# Erkenntniswege der Physik

# Kompetenzentwicklung und Erkenntnisgewinnung in der Sekundarstufe I

Hans-Otto Carmesin, 12.5.2026

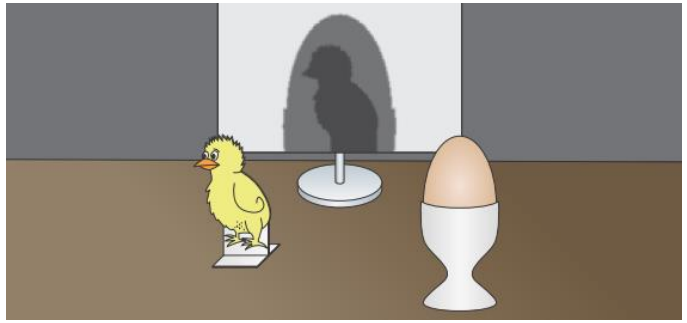
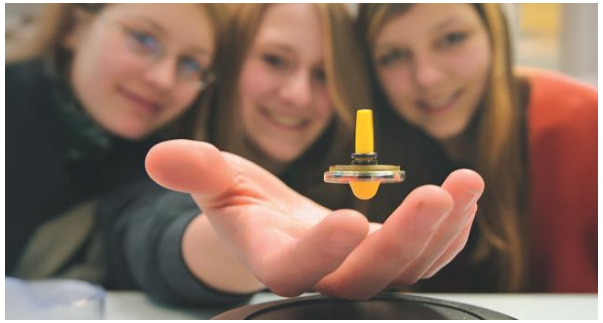
Gymnasium Athenaeum, Studienseminar Stade, Universität Bremen, Universum Physik

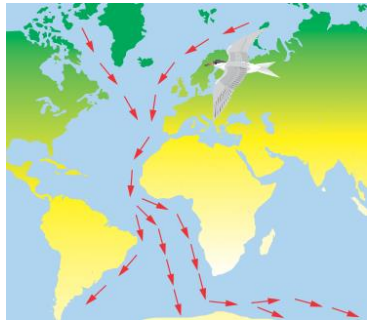
Webinar 2026

Cornelsen

# 1. Einleitung

## Wozu und wie gewinnen wir physikalische Erkenntnisse reflektiert und bewusst?

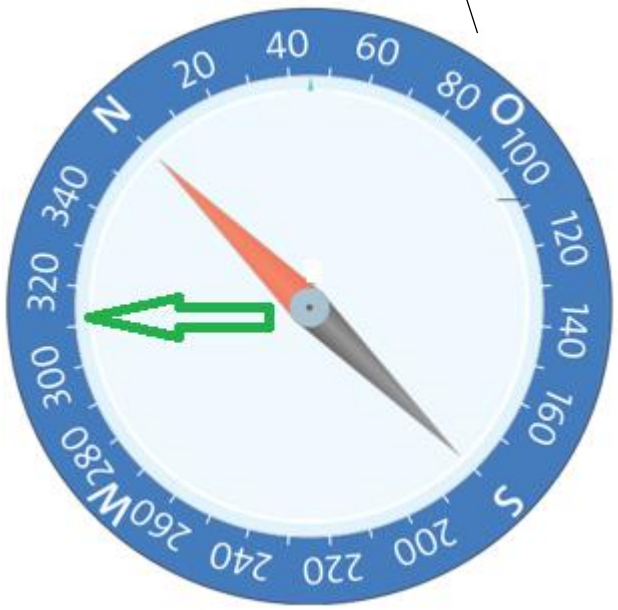


- Wir Menschen erkunden die Natur. Erst mit Spielzeug, später mit Versuchen oder Expeditionen. Stets gewinnen wir physikalische Regeln und Kompetenzen mit Wegen physikalischer Erkenntnisgewinnung.
  - Auf dieser angeborenen **Kompetenz zur Erkundung** bauen wir auf und professionalisieren diese.
  - Dazu verwenden wir lernwirksame und erprobte Unterrichtskonzepte [1].
  - Dabei nutzen wir die prozessbezogenen Kompetenzen zu Erkenntniswegen des Kerncurriculums Physik [2].
  - Auch nutzen wir die drei grundlegenden Methoden der Erkenntnisgewinnung aus Didaktik und Erkenntnistheorie [3-5]: induktive Methode, hypothetisch deduktive Methode sowie Paradigmenwechsel.
  - Wir verdeutlichen Erkenntnisgewinnung als Schlüsselkompetenz, besonders in Zeiten rapider Veränderungen.
  - Wir zeigen, wie Erkenntnisgewinnungskompetenz aus kognitiv anregenden Lernprozessen erwächst.

