagen
  - 67% Distraktoren basierend auf dokumentierten SchülerInnenvorstellungen

Faktorenanalyse

- Tetrachorische Korrelationsmatrix mit 69 dichotomen Items, STATA 13
- Exploratory, principal axis factoring
- Varimax Rotation, Kaiser Normalisierung
- Screeplot: 3 bis 10 Faktoren, Auswahl der „saubersten“ Faktorstruktur (Osborne 2008)

Clusteranalyse

- k-means cluster analysis, SPSS 25, Vergleich von Lösungen mit 2 bis 6 Clustern

ERGEBNISSE

- 8 Items zu einfach ($p \geq 90\%$, ausgeschlossen), z.B. *„bestrahlte Objekte leuchten im Dunkeln“*
- 8 Items sehr schwer ($p \leq 50\%$, beibehalten da interessant), z. B. *„radioaktischer Zerfall = Elektron fällt auf niedrigeres Energienievau“, „Röntgenstrahlung macht stabile Atome radioaktiv“*
- 7 Faktoren modellieren 40% der Item-Varianz
  6 davon lassen sich gut interpretieren, aber zum Teil geringe Skalen-Reliabilität
- Signifikante Korrelation zwischen submikroskopischer und makroskopischer Erklärebene
- Cluster-Analyse, 3 Cluster, 15 Iterationen

Interpretation Cluster 1: Gutes Basiswissen, keinerlei ausgeprägte alternative Vorstellungen

Interpretation Cluster 2: Durchschnittliches Basiswissen, aber schwerwiegende alternative Vorstellungen:

- Radioaktiver Zerfall = das ganze Atom (Orbital & Kern) löst sich langsam & kontinuierlich auf
- Nach Halbwertszeit verschwindet 50% der Quelle
- Strahlung = radioaktive Teilchen, die sich im Absorber ansammeln und stabile Atome „aktivieren“

Interpretation Cluster 3: Schwaches Basiswissen, aber ausgeprägte alternative Vorstellungen:

- Radioaktivität = Phänomen des Orbitals
- Strahlung = radioaktive Teilchen, die sich im Absorber ansammeln und stabile Atome „aktivieren“

FAKTOREN

		Items (TRUE)	Mean (SD)	α_C [95% C.I.]	% Var.
1	Basiswissen (enthält nur korrekte Aussagen)	16 (16)	0.73 (0.18)	0.71 [0.66, 0.76]	8%
2	Submikroskopisches ‘Warum & Wie’ mit Fokus Orbital (80% Quelle submikro)	10 (2)	0.61 (0.24)	0.70 [0.65, 0.75]	7%
3	Halbwertszeit (83% Quelle makro)	6 (0)	0.70 (0.28)	0.70 [0.64, 0.75]	6%
4	Vermischen von “Kontamination, Bestrahlung & Aktivierung” (83% Absorber submikro/makro)	6 (0)	0.55 (0.27)	0.57 [0.48, 0.64]	5%
5	Chem. Eigenschaften von Quellen & unsichtbare makroskopische Effekte im Absorber (makro)	10 (2)	0.79 (0.17)	0.51 [0.42, 0.59]	5%
6	Wahrnehmbare Effekte im Absorber (100% Absorber makro)	6 (0)	0.73 (0.24)	0.55 [0.47, 0.62]	5%
7	„Potpourri“ submikrosk. (Fehl-) Vorstellungen	4 (0)	0.77	0.33	4%
	Nicht interpretierbar	11 (3)	-	-	-

FAZIT

- Großteil der SchülerInnenvorstellungen ist immer noch aktuell
- 6 Faktoren interpretierbar, modellieren 36% der Itemvarianz und unterstützen das theoretische 2-Ebenen Modell
- Korrelationen zwischen extrahierten Faktoren sowie Clusteranalyse bestätigen den Zusammenhang von schwerwiegenden SchülerInnenvorstellungen auf submikroskopischer und makroskopischer Ebene – unabhängig vom Schulwissen

