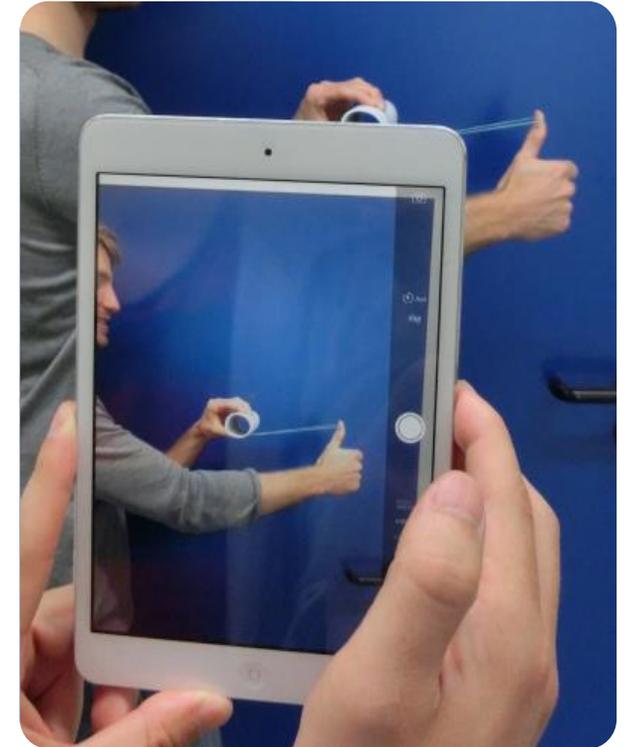


Vorle~~X~~ung: Verbindung von Vorlesung und Übung in Physik durch experimentbezogene Videoanalyse-Aufgaben

Stefan Küchemann*, Pascal Klein und Jochen Kuhn

Übersicht

1. Einleitung
2. Methodik
3. Empirische Ergebnisse
4. Schlussfolgerungen



Ein klassisches Vorlesungsexperiment



Eine Videoanalyse in den Übungen....

The screenshot displays a video analysis software interface. The main window shows a video of a hand holding an orange ball. A vertical purple line is drawn on the video, and a horizontal purple line is drawn at the bottom. A small red and black striped object is visible on the right side of the video. The interface includes a control panel with the following settings:

- Template: Evolution Rate 20% Automark 4
- Search: X-axis Only Look Ahead
- Target: Track Ball Point position

Below the search settings, there is a text box with the following text:

To create a new key frame, shift-control-click the video feature of interest. Mouse over the controls above to learn more about settings and adjustments.

Buttons: Help Show Key Frame Delete Close

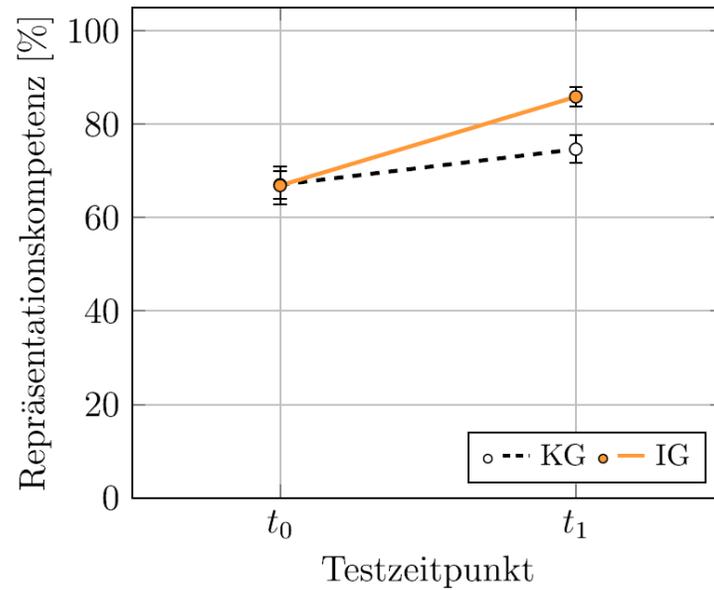
On the right side, there is a plot window titled "mass A (t, x)" with a grid. The x-axis is labeled "t" and ranges from -10 to 10. The y-axis is labeled "x" and ranges from -10 to 10.

Below the plot, there is a table window titled "Table" with columns for "t", "x", and "y".

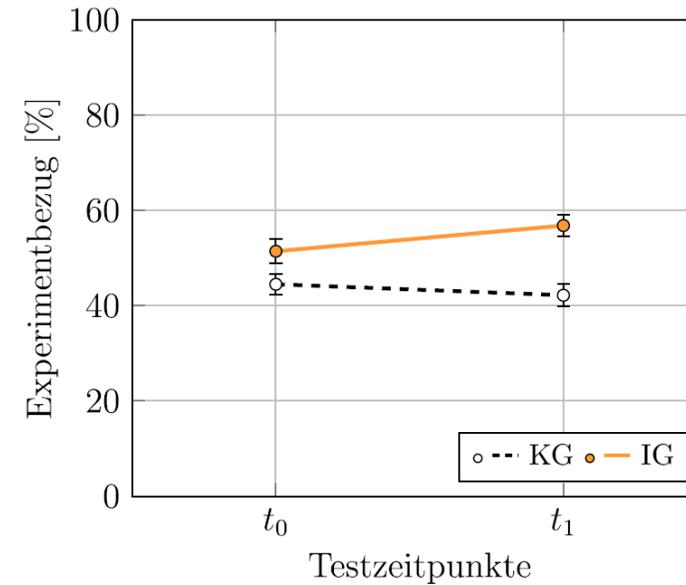
At the bottom of the video window, there is a status bar that reads: "Ball selected (set mass on toolbar, shift-click to mark)".



