



Technische
Universität
Braunschweig

teach4TU



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

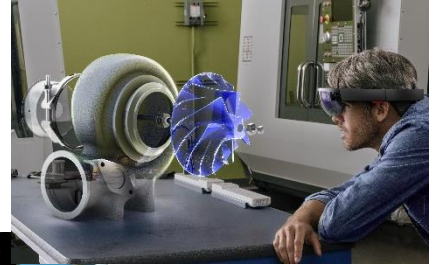
*Dieses Lehrprojekt wird im Rahmen des
Innovationsprogramms Gute Lehre der TU
Braunschweig aus dem BMBF-Projekt
teach4TU unter dem Förderkennzeichen
01PL17043 gefördert.*

Hybride Experimentierumgebungen mit Augmented Reality – abstrakte Inhalte greifbAR visualisieren

D. Sonntag / O. Bodensiek, 7.11.2019

Augmented Reality (AR) = Erweiterte Realität

- **Kombination / teilw. Überlagerung:**
reale Umwelt + virtuelle Realität
- **3D-Bezug** virtueller und realer Objekte
- (intuitive) **3D-Interaktion in Echtzeit**
- AR als Schnittstelle:
Datenaustausch / Steuerung



Kognitive und Lerneffekte [z.B. Bacca et al. 2014, Santos et al. 2014]

Effektivität von AR bei

- ✓ **Laborexperimenten**
- ✓ abstrakten und komplexen **Fachkonzepten**

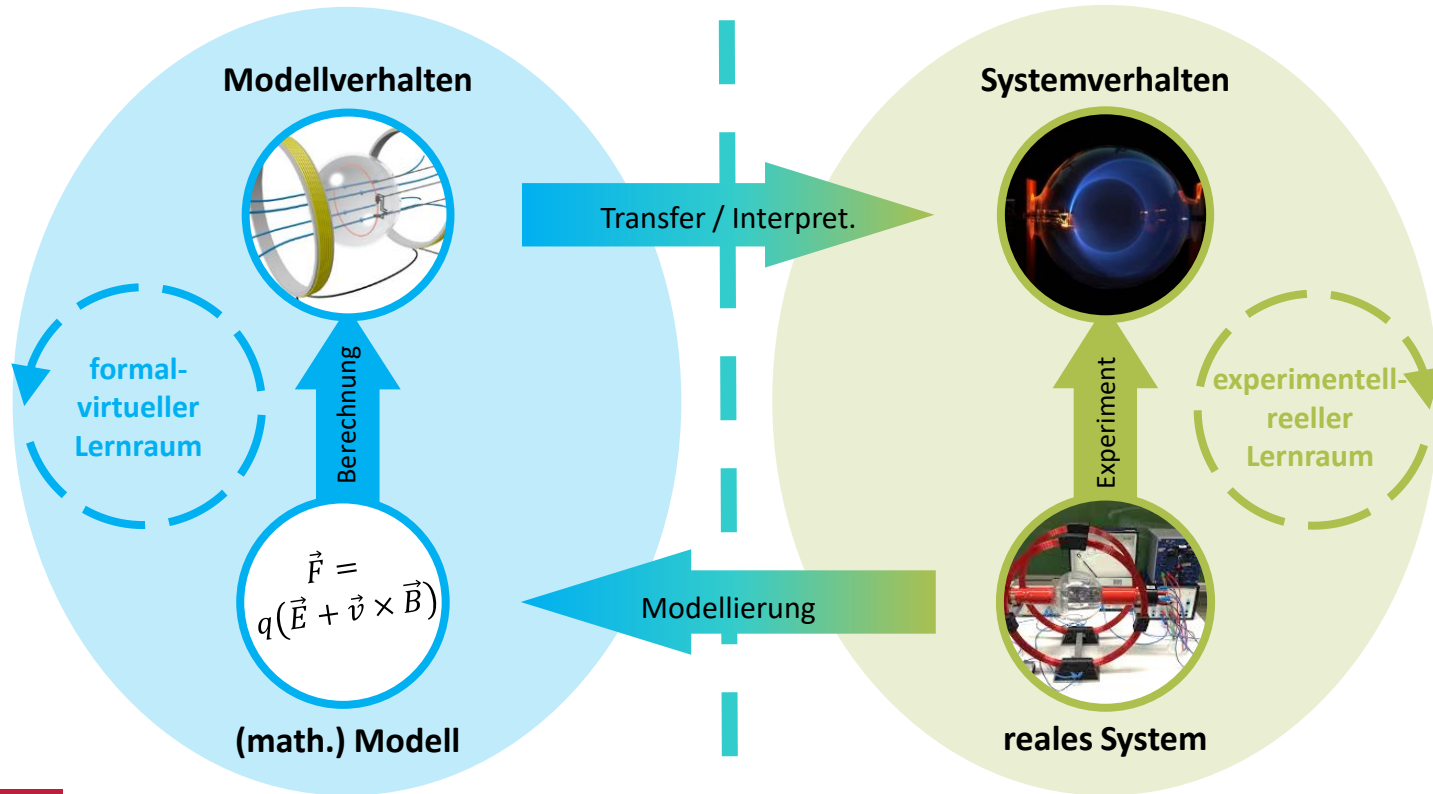
Reduktion der **kognitiven Belastung** des Arbeitsgedächtnisses