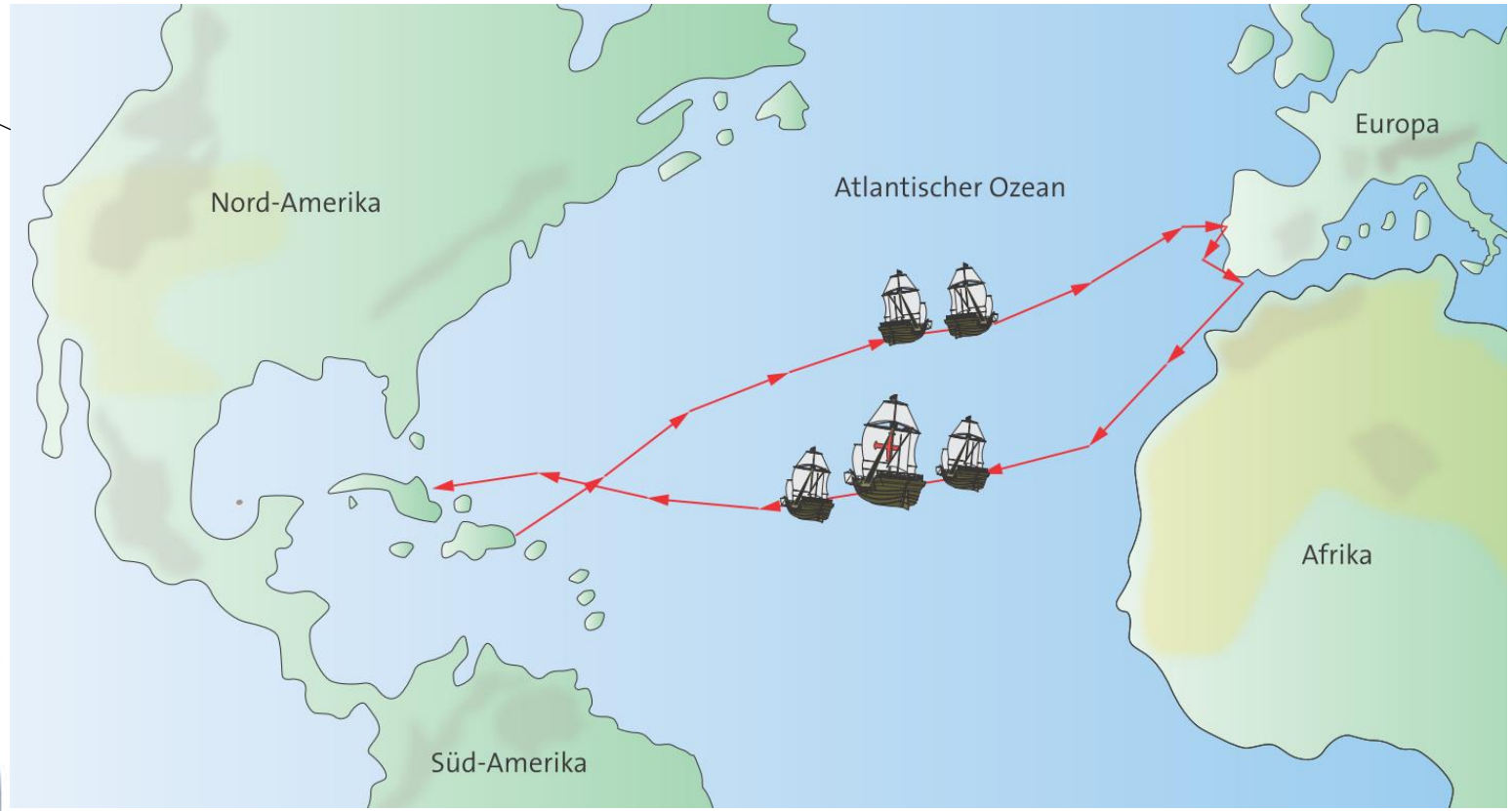

[1] Hattie, J. (2009): Visible Learning. Taylor and Francis Ltd, London.
[2] Bresser, K. u. a. (2022): KC Physik Niedersachsen S2. Unidruck Hannover.
[3] Kircher, E. u. a. (2002): Physikdidaktik. Berlin: Springer.
[4] Niiniluoto, I. u. a. (2004): Handbook of Epistemology. Dordrecht: Springer.
[5] Carmesin, H.-O. u. a. (2026): Universum Physik Niedersachsen 5/6. Berlin: Cornelsen.