1. Miller, K., et al. (2013). *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 9 (2), 1-5.
2. Crouch, C. H., et al. (2004). *Am. J Phys.*, 72 , 835-838.
3. Finkelstein, N. D. et al. (2005). *Phys. Rev. Phys. Educ. ReP.s*, 1, 010101.
4. Klein, P., et al. (2018) (ZfDN), 24 (1), 1-18



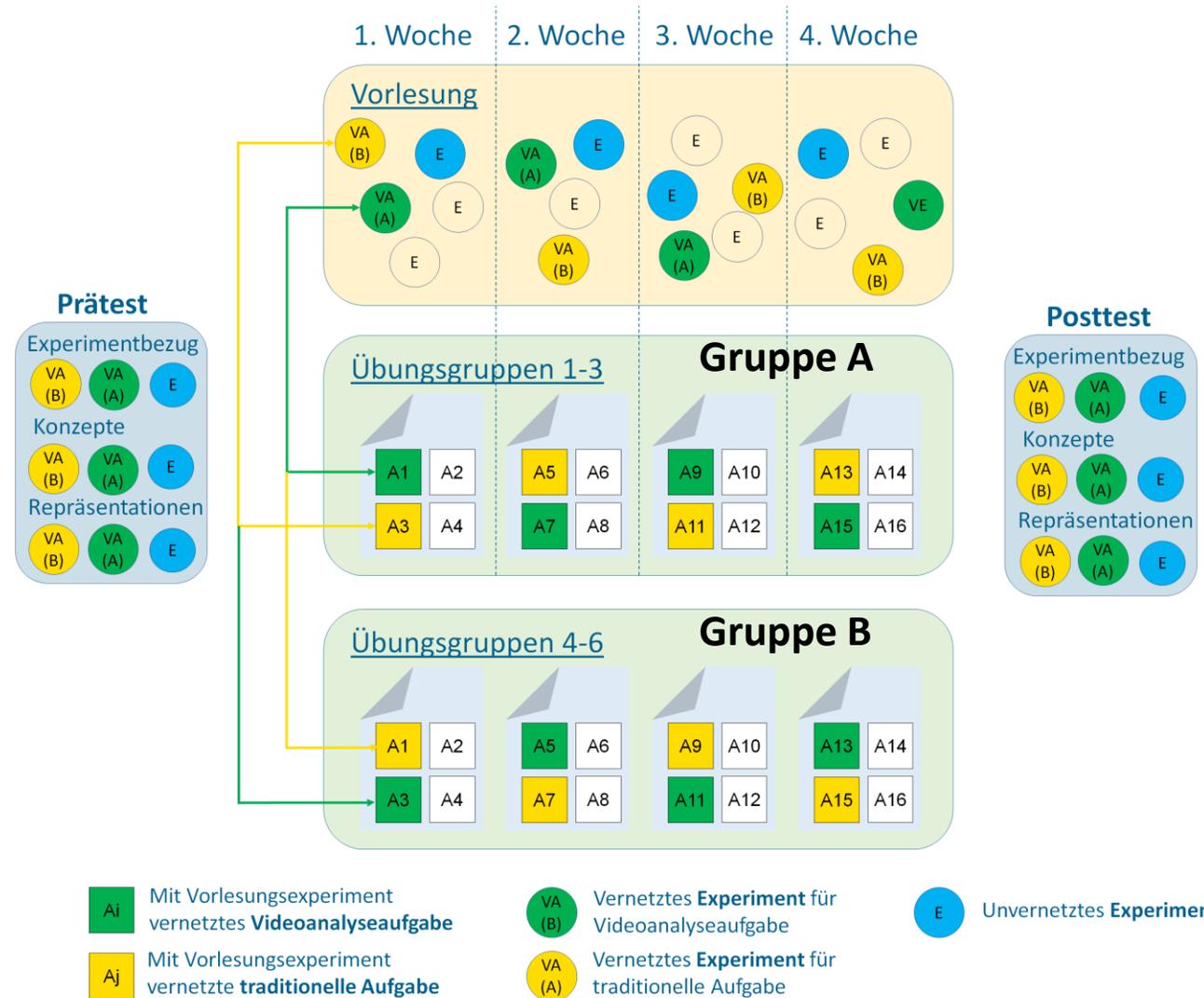
d=0.75



d=0.72

Studiendesign & Forschungshypothesen

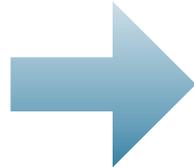
Studiendesign der Pilotstudie



Video eines Vorlesungs-experiments

Videoanalyseaufgabe
Bahnkurve,
Geschwindigkeits- &
Beschleunigungsvektoren

Verschiedene Repräsentationsformen (Programm: Tracker)



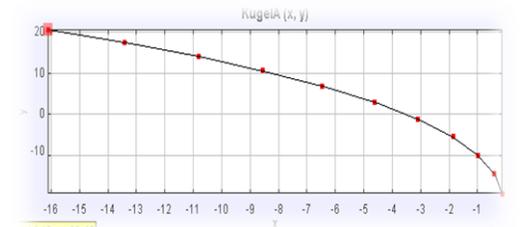
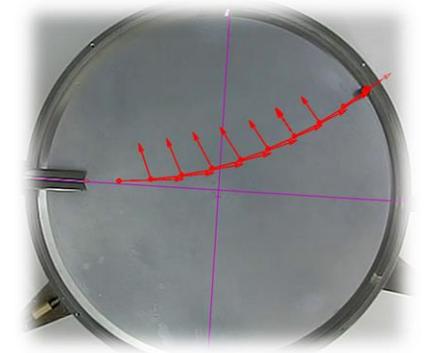
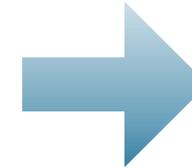
Aufgabe 05:

Videoanalyse

Ein Zug fährt mit einer konstanten Geschwindigkeit entlang einer horizontalen Ebene. Währenddessen wird ein Ball senkrecht nach oben geschossen. Bitte laden Sie sich das Video des Experiments runter und beantworten die folgenden Aufgaben mit Hilfe des Videoanalyseprogramms Tracker. Das Video finden Sie unter:
<https://www.physik.uni-kl.de/kuhn/forschungsprojekte/aktuelle-projekte/vorlesung/videoanalyse-aufgaben-ep1/>
Das Video wurde mit einer Aufnahmezeit von 120 frames/s aufgenommen und die Messlatte im Video ist genau 1 m lang.