[Mammarella et al. 2013]

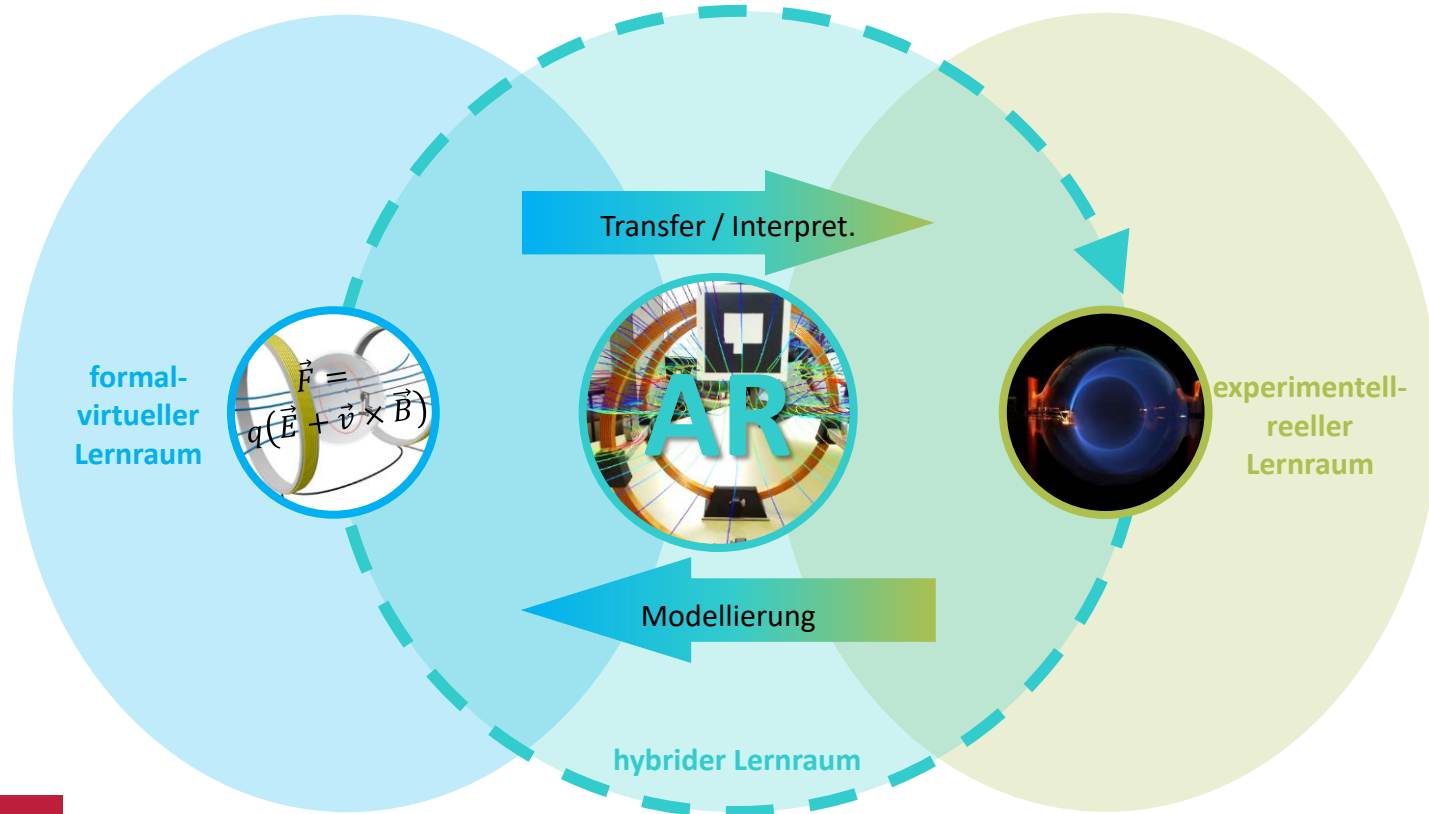
Vorteile ggü. herkömmlichen / rein virtuellen Lehr-Lern-Settings ($d=0.33-0.86$):