# 2. Entdeckungsreise als Weg zu physikalischer Erkenntnis

- **Kontext [1]**: 1492 brach Kolumbus mit drei Schiffen auf, um einen Seeweg nach Indien zu finden.
  - **Hypothese [1] und Messgerät**: Ein Kompass sollte den Weg weisen, indem die Kompassnadel nach Norden zeigt.
  - **Vernetzt mit Vorwissen,** sehr lernwirksam [1]

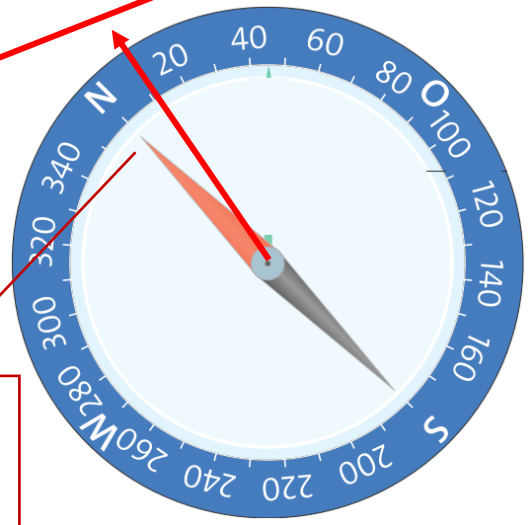


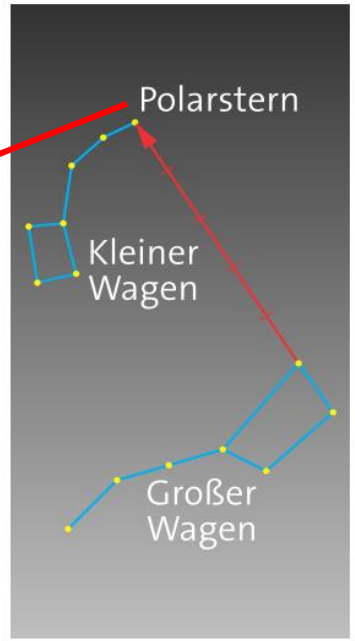

**2** Wenn du einen Stabmagneten an einen Faden hängst, dann weist er in Nord-Süd-Richtung.



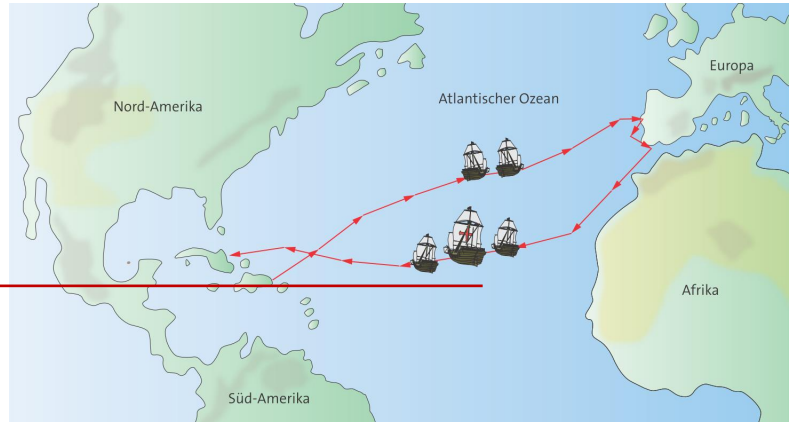
# 2. Entdeckungsreise als Weg zu physikalischer Erkenntnis

- **Kontext [1]**: 1492 brach Kolumbus mit drei Schiffen auf, um einen Seeweg nach Indien zu finden.
  - **Hypothese [1] und Messgerät**: Ein Kompass sollte den Weg weisen, indem die Kompassnadel nach Norden zeigt.
  - Folgerung/Deduktion: Die Kompassnadel zeigt nach Norden.
- **Überprüfungsversuch [1]**: Der Polarstern liegt in **nördliche** Richtung.
  - **Beobachtung**: Mitten auf dem Atlantik zeigte die Kompassnadel nach Nordwesten.
- **Hypothese ist widerlegt/falsifiziert**
- **hypothetisch deduktive Methode der Erkenntnisgewinnung [2]**.
- **Beurteilter Gültigkeitsbereich [2]**: Die Kompassnadel weist nur ungefähr nach Norden.
  - Abweichung heißt **Missweisung**.
  - **Messunsicherheit [2]** < 10° und Ort sind wichtig.