- Welche Voraussetzungen sind im Videoexperiment erfüllt, so dass die Kugel wieder in den Wagen zurückfällt?
- Skizzieren Sie die Bahnkurve $y(x)$ der Kugel aus Sicht eines ortsfesten Beobachters B , den der Zug passiert, und eine Bahnkurve $y(x')$ aus Sicht eines bewegten Beobachters B' auf dem Anhänger des Zugs (roter Punkt). Führen Sie eine Videoanalyse durch und überprüfen Sie die Bahnkurven mit Hilfe der Analyse.
- Bestimmen Sie aus Sicht des Beobachters B die Geschwindigkeitskomponente $v_x(t=0)$ aus dem $x(t)$ -Diagramm und die Geschwindigkeitskomponente $v_y(t=0)$ aus der Wurfhöhe.
- Leiten Sie Formeln für die Flugzeit t_F und die Schussweite x_M der Kugel aus Sicht von Beobachter B her und berechnen Sie diese. Kontrollieren Sie die Ergebnisse experimentell mit Hilfe der Videoanalyse.

(10 Punkte)



t	x
0.250	-16.12
0.225	-13.41
0.200	-10.82
0.175	-8.551
0.150	-6.461
0.125	-4.619
0.100	-3.100

Aufgabe 05:

Videoanalyse

Ein Zug fährt mit einer konstanten Geschwindigkeit entlang einer horizontalen Ebene. Währenddessen wird ein Ball senkrecht nach oben geschossen. Bitte laden Sie sich das Video des Experiments runter und beantworten die folgenden Aufgaben mit Hilfe des Videoanalyseprogramms Tracker. Das Video finden Sie unter:

<https://www.physik.uni-kl.de/kuhn/forschungsprojekte/aktuelle-projekte/vorlesung/videoanalyse-aufgaben-ep1/>

Das Video wurde mit einer Aufnahmerate von 120 frames/s aufgenommen und die Messlatte im Video ist genau 1 m lang.

- | |
|--|
| a) Welche Voraussetzungen sind im Videoexperiment erfüllt, so dass die Kugel wieder in den Wagen zurückfällt? |
| b) Skizzieren Sie die Bahnkurve $y(x)$ der Kugel aus Sicht eines ortsfesten Beobachters B , den der Zug passiert, und eine Bahnkurve $y'(x')$ aus Sicht eines bewegten Beobachters B' auf dem Anhänger des Zugs (roter Punkt). Führen Sie eine Videoanalyse durch und überprüfen Sie die Bahnkurven mit Hilfe der Analyse. |
| c) Bestimmen Sie aus Sicht des Beobachters B die Geschwindigkeitskomponente $v_x(t=0)$ aus dem $x(t)$ -Diagramm und die Geschwindigkeitskomponente $v_y(t=0)$ aus der Wurfhöhe. |
| d) Leiten Sie Formeln für die Flugzeit t_F und die Schussweite x_W der Kugel aus Sicht von Beobachter B her und berechnen Sie diese. Kontrollieren Sie die Ergebnisse experimentell mit Hilfe der Videoanalyse. |

Verständnis

Erstellung von Graphen

Entnehmen von Informationen

Berechnungen

Überprüfen von Hypothesen

Aufgabe 04:

Der Beifahrer in einem Cabriolet lässt während der Fahrt einen Sektkorken senkrecht in den Himmel schießen und fängt diesen wieder während der Fahrt auf. Vernachlässigen Sie alle Reibungseffekte.

- Unter welchen Voraussetzungen konnte der Beifahrer den Sektkorken während der Fahrt wieder auffangen?
- Beschreiben Sie qualitativ die Bahnkurve des Sektkorkens aus Sicht des Beifahrers und aus Sicht eines Passanten am Straßenrand.
- Angenommen der Korken erreicht eine Flughöhe von 2,0 m. Berechnen Sie die Steigzeit und Anfangsgeschwindigkeit des Korkens in vertikale Richtung.
- Das Cabriolet fährt mit 20 km/h: Leiten Sie Formeln für die gesamte Flugzeit und Flugweite des Sektkorkens aus Sicht des Passanten am Straßenrand her und berechnen Sie diese Größen.

Zielgruppe:

Vorlesung:

Experimentalphysik 1, WiSe 2018/19

Studiengang:

Physik (Bachelor, Diplom, Lehramt), Biophysik, Technophysik

Anzahl Teilnehmer:

59 (matched samples, männlich N=48, weiblich N=11)

Fragestellungen:

- Sind Vorlesungsexperimente mit einer Vernetzung zu Übungsaufgaben **lernwirksamer** als ohne Vernetzung?
- Wie gelingt eine Vernetzung am **effektivsten**?