- ✓ Fachliche Lernzuwächse
- ✓ Motivation
- ✓ Zusammenarbeit

Theorie, Modell und Experiment in der Physik

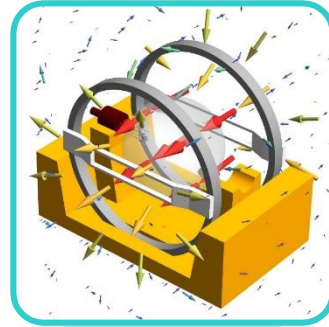
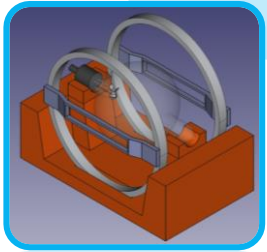


Augmented Reality als hybrider Lernraum



Entwicklung der AR-Experimentierumgebungen

Modellierung
realer
Experimente
aus Lehre und
Unterricht

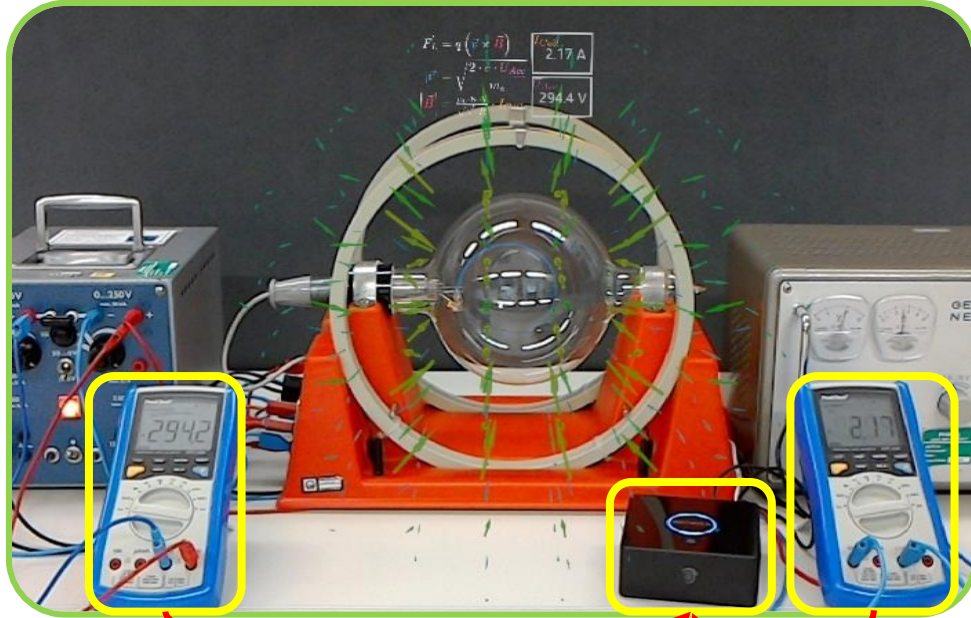