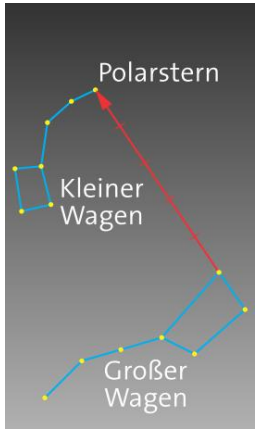

**7** Wenn du die Hinterachse um den Faktor 6 verlängerst, dann gelangst du zum Polarstern.

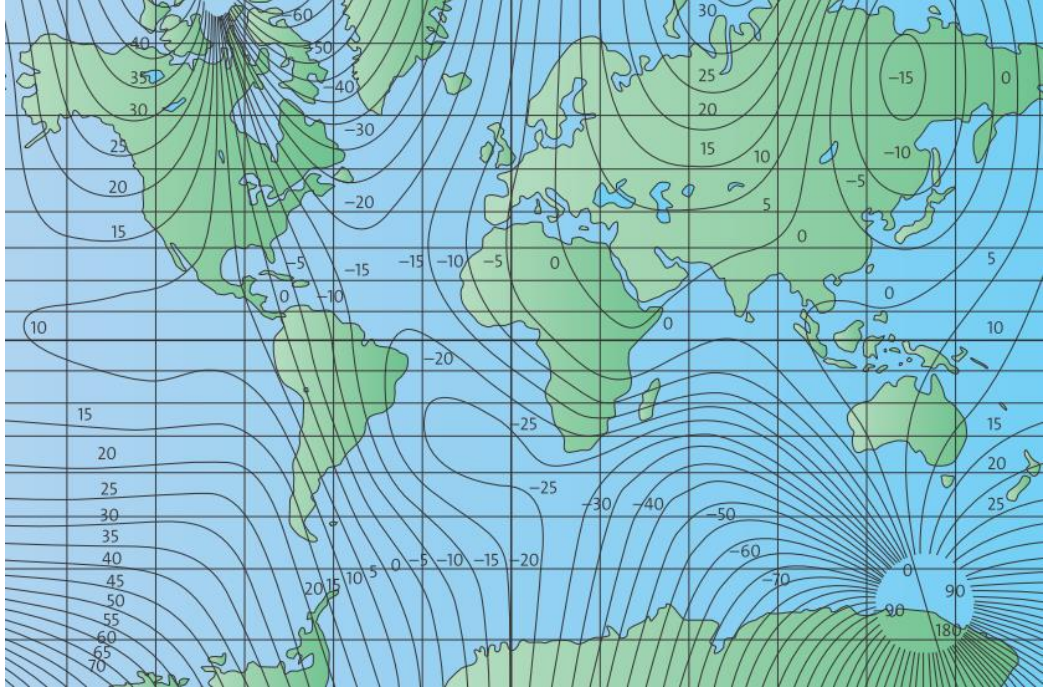


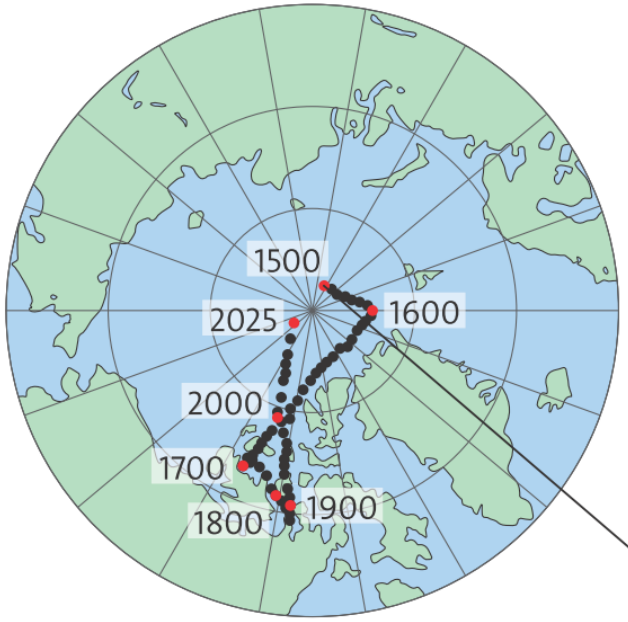

Gleiche Methode der Erkenntnisgewinnung in:
- Didaktik
- Erkenntnistheorie
- Technologie