Hypothesen:

- VA-aufgaben **erhöhen** ...
... die Repräsentationskompetenz⁵
... das Konzeptverständnis
- VA-aufgaben **senken** ...
... Beobachtungsfehler

Empirische Ergebnisse

Items:

Themenbereich: Mechanik

32 Single Choice Fragen (6 FCI items)

3 Richtig/Falsch Fragen (KiRC)

15 Konzeptfragen

20 Fragen zur Repräsentationskompetenz

16 Fragen mit Bezug auf Vorlesungsexperimente

(12 Fragen VA/TA-vernetzt, 4 Fragen ohne Vernetzung (KV) mit Übungsaufgaben)

Teststatistik (Prätest):

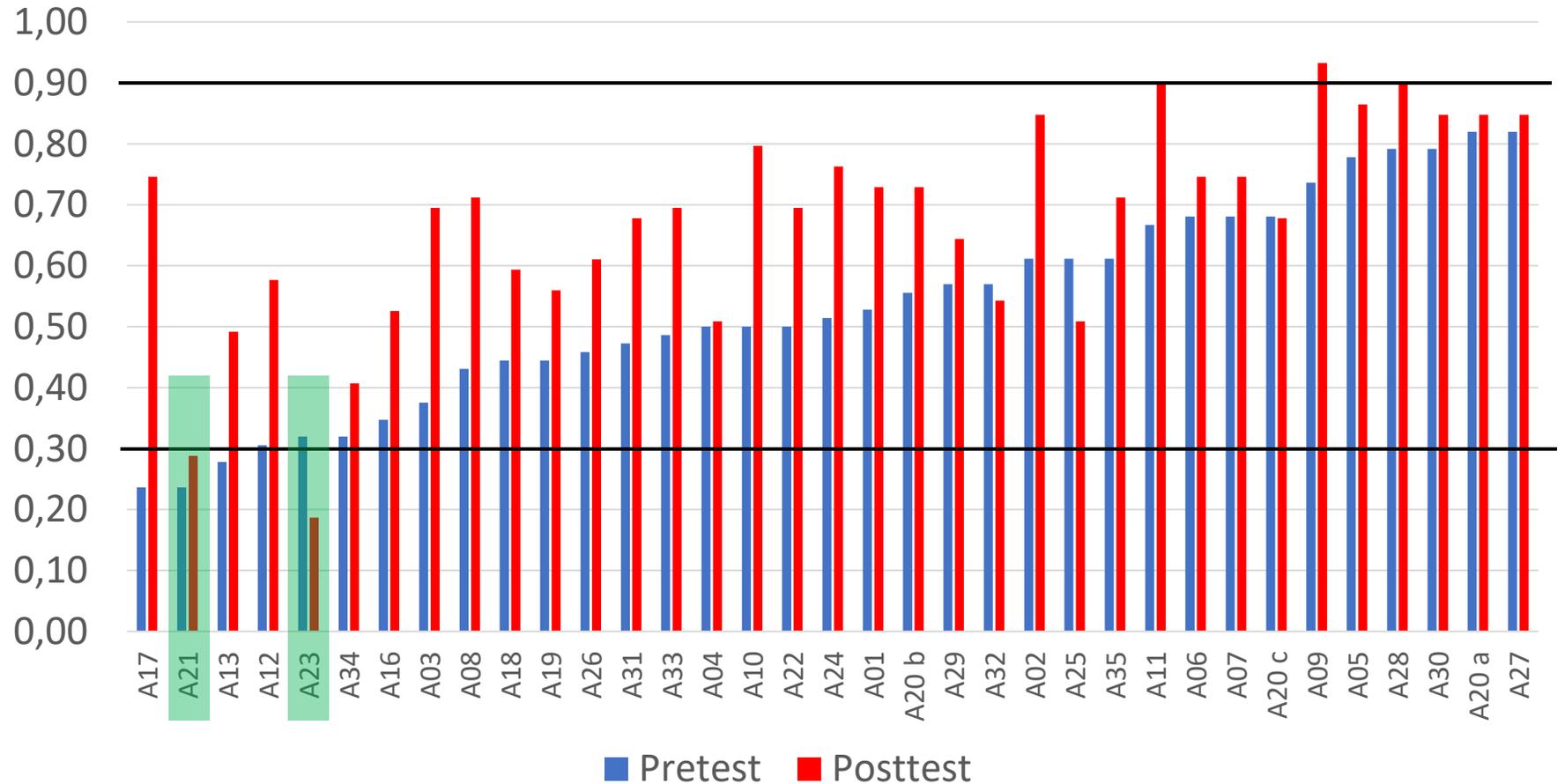
Interne Konsistenz: $\alpha = 0.78$

Schwierigkeitsindex: $p = 0.53$

Diskriminationsindex: $d = 0.36$

Item-Test-Korrelation: $r = 0.33$

Score



Pretest:
32 Single Choice Fragen
3 Richtig/Falsch Fragen

Mittelwert: 0.53 ± 0.17

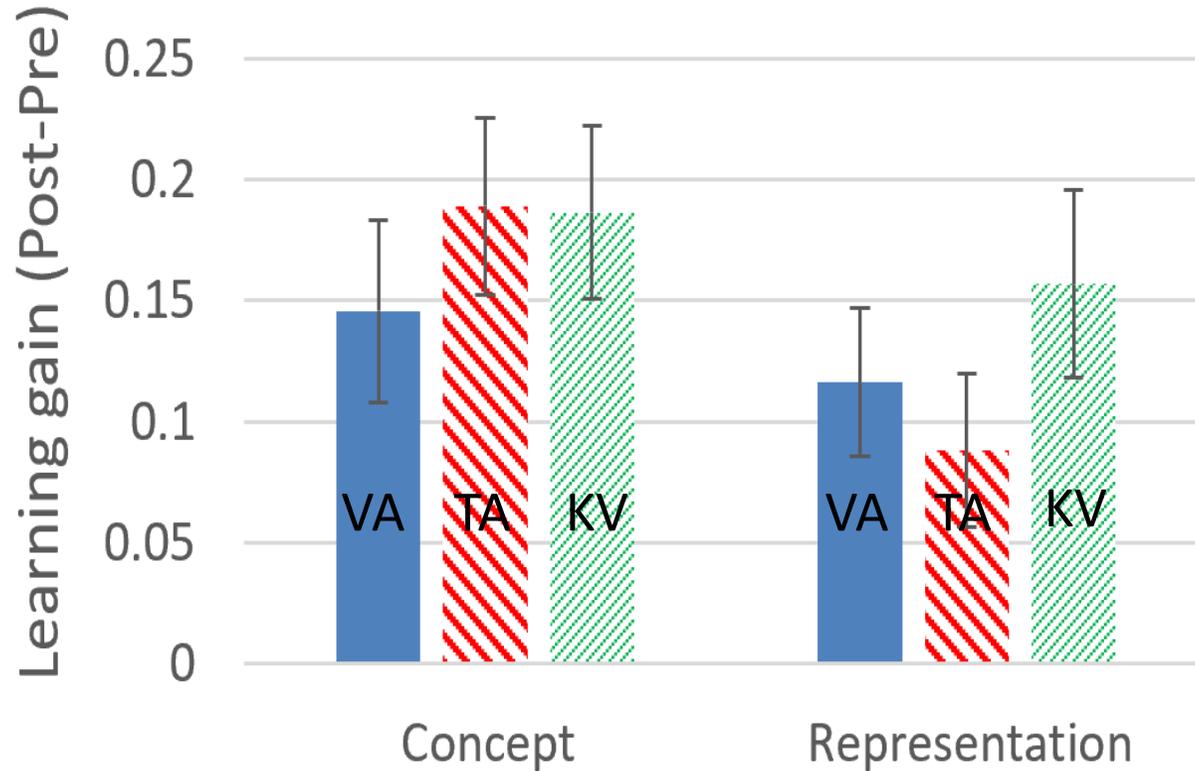
Posttest:
Mittelwert: 0.67 ± 0.17
 $d = 0.82$ ($p = 10^{-3}$)

Vollständig geratene
Fragen als falsch
gewertet.