Virtuelle
Experimente

Hybride AR-
Experimente



AR-Experimentierumgebungen: Technisches Setup



AR-Experimentierumgebungen



3 AR Experimente im Praktikum zur
Elektrizitätslehre:

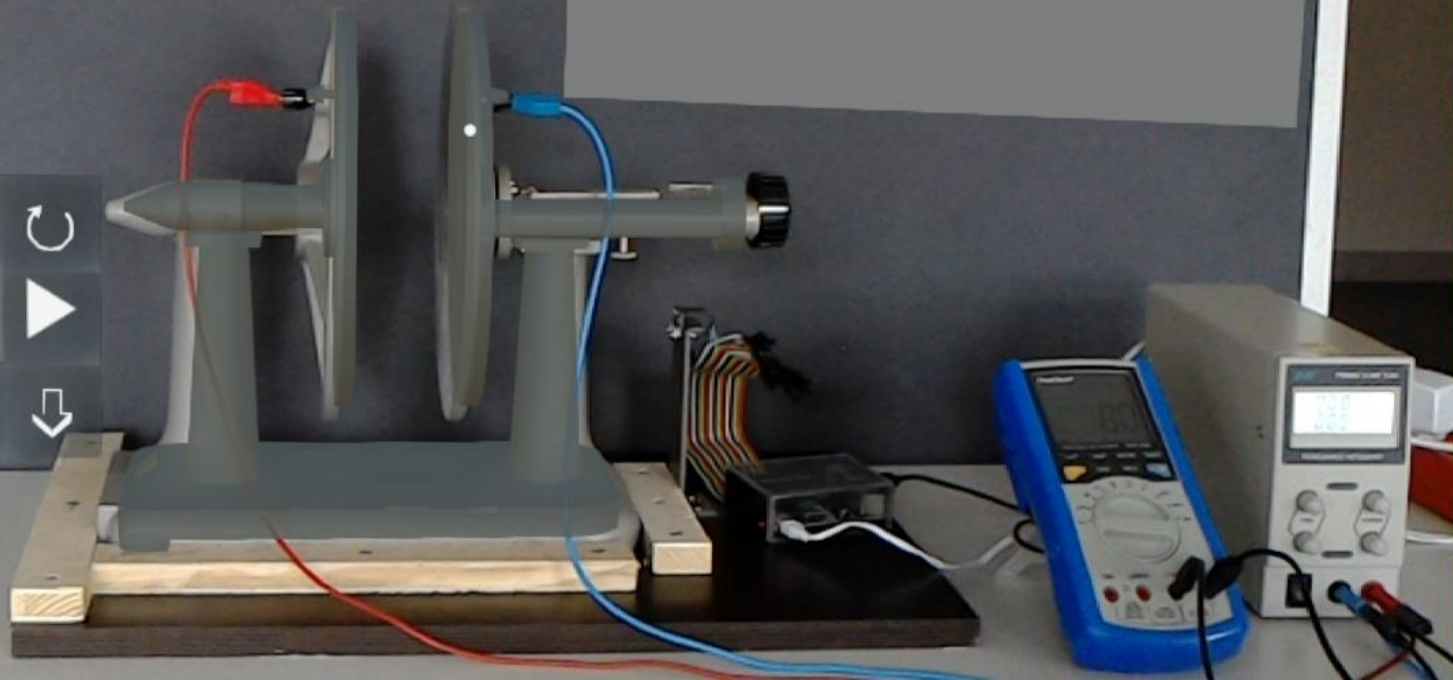
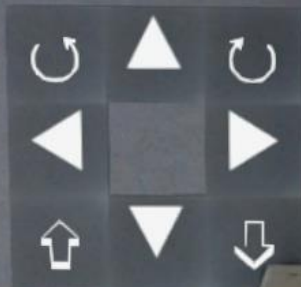
- ✓ Fadenstrahlrohr
- ✓ Elektronenstrahlableitkröhre
- ✓ Plattenkondensator