SUCHE: LITERATUR ZU …

Multiple-True-False Items und

- SchülerInnenvorstellungen
- Faktorenanalyse

Cluster-Analyse mit Schülervorstellungen

Finales Testheft inklusive Lösungswahrscheinlichkeiten →

Faktoren: Beschreibung & Beispielitems	
1	Mix aus verschiedenen Konzepten und Ebenen z.B. *„Halbwertszeit hängt von den Eigen des Atomkerns ab“, „Ionisation = mehr oder weniger Elektronen“, „Gefahr hängt von Abstand ab“*
2	Vorstellungen zu Ursachen (*„radioaktiv weil unausgeglichene Anzahl e^- & p^+“, „radioaktiv weil Kontakt zu Chemikalien“*) & Umwandlungsprozessen radioaktiver Atome mit Fokus Orbital (*„radioaktiver Zerfall = Elektron von Orbital emittiert“*)
3	Vorstellungen zu Halbwertszeit als Zeit in der die Hälfte der radioaktiven Quelle kontinuierlich verschwindet (inkl. Anzahl Atome, Masse, Volumen), z. B. *„radioaktiver Zerfall = langsames Verschwinden des Atoms“, „Halbwertszeit = Zeit in der die Quelle 50% Masse verliert“*
4	Materie-ähnliche Vorstellungen zu Strahlung und deren Wechselwirkungen, z. B. *„Strahlung = radioaktive Teilchen“, „Röntgenstrahlung sammelt sich in Kupfer/Körper an“, „Röntgenstrahlung macht Kupfer/Körper radioaktiv“*
5	Vorstellungen zu chemischen Einflussfaktoren der Halbwertszeit (*„$T_{1/2}$ hängt ab von: Temperatur/Druck/ Dichte/Alter“*), zu Ansammlung vor bzw. Reflektion von Objekten (*„Röntgenstrahlung sammelt sich vor Kupfer/Körper an“*) & biologische Effekte von Strahlung (*„bestrahlte Zellen können sterben/mutieren“*)
6	Vorstellungen zu wahrnehmbaren (makro) Effekten im Absorber z.B. *„Kupfer/Körper wird warm/riecht“, „Person wird vergiftet/verliert Haar“*

Korrelationen zwischen extrahierten Faktoren. Signifikanzniveaus adjustiert (Bonferroni Korrektur, m=21)
*** p < 0.002, ** p < 0.0004, *** p < 0.00004**

Faktoren	1	2	3	4	5	6
1 Basiswissen	1	0.28***	-0.05	0.01	0.17	-0.15
2 Radioakt. Zerfall Warum & Wie		1	0.11	0.30***	0.20*	0.08
3 Halbwertszeit			1	0.23*	0.13	0.09
4 Kontamination vs. Bestrahlung				1	0.15	0.13
5 Chem. Eigens. & makro Effekte					1	0.08
6 Wahrnehmbare Effekte						1

Ergebnisse: *k*-means Cluster-Analyse, 3 Cluster, Konvergenz nach 15 Iterationen, ☑ Mean > 0.7, ☒ Mean < 0.5, ~ 0.5 - 0.7

Faktoren \ Cluster	M	1 (n = 118)	2 (n = 75)	3 (n = 109)
1 Basiswissen	0.73	0.79 ☑	0.75 ☑	0.66 ~
2 Radioakt. Zerfall Warum & Wie	0.61	0.79 ☑	0.51 ~	0.48 ☒
3 Halbwertszeit	0.70	0.79 ☑	0.35 ☒	0.86 ☑
4 Kontamination vs. Bestrahlung	0.55	0.77 ☑	0.33 ☒	0.46 ☒
5 Chem. Eigens. & makro Effekte	0.79	0.86 ☑	0.74 ☑	0.76 ☑
6 Wahrnehmbare Effekte	0.73	0.79 ☑	0.68 ~	0.69 ~

S'Cool LAB

CERN

Technische Universität Kaiserslautern

Literatur

Millar, R., et al. (1990). Teaching about radioactivity and ionising radiation: an alternative approach. Physics education 25(6): 338.

Osborne, J. W., et al. (2008). Best Practices in Exploratory Factor Analysis. Best practices in quantitative methods. J. Osborne, Sage Publications: 86-99.

Poster Download →