	Gruppe A	Gruppe B
Anzahl Studenten	34	25
Durchschn. Zeitl. Aufwand p. Übung [Std.]	8.59 ^{***}	6.23
Vollständigkeit VA Aufgaben	59%	60%
Score (Prätest)	0.49	0.59 [*]
Score (Posttest)	0.67	0.68
VA	16	9
TA	9	16
KV	10	10

Unterschiede Prä-Post

		Prätest	Posttest	Differenz (Pilot)	Differenz (Haupt)
Konzept	VA	0.6	0.73	0.15	0.13
	TA	0.57	0.75	0.01	0.18
	kV	0.39	0.58	0.08	0.17
Graph	VA	0.58	0.70	-0.02	0.12
	TA	0.56	0.71	0.06	0.15
	kV	0.41	0.58	-0.01	0.17



Zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung:

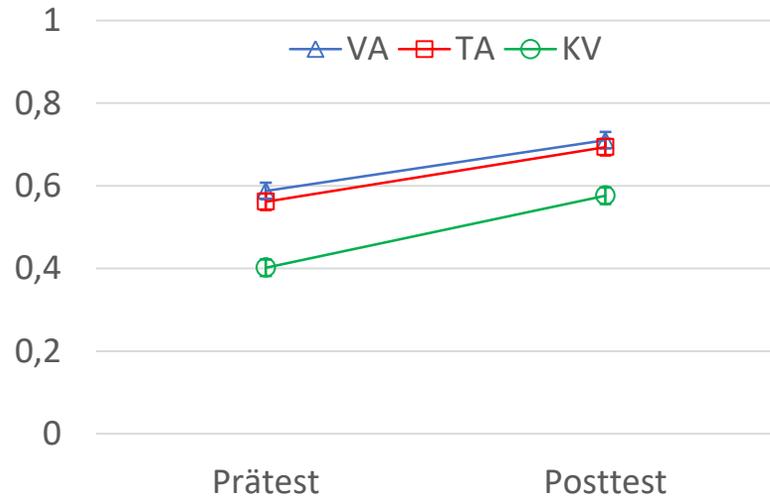
Aufgabentyp: $F(1,58) = 3.42$, $F_{crit} = 3.86$, $p = 0.06$

Vernetzungstyp: $F(1,58) = 0.75$, $F_{crit} = 3.86$, $p = 0.47$

Interaktionseffekt: $F(1,58) = 0.68$, $F_{crit} = 3.86$, $p = 0.51$

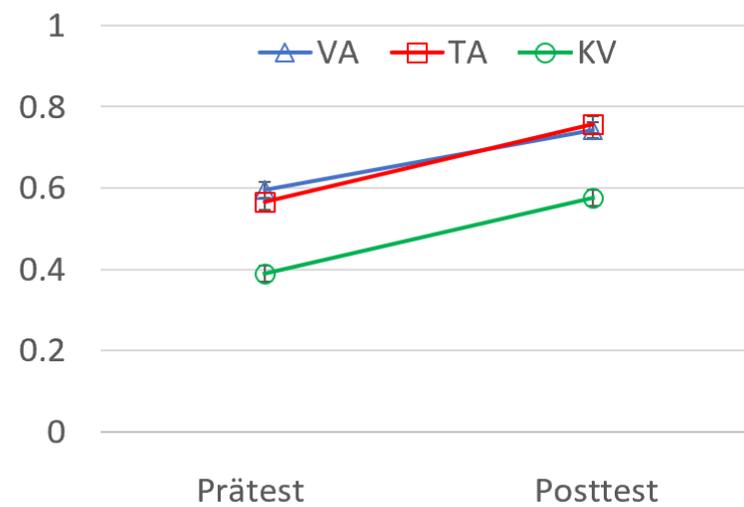
Grosse Varianz innerhalb der Gruppen -> Item/Experiment-spezifische Unterschiede
+ Einfluss verschiedener Kovariaten (ANCOVA)