Messwert-Server Adresse: raspbarmypi

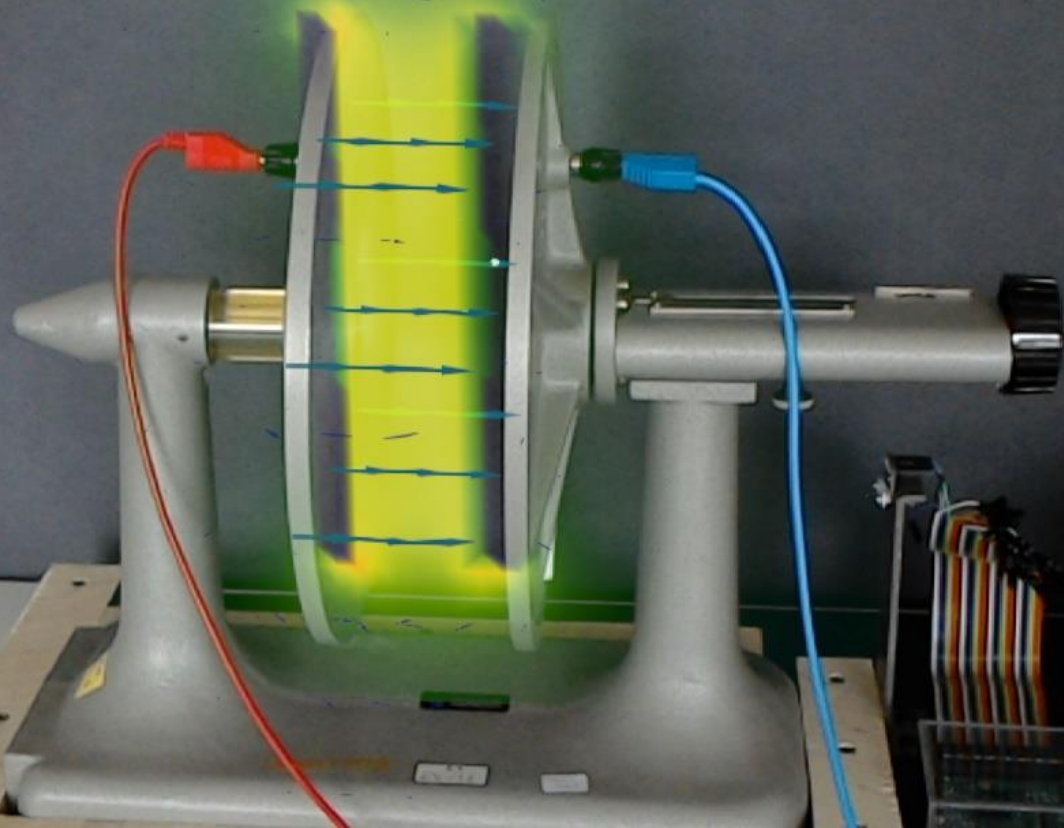
Experiment: Plattenkondensator Log Lineal H Lineal V