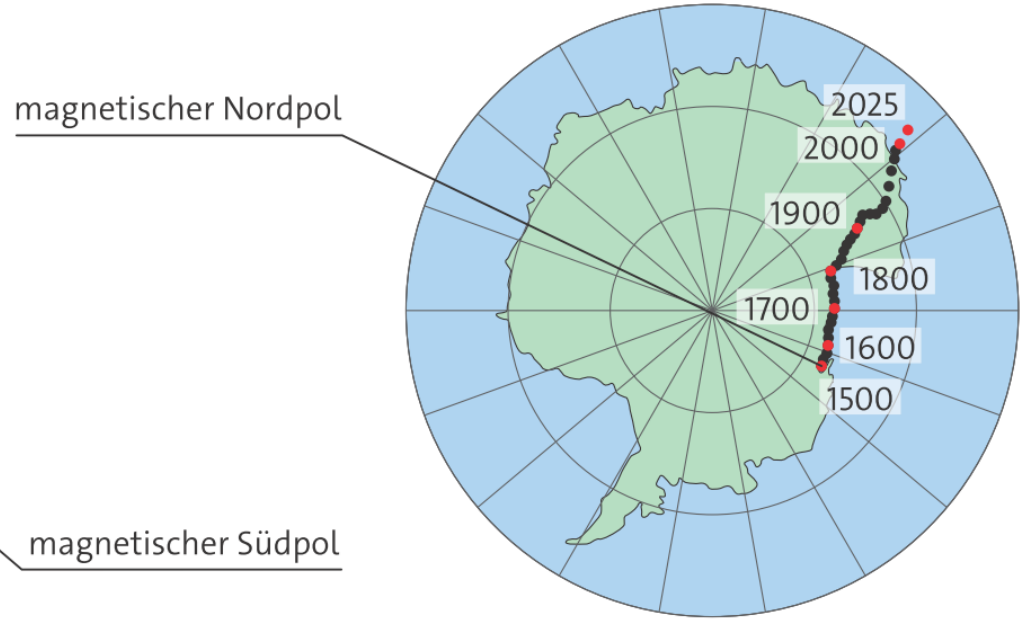
# 2. Entdeckungsreise: Weg zu physikalischer Erkenntnis

- **Hypothese [1] und Messgerät**: Ein Kompass sollte den Weg weisen, indem die Kompassnadel nach Norden zeigt.
- **Überprüfungsversuch [1]**: Der Polarstern liegt in **nördliche** Richtung.
  - Abweichung heißt **Missweisung**.
  - **Informationsgewinnung aus Experimenten [2]** ergibt Karte der Missweisung zur präzisen Navigation
  - **Experiment initiiert Ideen [2]:** Magnetische Pole
  - Wanderung magnetischer Pole
  - **Induktive Methode der Erkenntnisgewinnung** [3-5]: direkte Beobachtung → gedanklich einfach → nach Möglichkeit anwenden



