

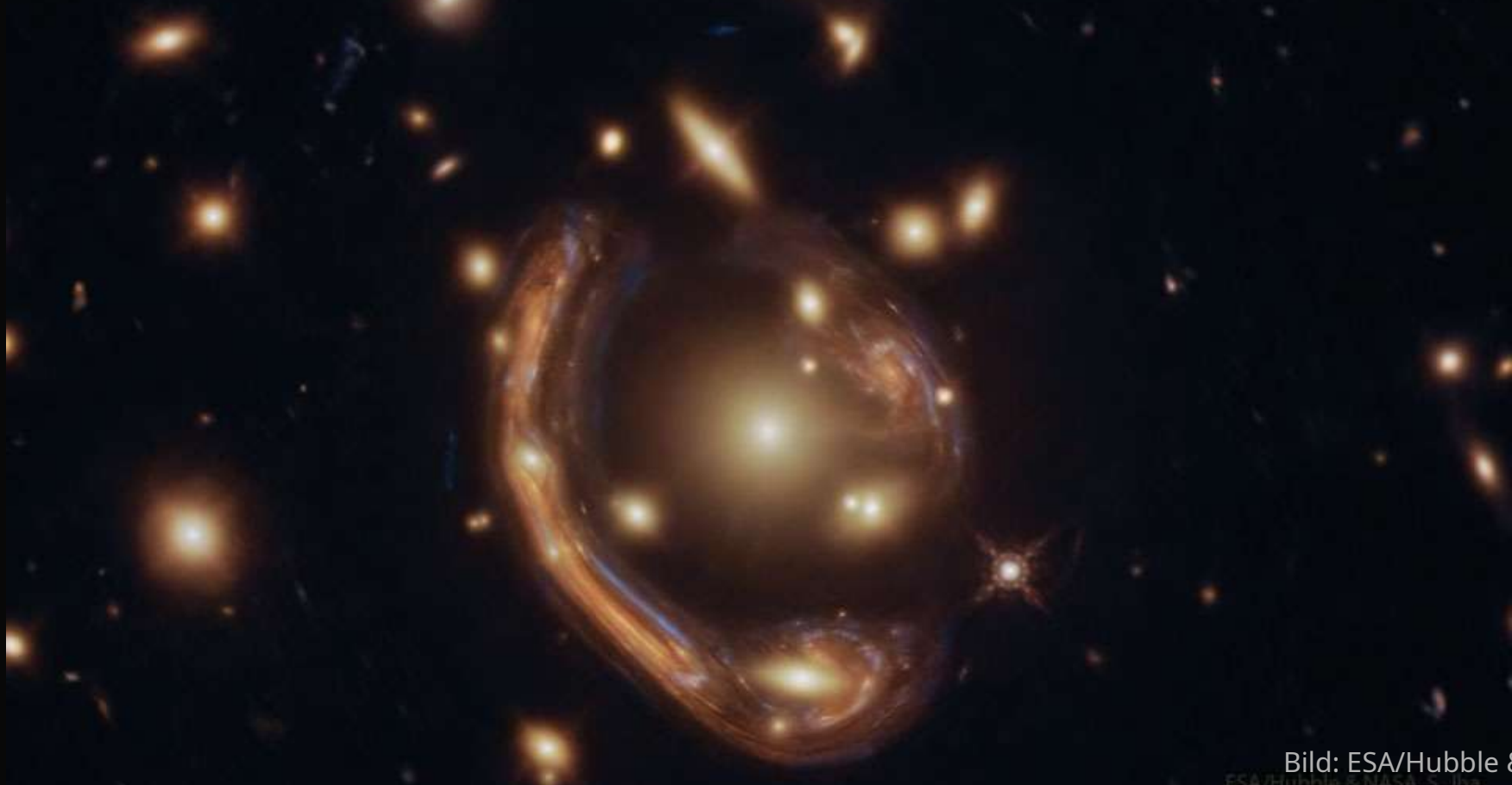


Bild: ESA/Hubble & NASA, S. Jha

Ein Analogieversuch zum Mikrolinseneffekt im physikalischen Praktikum

Martin Quast & Lukas Mientus
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Astrophysikalische Praktikumsversuche

Warum?

- Astronomische Fragestellungen: Hohes Motivationspotenzial (Elster 2010).
- Besondere Form der Erkenntnisgewinnung bietet einen geeigneten Kontext, um Aspekte der Nature of Science zu reflektieren (Duncan & Arthurs 2012).
- Notwendig für die Ausbildung.

Organisatorische und technische Herausforderungen

- Hohe Kosten und begrenzte Ausstattung. / Eingeschränkter Zugang zu Teleskopen (White 2022; Brodeur 2014).
- Technische und organisatorische Hürden: Aufbau, Betrieb, Zeitplanung, Wetter, Equipment und Labororganisation (White 2022).