- Referenzmodell
- Elektrisches Feld
- Energiedichte
- Formeln

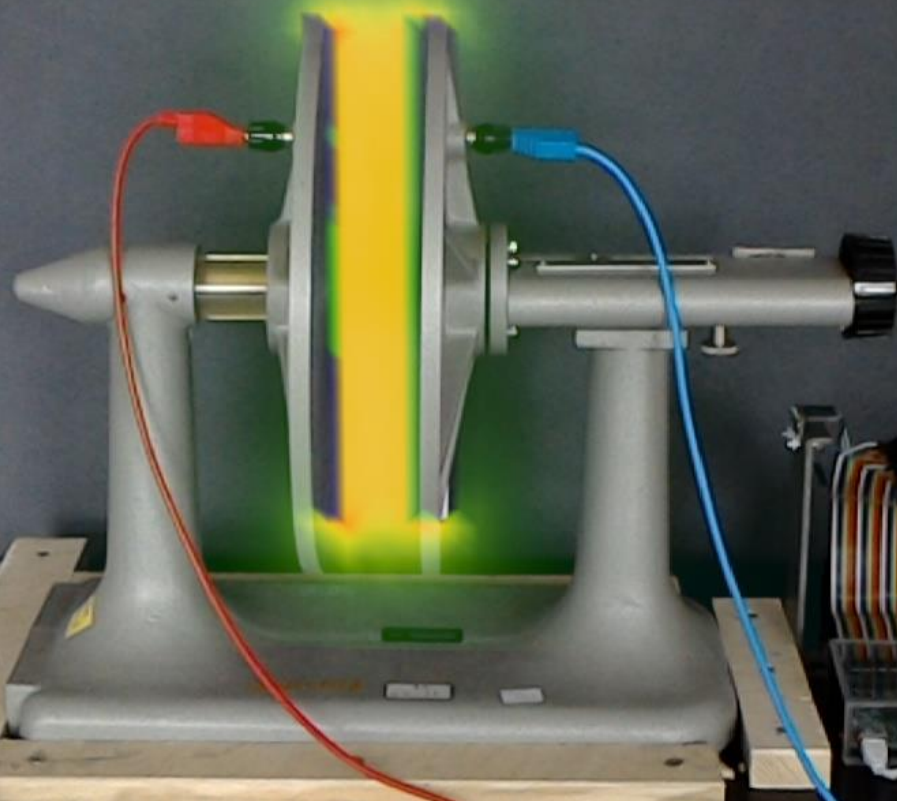
$$E = \frac{U_K}{d}$$
$$W_{\text{Elektrisch}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_K^2$$



$$|\vec{E}| = \frac{U_K}{d}$$
$$W_{\text{elektrisch}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_K^2$$



$$|E| = \frac{U_K}{d}$$
$$W_{\text{elektrisch}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_K^2$$