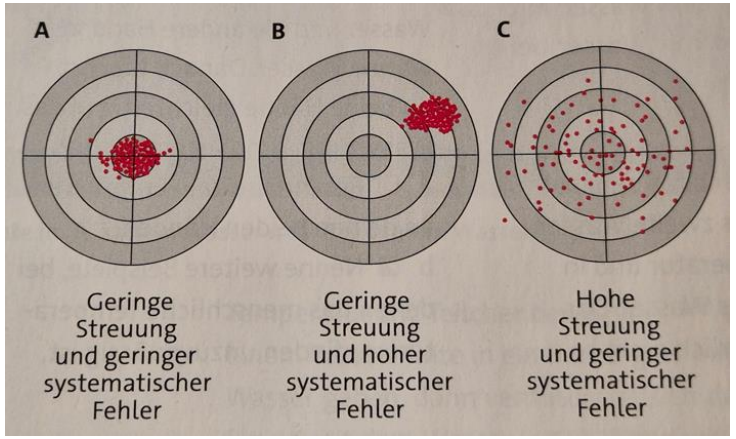



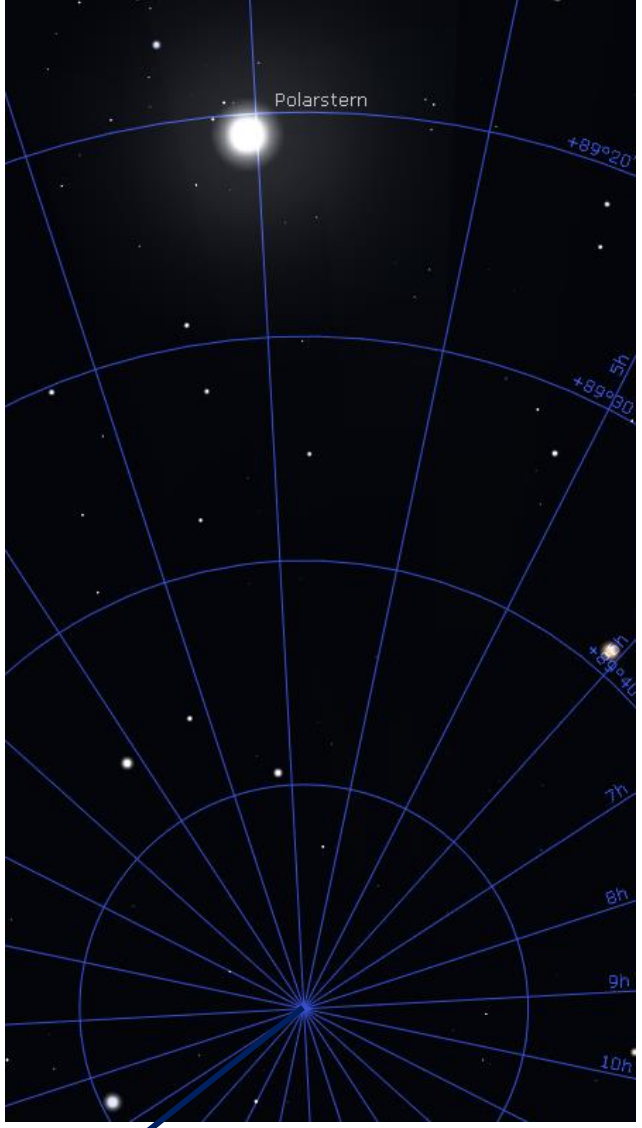


# 2. Entdeckungsreise als Weg zu physikalischer Erkenntnis

- **Allgemeines zur Messunsicherheit [2]**
- Beim **Ablesen** ist mit einer Abweichung von einem halben Skalenteil zu rechnen, beim Kompass 5°.
- **Wiederholte Messung [6]**:
  - Mittlere Abweichung vom wahren Wert heißt **systematischer Fehler**, siehe B.
  - Zufällige Abweichungen nennt man **Streuung**, siehe C.
- **Untersuchung der Missweisung am Fallbeispiel**
- Digitales Planetarium (Stellarium): Der **Polarstern** liegt bei 89°20Bogenminuten, also 40 Bogenminuten oder $\frac{40}{60} = 0{,}67°$ vom Himmelsnordpol entfernt. Der systematische Fehler beträgt 0,67°.
- **Ablesefehler** beim Kompass: 5°.
- **Summe** der Messfehler: 5,67°.
- Missweisung in **Europa**: $0 \pm 5°$ → kaum messbar
- Missweisung mitten im **Atlantik**: $-15°$ oder mehr → deutlich messbar
- **Ergebnis: Messunsicherheit kann klassifiziert, untersucht und berechnet werden.**



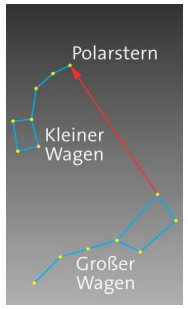




Der Himmelsnordpol ist über dem geografischen Nordpol, auf der Erdachse.