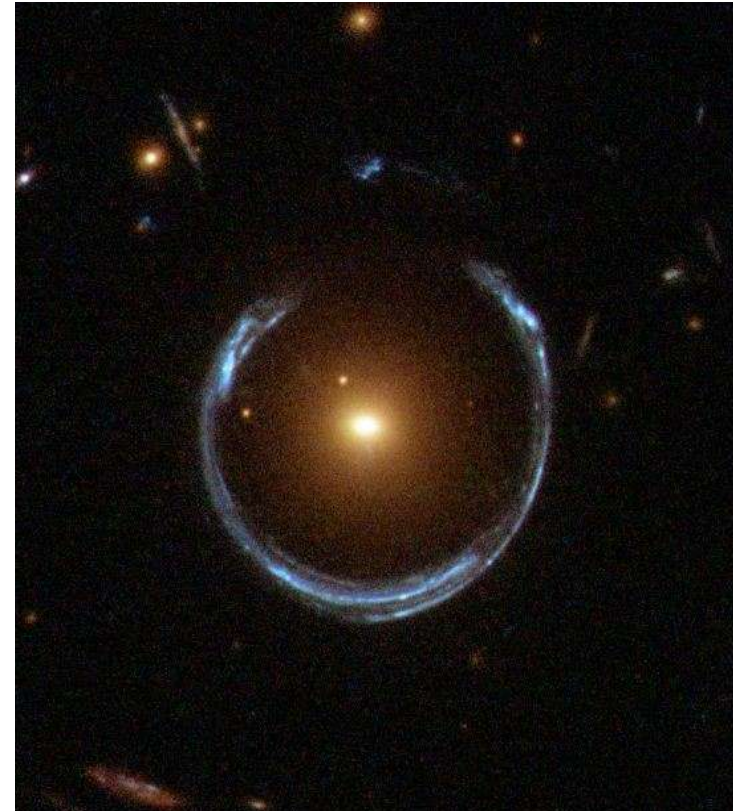
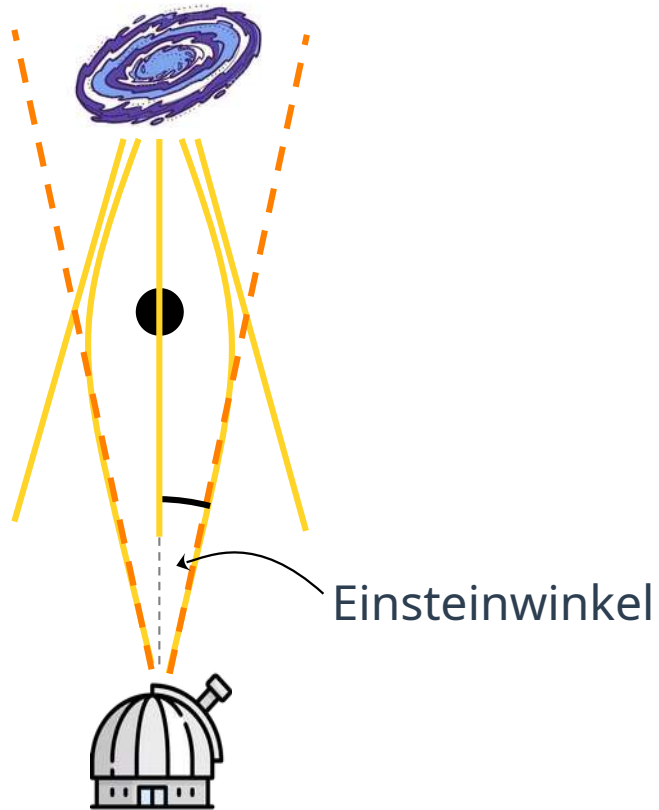
Inhaltliche und didaktische Herausforderungen

- Authentische Versuche gestalten: Realistisch, aber zugleich für Studierende machbar und verständlich.
- Theorie-Praxis-Lücke: Studierende führen Experimente aus, ohne Messungen, Modelle und astrophysikalische Schlussfolgerungen miteinander zu verknüpfen (White 2022, Gunter 2010).

Unser Ziel:

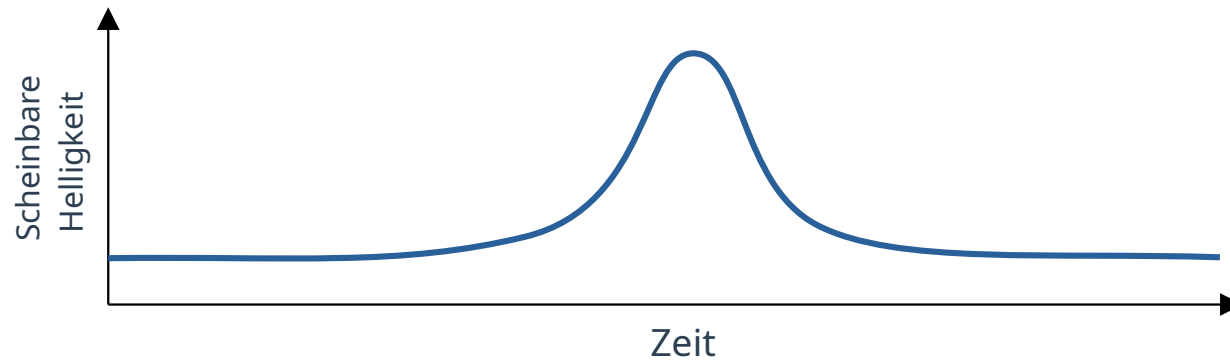
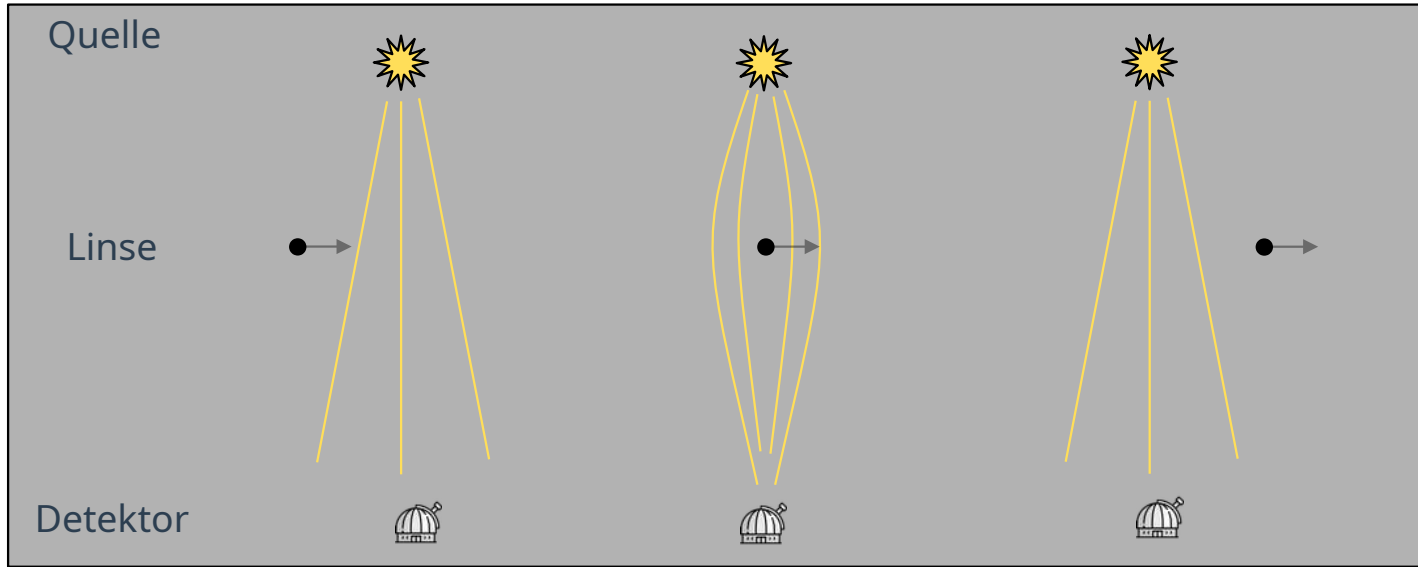
Einen (neuen) Modellversuch zu einem astrophysikalischen Thema entwickeln, der im Labor umgesetzt werden kann.

Der Gravitationslinseneffekt



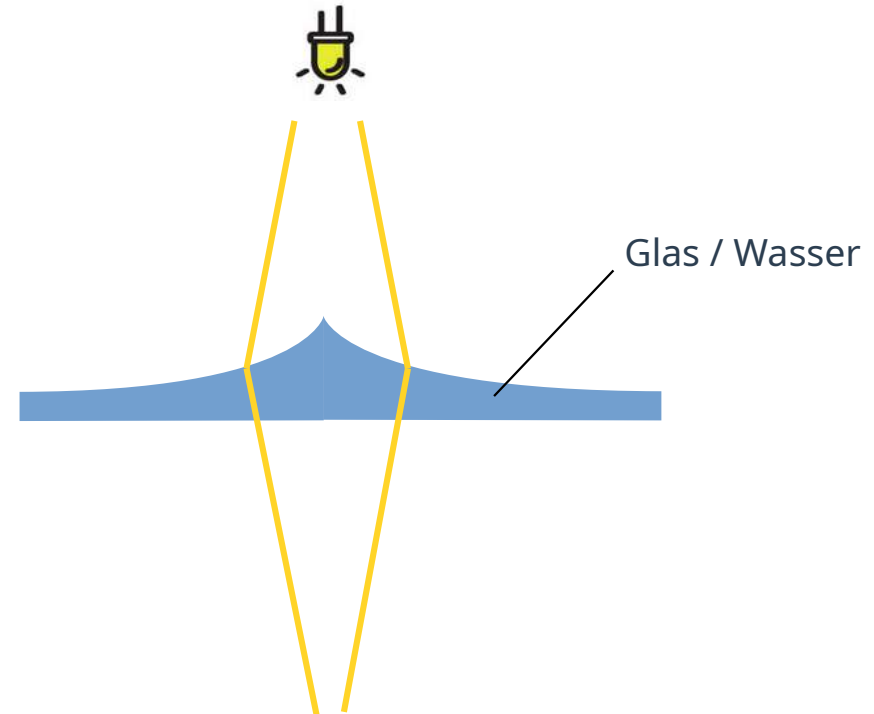
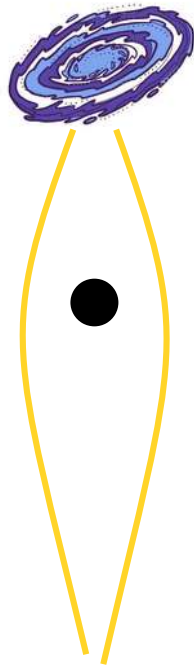
Gravitationslinse mit
Einsteinring