Score (Gesamter Test)



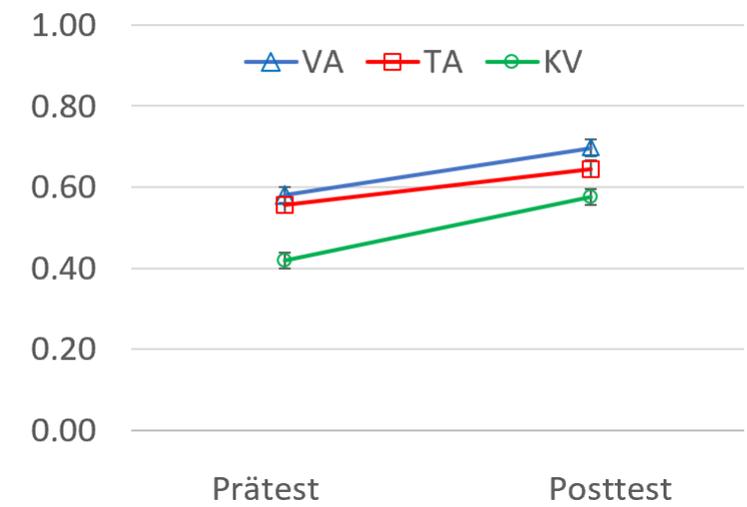
Covariate	F	p
Prätest	101.8	10 ⁻¹⁶ ***
Abiturnote	4.54	10 ⁻⁸ ***
Mathe-note	1.79	0.075
Vernetzung	2.90	0.058

Score (Konzeptfragen)



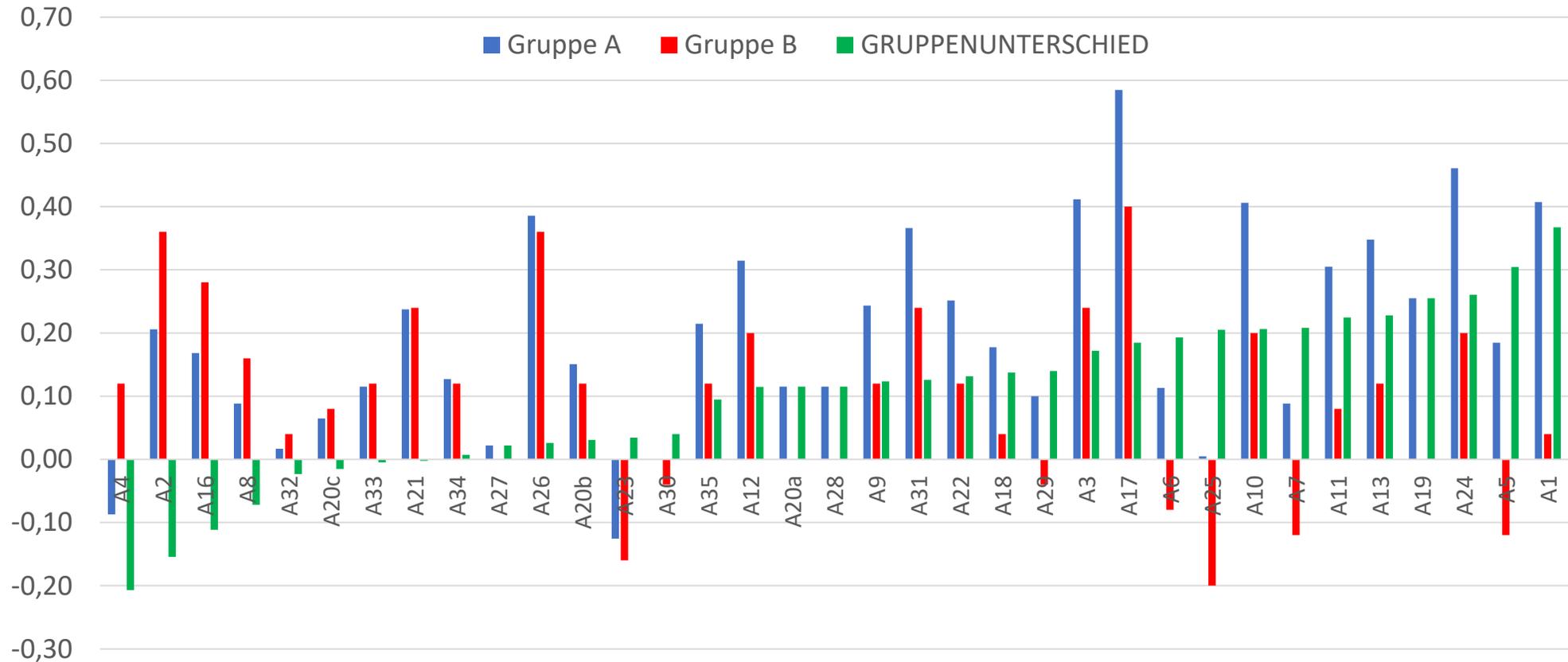
Covariate	F	p
Prätest	37.9	10 ⁻⁹ ***
Abiturnote	3.61	10 ⁻⁶ ***
Mathe-note	2.12	0.031*
Vernetzung	7.51	0.0008**

Score (Fragen Rep.-kompetenz)



Covariate	F	p
Prätest	37.9	10 ⁻¹⁰ ***
Abiturnote	3.61	10 ⁻⁴ ***
Mathe-note	2.12	0.11
Vernetzung	7.51	0.68

Differenz Post-Prä



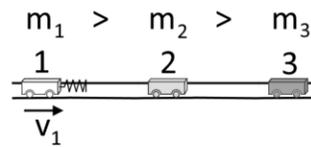
Beispielhafte Experimente (Vorteile bei VA-Verknüpfung)