$$\vec{F}_L = q (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

$$|\vec{E}| = \frac{U_K}{d}$$

$$|\vec{v}| = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_N}{m_e}}$$

$$|\vec{B}| \sim \frac{\mu_0 \cdot N}{R} \cdot I_S$$

$$U_N$$

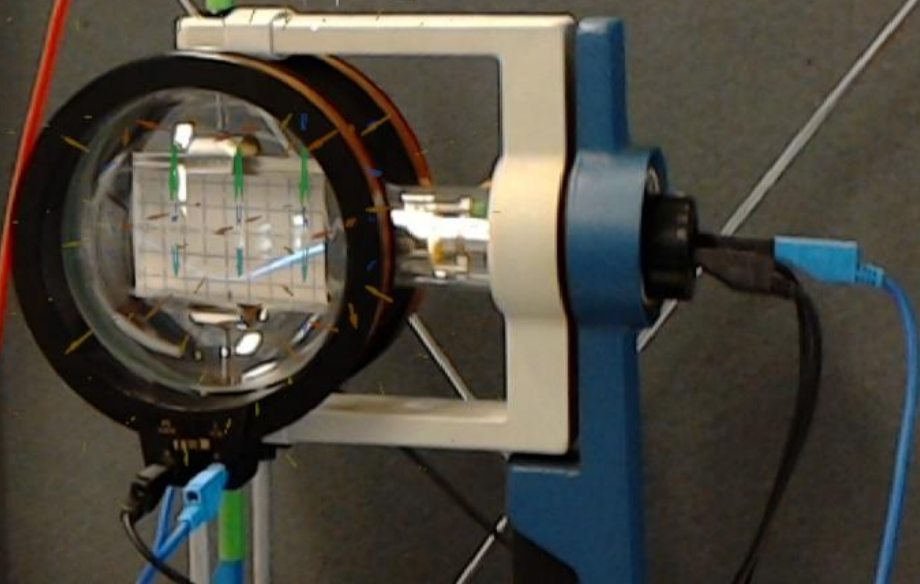
3.73 kV

$$I_S$$

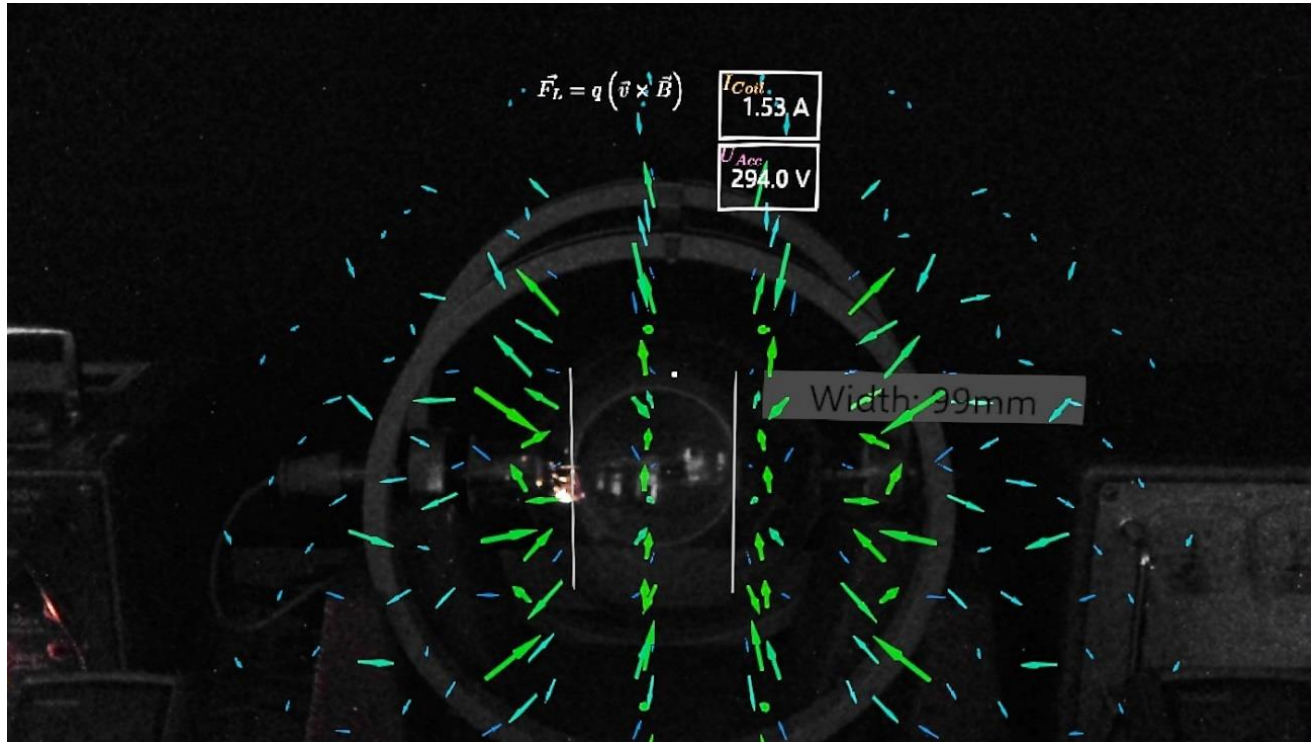
0.66 A

$$U_K$$

3.16 kV

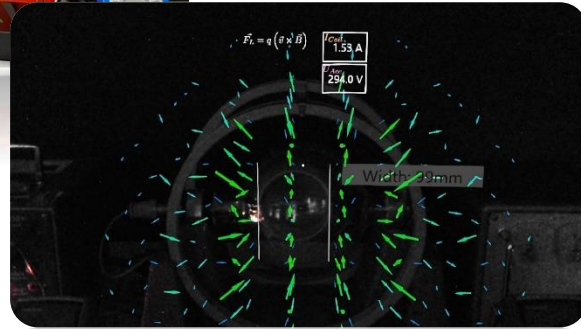
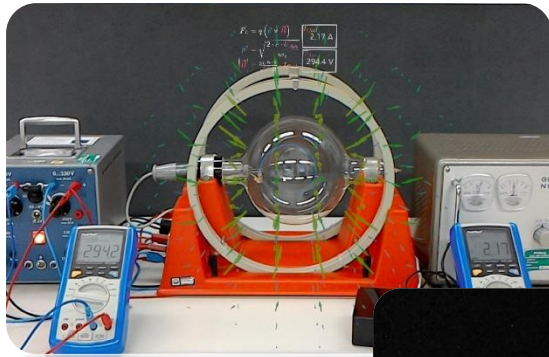


AR-Experimentierumgebung: Fadenstrahlrohr mit AR-Messwerkzeugen

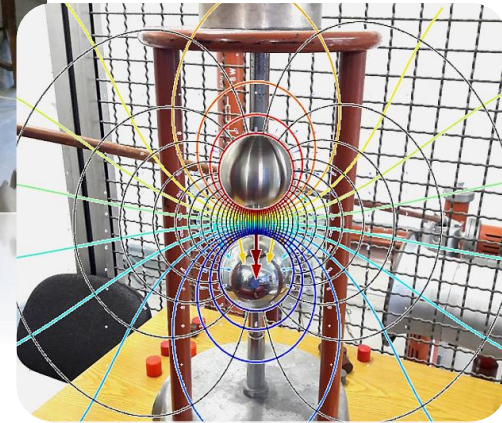


Transfer auf weitere Lehrveranstaltungen

Praktikum der Hochspannungstechnik



Grundpraktikum der Physik



Evaluation des Einsatzes der AR-Experimente in der Lehre

Erste **qualitative** (N=14) und **quantitative** (N=58) Evaluationen (TG/KG) zeigen Vorteile der AR-Experimente

- TG zeigt **höheres konzeptuell-fachliches Verständnis** als KG ✓✓
- TG **verringert Fehlvorstellungen** stärker als KG ✓✓
- Stärkere **Zunahme an Wissensvernetzungen** bei TG ✓
- signifikante **Abnahme der kognitiven Belastung** in Fragebögen bei TG ✓



Referenzen

- J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, S. Graf, Kinshuk (2014): Augmented Reality Trends in Education. *Educ. Technology & Soc.* **17** (4), 133
- O. Bodensiek, D. Sonntag, N. Wendorff, G. Albuquerque, M. Magnor, *Augmenting the fine beam tube: From hybrid measurements to magnetic field visualization*. *The Physics Teacher* **57** (2019).
- D. Maloney, T. O’Kuma, C. Hiegelke, A. Van Heuvelen (2001): Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Am. J. Phys.* **69** (S1), S12-S23
- N. Mammarella, A. Fairfield, A. Di Domenico (2013): When spatial and temporal contiguities help the integration in working memory: “A multimedia learning” approach. *Learning and Individual Differences*, **24**, 139
- R. E. Mayer, ed. (2014) *The Cambridge handbook of multimedia learning*. *Cambridge Univ. Press*.
- M. E. Santos, A. Chen, T. Taketomi, G. Yamamoto, J. Goshiro (2014) Augmented Reality Learning Experiences. *IEEE Trans. Learning Technol.* **7** (1), 38
- D. Sonntag, G. Albuquerque, M. Magnor, O. Bodensiek: *Hybrid learning environments by data-driven augmented reality*. *Procedia Manufacturing* **31** (2019).