Der Mikrolinseneffekt



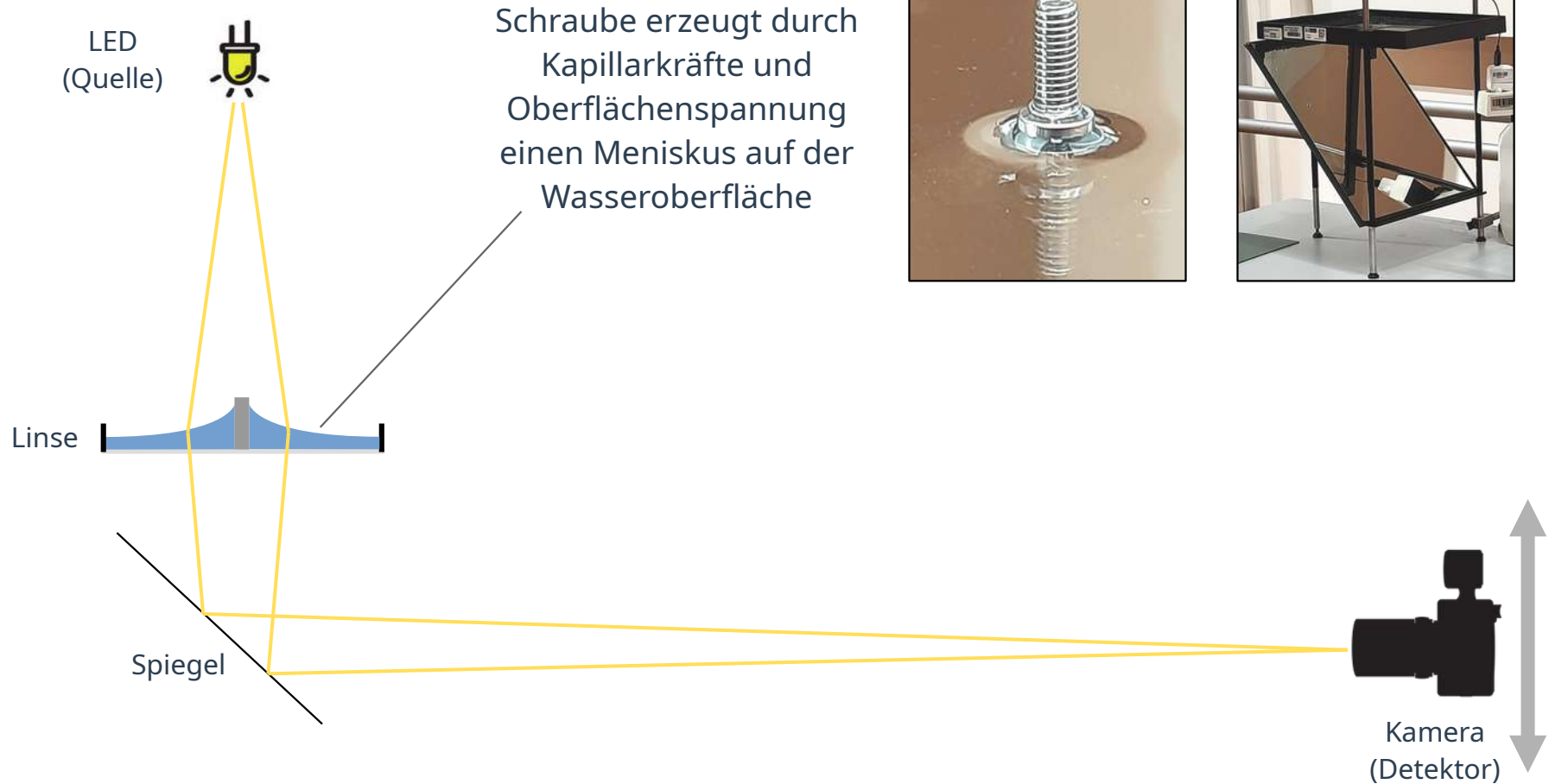
Gravitationslinsen und die Wasserlinsenanalogie

- Meniskus-Linsen erzeugen ähnliche Strahlengeometrien wie punktförmige Gravitationslinsen (Hernández-Díaz & Sanz 2026, Selmke 2021, Sheng et al. 2013)



Meniskus-Linsen können als Modell für Gravitationslinsen im Labor genutzt werden.