Experiment:

Eindimensionaler elastischer und inelastischer Stoß (Gruppe A: VA)

Beispielhafte Aufgabe:

Aufgabe 1: In dieser Aufgabe geht es um drei Wagen auf einer horizontalen Schiene, die zunächst in einem gewissen Abstand zueinander stillstehen (siehe Abbildung). Zu Beginn des Experiments wird der erste Wagen mit der Masse m_1 auf eine konstante Geschwindigkeit v_1 beschleunigt und führt einen elastischen Stoß mit dem zweiten Wagen mit der Masse $m_2 < m_1$ aus. Dadurch erreicht dieser wiederum eine Geschwindigkeit v_2 und führt einen inelastischen Stoß mit dem dritten Wagen mit der Masse $m_3 < m_2$ aus. Das System aus Wagen 2 und 3 erreicht dadurch eine Geschwindigkeit v_3 .



Welcher Wagen erreicht die höchste Geschwindigkeit? Bitte vernachlässigen Sie Reibungsverluste.

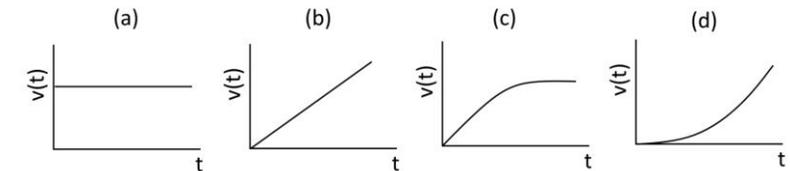
- (a) Wagen 1
- (b) Wagen 2
- (c) Wagen 3
- (d) Alle Wagen erreichen die gleiche Geschwindigkeit
- (e) Es sind nicht genügend Informationen gegeben, um eine eindeutige Aussage zu treffen

Experiment:

Maxwell'sches Rad (Gruppe B: VA)

Beispielhafte Aufgabe:

Aufgabe 21: Ein Kind hält ein aufgewickeltes Yo-Yo am Faden fest in der Hand. Dann lässt es das Yo-Yo los. Welcher Graph beschreibt die Geschwindigkeit des Schwerpunkts?

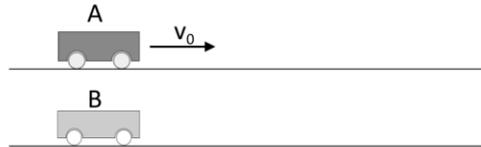


Beispielhafte Experimente (nicht förderliche VA-Verknüpfung)

Experiment:
Überholvorgang (Gruppe A: TA)

Beispielhafte Aufgabe:

Aufgabe 5: Zwei Wagen stehen zunächst auf zwei parallelen Schienen. Zu Beginn fährt Wagen A mit einer konstanten Geschwindigkeit v_0 los (siehe Abbildung). Kurz darauf fährt Wagen B in die gleiche Richtung mit einer konstanten Beschleunigung a_0 los. Nach einer gewissen Zeit überholt Wagen B Wagen A. Zu welchem Zeitpunkt haben die beiden Wagen die gleiche Geschwindigkeit?



- (a) Bevor Wagen B Wagen A überholt;
- (b) Genau in dem Moment, wenn Wagen B Wagen A überholt;
- (c) Nachdem Wagen B Wagen A überholt hat;
- (d) Das hängt von den Anfangsbedingungen ab.

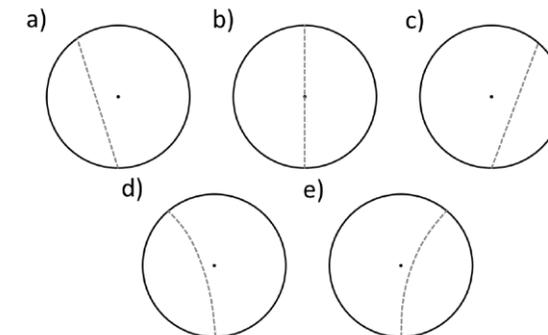
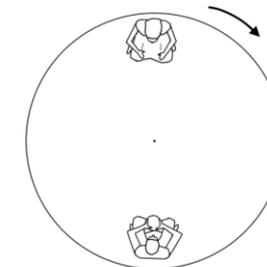
Aufgabe 19: Eine Person sitzt zunächst im vorderen Ende eines Zugs. Sobald der Zug mit einer konstanten Beschleunigung a_z losfährt, steht sie auf und rennt mit einer konstanten Geschwindigkeit vom vorderen Ende Zugs ins hintere Ende. Welche Art von Bewegung führt die Person aus der Sicht eines außenstehenden ruhenden Beobachters aus?

- (a) Sie ruht;
- (b) Eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung;
- (c) Eine geradlinig gleichförmige Bewegung;
- (d) Eine Bewegung mit zunehmender Beschleunigung;
- (e) Die Art der Bewegung hängt von den Beträgen von a_z und v ab.

Experiment:
Rotierende Bezugssysteme (Gruppe B: TA)

Beispielhafte Aufgabe:

Aufgabe 4: Zwei Personen sitzen sich auf einer Scheibe gegenüber, die sich im Uhrzeigersinn dreht (siehe Abbildung). Eine Person wirft zum dargestellten Zeitpunkt einen Ball in Richtung der anderen Person. In welche Richtung fliegt der Ball aus der Sicht eines mitrotierenden Beobachters?