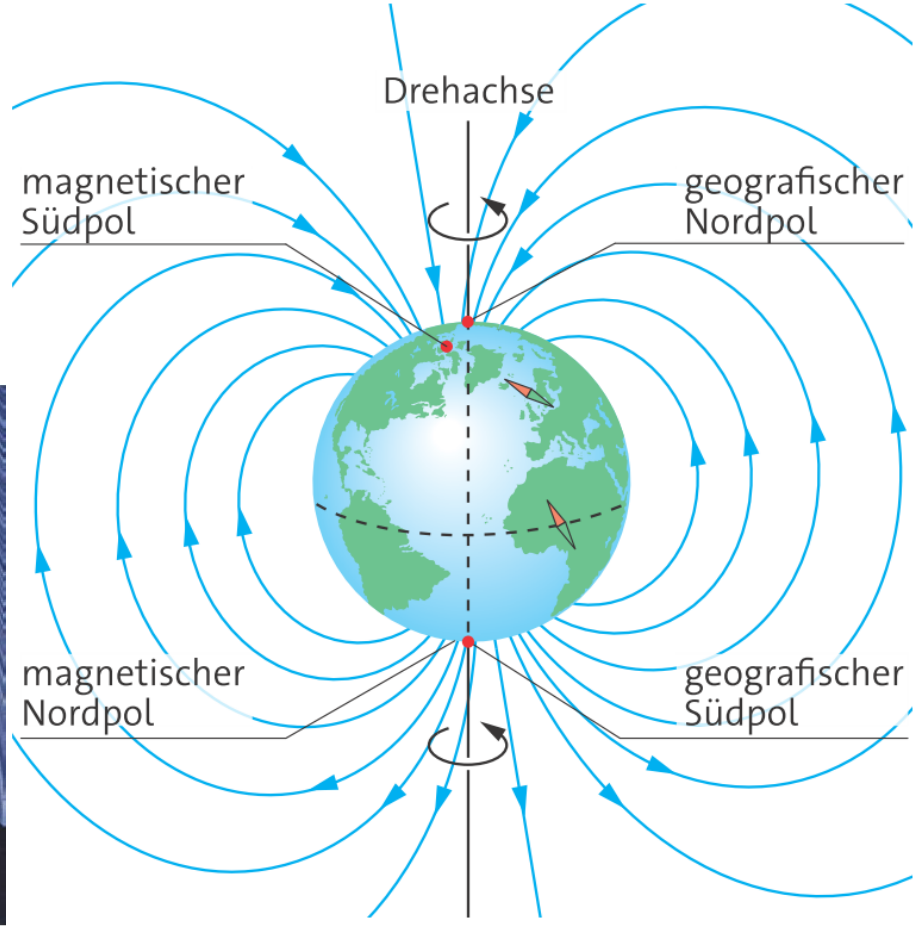
[6] Beck, K. u. a. (2025): Universum Physik Gesamtband Allgemeine Ausgabe. Berlin: Cornelsen.

# 2. Entdeckungsreise als Weg zu physikalischer Erkenntnis

- **Kontext [1]**:
- **Hypothese [1] und Messgerät**: Ein Kompass sollte den Weg weisen, indem die Kompassnadel nach Norden zeigt.
- **Überprüfungsversuch [1]**
  - **Modellvorstellung [1] als Hilfsmittel zur Problemlösung [1,2]**
  - **Hypothese/Modell:** Die Erde dreht sich um ihre **Drehachse**. Senkrecht über dem Nordpol ist der **Himmelsnordpol**.
  - Folgerung (**Deduktion**): **Langzeitfoto** zeigt Kreise um Himmelsnordpol und Polarstern in der Nähe.
  - **Überprüfung**: Langzeitfoto ist im Einklang mit Hypothese/Modell [2].
  - Erkenntnistheorie: **hypothetisch deduktive Methode** der Erkenntnisgewinnung [3-5].
  - Aber …



**4** Langzeitaufnahme des Nachthimmels: Die Sterne erzeugen kreisförmige Spuren und scheinen sich in 24 Stunden einmal um den Polarstern zu drehen.