Versuchsaufbau



Der Versuch (Aufgaben)

1 Ziele des Versuchs

Die Versuchsziele sind die Untersuchung der Lichtbrechung an einer gekrümmten Meniskusfläche und die Bewertung ihrer Eignung als Modell für eine Gravitationslinse.

2. Vorbereitung

1. Stellen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitations- und Meniskuslinse gegenüber.
2. Welchen Einfluss hat die Änderung der Oberflächenspannung auf die Linse und insbesondere auf den Einsteinwinkel. Formulieren Sie dazu eine Hypothese.

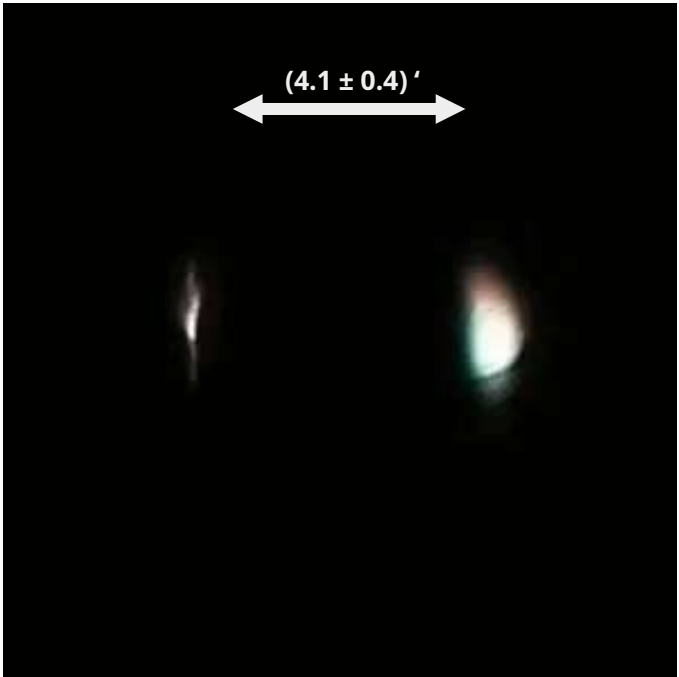
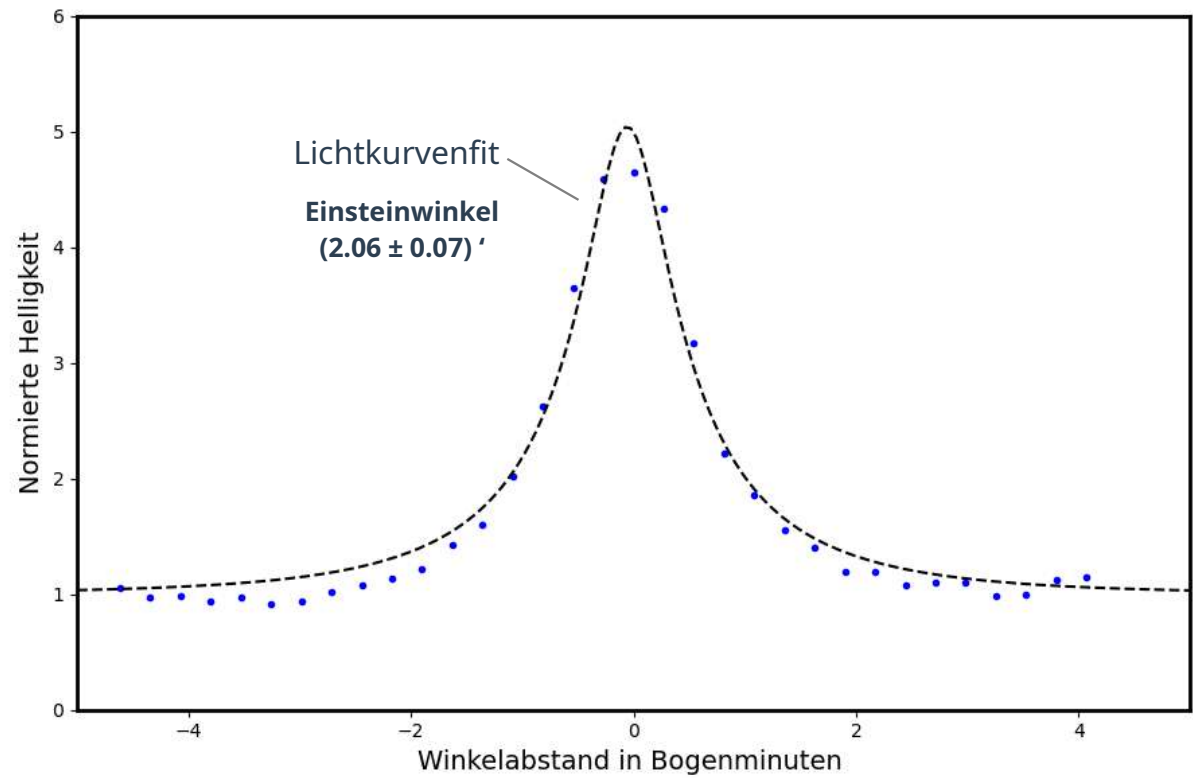
3 Aufgabenstellung

1. Nehmen Sie die photometrischen Lichtkurven einer LED beim Durchgang durch eine gekrümmte Wasseroberfläche auf.
2. Bestimmen Sie den Einsteinwinkel direkt und aus den Lichtkurven.
3. Vergleichen Sie die Lichtkurven und Einsteinwinkel von destilliertem Wasser und Seifenwasser.
4. Diskutieren Sie die Eignung der Meniskuslinse als Analogie zu einer Gravitationslinse.