- Signifikanter Haupteffekt des Vernetzungstyps auf das Konzeptverständnis
- Kein signifikanter Unterschied im Einfluss von VA-Aufgaben im Vergleich zu TA-Aufgaben auf die Repräsentationskompetenz
- Hohe gruppeninterne Varianz aufgrund von experimentabhängigen Vorteilen für einen bestimmten Verknüpfungstyp, Abiturnote und Mathematiknote eignen sich als Kovariate
- Vorteil der Vernetzung mittels Videoanalyseaufgaben bei komplexen Aufgabentypen

**Danke für ihre
Aufmerksamkeit**

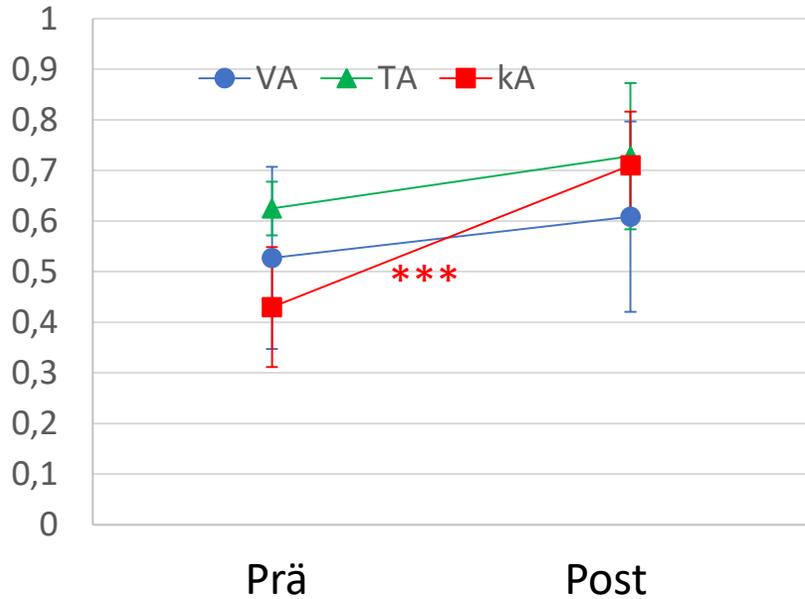
Item	Item difficulty	Discrimination index	Point biserial index
A17	0.24	0.41	0.42
A21	0.24	0.10	0.20
A13	0.28	0.46	0.42
A12	0.31	0.36	0.28
A23	0.32	0.21	0.22
A34	0.32	0.41	0.37
A16	0.35	0.31	0.26
A03	0.38	-0.15	-0.08
A08	0.43	0.46	0.41
A18	0.44	0.51	0.40
A19	0.44	0.41	0.42
A26	0.46	0.46	0.42
A31	0.47	0.36	0.37
A33	0.49	0.26	0.33
A04	0.50	0.15	0.11
A10	0.50	0.51	0.41
A22	0.50	0.46	0.40
A24	0.51	0.26	0.25

Item	Item difficulty	Discrimination index	Point biserial index
A01	0.53	0.26	0.24
A20 b	0.56	0.26	0.25
A29	0.57	0.62	0.50
A32	0.57	0.51	0.37
A02	0.61	0.10	0.13
A25	0.61	0.82	0.59
A35	0.61	0.56	0.39
A11	0.67	0.67	0.59
A06	0.68	0.72	0.57
A07	0.68	0.26	0.28
A20 c	0.68	0.21	0.30
A09	0.74	0.31	0.30
A05	0.78	0.46	0.46
A28	0.79	0.26	0.34
A30	0.79	0.41	0.40
A20 a	0.82	-0.10	-0.04
A27	0.82	0.26	0.35
Average	0.53	0.36	0.33

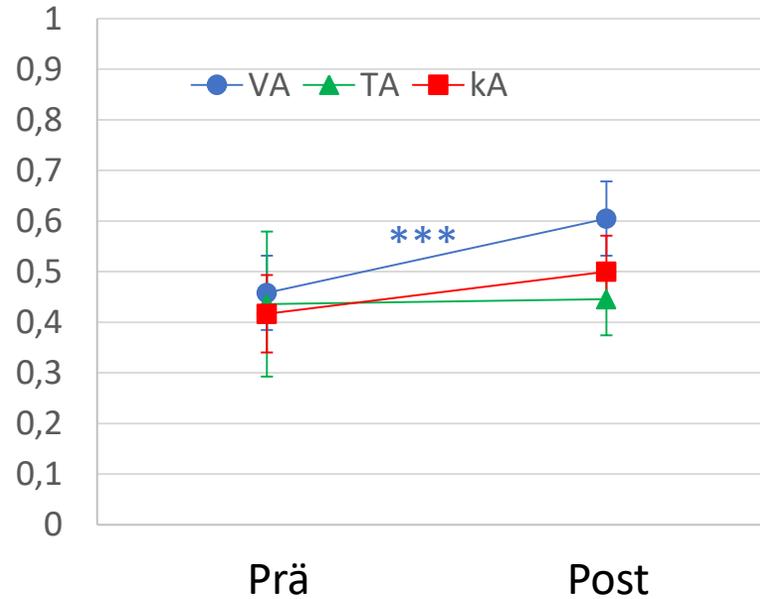
Akzeptable interne Konsistenz: Cronbach's $\alpha=0.78$

	Experiment	Verknüpfung
1. Woche	Schuss vom fahrenden Zug	Videoanalyse (VA)
	Überholvorgang	Traditionelle Aufgabe (TA)
	Fadenpendel	keine Vernetzung (KV)
2. Woche	Bungee-Springer	VA
	Atwood'sche Fallmaschine	TA
	Seilzug	KV
3. Woche	Elastischer und inelastischer Stoss	VA
4. Woche	Teilchenstreuung	TA
	Fahrradfelge auf Drehstuhl	KV
5. Woche	Rotierende Bezugssysteme	VA
	Maxwell'sches Rad	TA
	Zylinderwettrennen	KV

POE (rel. Häufigkeit)



Konzeptverständnis



Repräsentationskompetenz