Datenreduktion und Auswertung nach professionellen astronomischen Methoden!

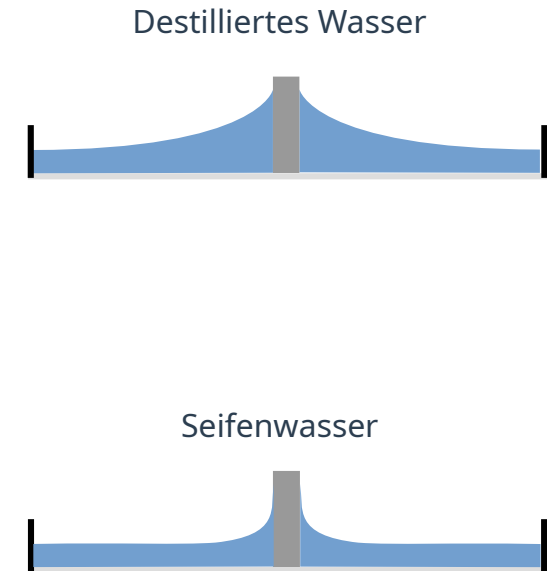
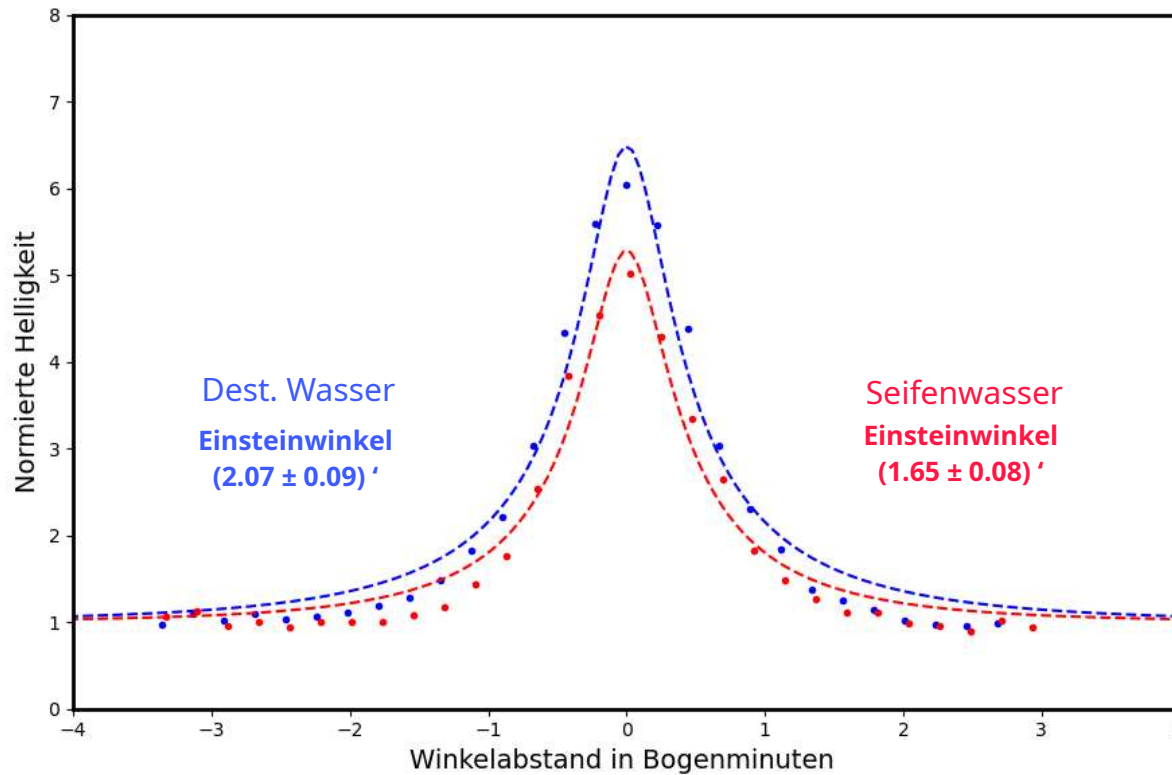
Ergebnisse 1

- 1. Die photometrischen Lichtkurven einer LED bei Durchgang durch eine gekrümmte Wasseroberfläche werden aufgenommen.
- 2. Der Einsteinwinkel der Linse wird sowohl direkt gemessen als auch aus der aufgenommenen Lichtkurve bestimmt.



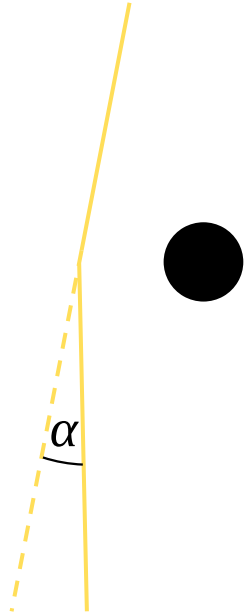
Ergebnisse 2

- Die Lichtkurven von destilliertem Wasser und Seifenwasser sind aufzunehmen und ihre Einsteinwinkel aus der Lichtkurve zu bestimmen.

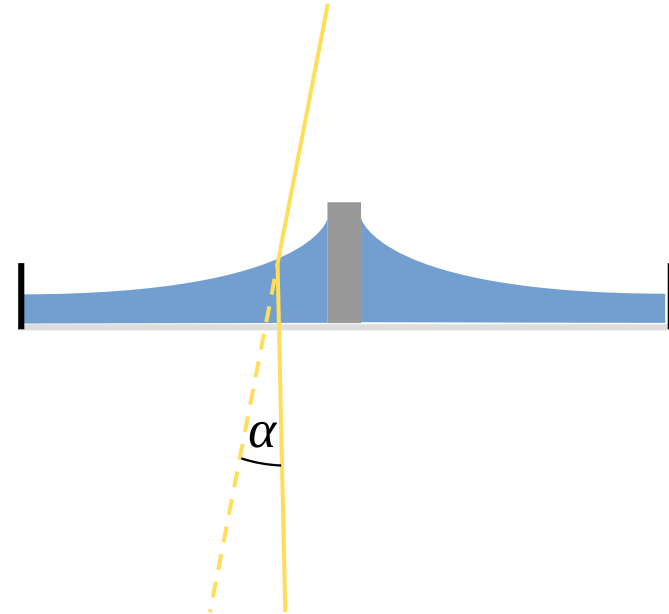


Das Prinzip Wasserlinse

Gravitationslinse



Wasserlinse

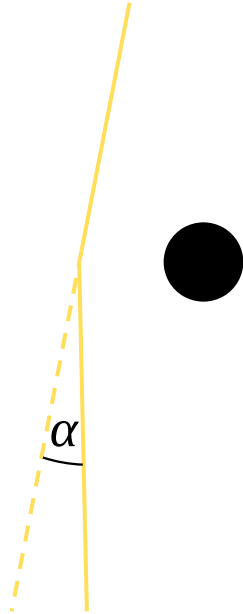


Gemeinsamkeiten

- Ähnliche Strahlengeometrie
- Einsteinring
- Sehr ähnliche Lichtkurven
- Gleiche Methoden in der Auswertung

Das Prinzip Wasserlinse

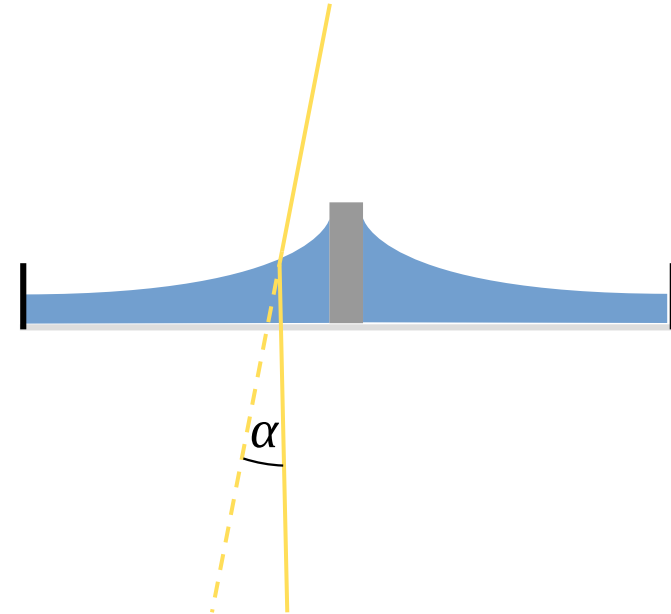
Gravitationslinse



Gravitationslinse

- Lichtablenkung durch Gravitation bzw. Raumzeitkrümmung
- Ursache ist eine Masse, z. B. ein Stern oder eine Galaxie
- Ablenkung hängt von der Masse und Geometrie ab
- Dispersionsfrei
- Tritt hauptsächlich auf astronomischen Maßstäben auf

Wasserlinse



Meniskuslinse

- Lichtablenkung durch Brechung
- Ursache ist eine gekrümmte Flüssigkeitsoberfläche
- Ablenkung hängt von Krümmung und Brechungsindex ab
- Dispersion spielt eine Rolle
- Kann im Labor untersucht werden

Design-Based Research (DBR)

Bedingungen

Formelle Rahmenbedingungen im GP 2

- 3. Semester Physik Bachelor
- 360 min Praktikumszeit
- Max. Versuchsgröße < 10 Meter

Lernvoraussetzungen

- Fachwissen und exp. Fähigkeiten im GP1
- der Grundvorlesung und GP1
- Kaum Arbeit mit Modellen.

Ziele

Physikalisches Verständnis

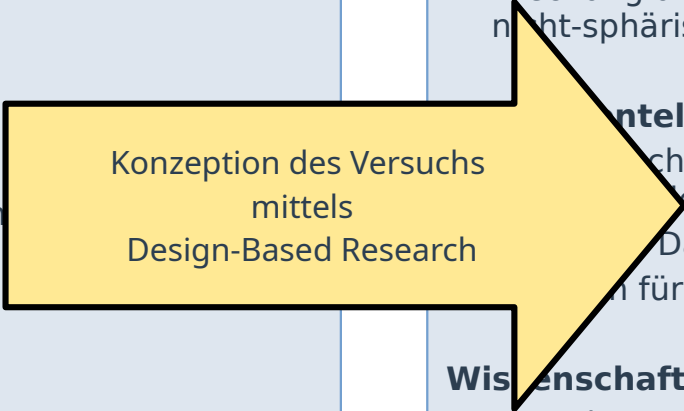
- Brechung und Strahlengang an nicht-sphärischen Flächen (Meniskus)

Intelle Kompetenzen

- Welche Modelle mit experimentellen Daten vergleichen
- Datenreduktion und -auswertung
- für den Modellvergleich entwickeln

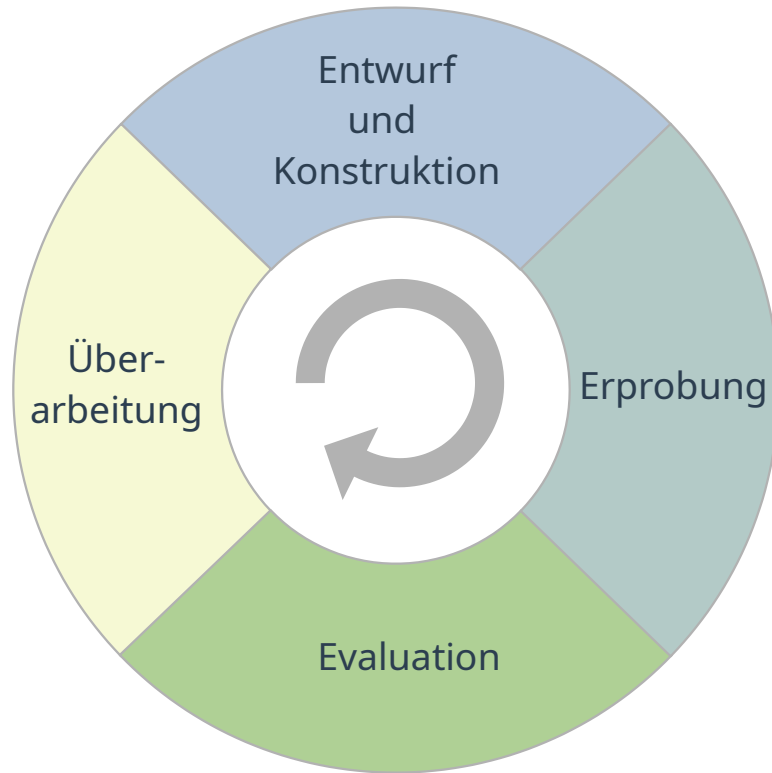
Wissenschaftliches Denken

- Hypothesen formulieren
- Zwischen Modell und Realobjekt unterscheiden
- Bekanntes Wissen (Strahlenoptik) auf ein unbekanntes Thema (ART) übertragen



Konzeption des Versuchs
mittels
Design-Based Research

Design-Based Research (DBR)



DBR-Zyklen
(siehe Obczovsky et al. 2023)

Schritt 1: Entwurf

- Theoretische Überlegungen + Literatur
- Erster Versuchsaufbau



Schritt 2: Erprobung

- Studierende bearbeiten den Versuch
- Beobachtung, Interviews, Protokollanalyse

Schritt 3: Evaluation

- Welche Schwierigkeiten treten auf?
- Wo fehlen Informationen?
- Welche Aufgaben/Hilfen führen tatsächlich zu den erwünschten Zielen?

Schritt 4: Überarbeitung und erneute Erprobung

- Versuchsanleitung, Aufgaben, Messaufbau und Unterstützung verändern
prüfen, ob die Änderungen die gewünschten Effekte haben

Zusammenfassung

- Die Nutzung des Linsenversuchs eignet sich, um astrophysikalische Erkenntnisgewinnung im Praktikum einfach, kostengünstig und praxisnah abzubilden und durchzuführen.
- Studierende lernen wissenschaftliches Arbeiten in einem ungewöhnlichen Kontext und entwickeln ein kritisches Verständnis für die Aussagekraft und Grenzen von Modellen.
- Zukünftige Iterationen im Rahmen des DBR-Konzepts werden den Versuch weiter optimieren.

Ausblick

- Wie lassen sich weitere Modell-Versuche zur Gravitationslinsen bzw. zur ART entwickeln?
- Welche Einsatzmöglichkeiten gibt es im Studium, in der Schule, in der Öffentlichkeitsarbeit?
- Wo liegen die Grenzen dieser Analogien?



Vielen Dank!