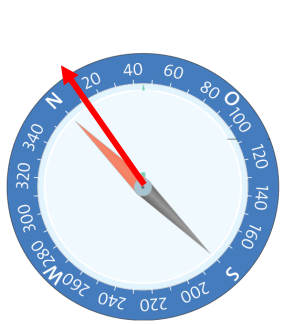



**3** Magnetische Feldlinien der Erde

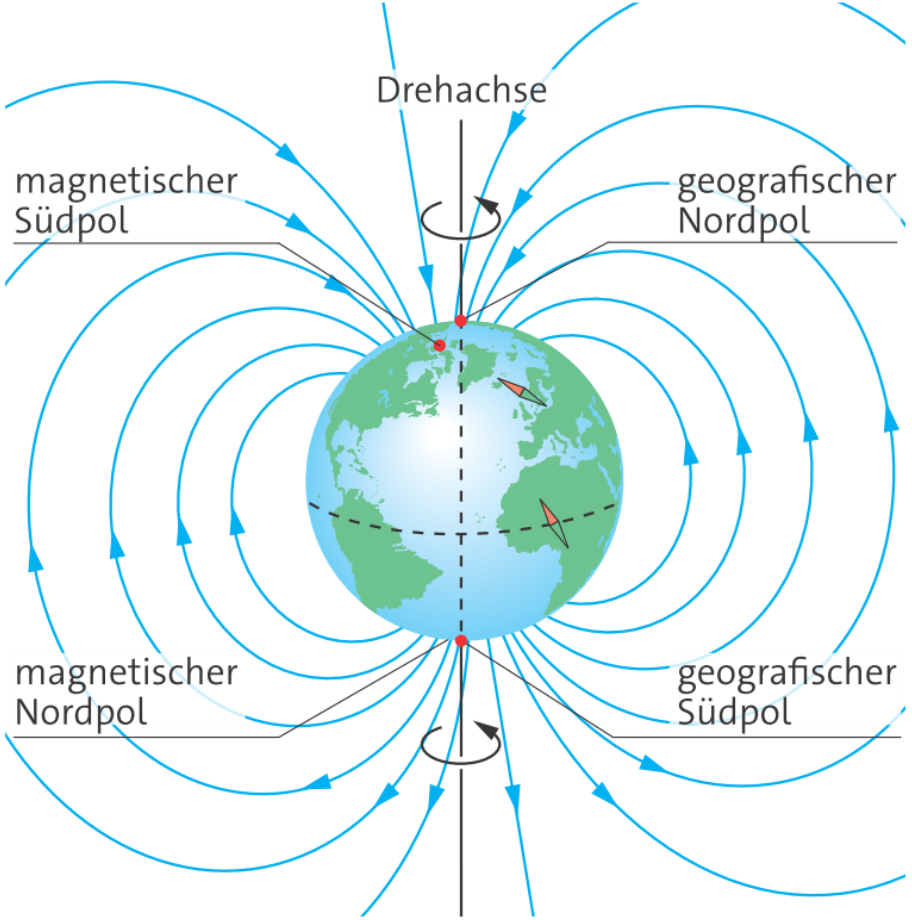
# 2. Entdeckungsreise als Weg zu physikalischer Erkenntnis

- **Hypothese/Modell:** Die Erde dreht sich um ihre Drehachse. Senkrecht über dem Nordpol ist der Himmelsnordpol.
- **Überprüfung**: Langzeitfoto passt dazu.
- Aber das Langzeitfoto lässt sich auch so deuten: Die Sterne drehen sich um die Erdachse, während die Erde ruht.
- Das Beispiel zeigt: **Experimente können eine Hypothese nie beweisen [2].**
- Ausblick: Die Hypothese einer ruhenden Erde **widerlegen [2]** wir gleich.

- **Fazit** zu Kolumbus‘ Entdeckung der Missweisung
  - Lernende gewinnen viele Erkenntnisse zu Magnetismus, Mechanik, Weltall
  - Daher können Schüler*innen sogar alle Wege der Erkenntnisgewinnung des KC [2] durchspielen, bis auf quanten-physikalische Besonderheiten, werden später behandelt.
  - Die hypothetisch deduktive Methode regt die bedeutende überfachliche Kompetenz zum Faktencheck an.



**4** Langzeitaufnahme des Nachthimmels: Die Sterne erzeugen kreisförmige Spuren und scheinen sich in 24 Stunden einmal um den Polarstern zu drehen.

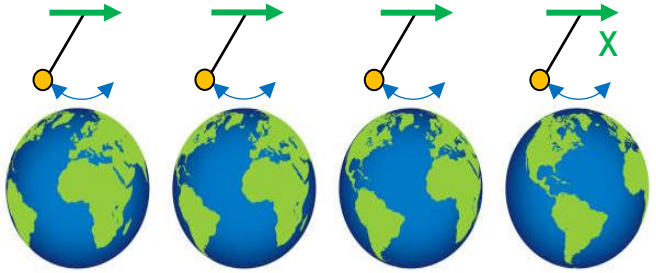



**3** Magnetische Feldlinien der Erde

Der portugiesische Navigator Joao de Castro ermittelte zwischen 1538 und 1541 auf seinen Reisen nach Ostindien ca. 40 Missweisungswerte und hielt sie in Logbüchern fest, die teils erhalten sind.

# 3. Mechanik im Weltraum

- **Weltbild-Frage** (≠ Frage des Weltbildes)**: Ist die Erde in Ruhe?**
- Hypothese [2]: Die Erde rotiere nicht.
- Folgerung: Ein Pendel auf dem Nordpol hat eine Pendelebene.
  - Diese ist in Ruhe (Galileos Trägheitsprinzip [6]).
  - Denn es gibt keine Kraft (gemäß Newtons Mechanik [6]), die eine Rotation der Pendelebene erzeugt.
  - Daher ist die Pendelebene relativ zur Erde in Ruhe.
- Überprüfungsversuch: Die Pendelebene dreht sich relativ zur Erde [9].
- **Ergebnis**: die Hypothese ist widerlegt. Die Erde rotiert im Raum.
- **Selbstkompetenzerfahrung** durch **Erkenntnisweg** zum Nachweis der Erdrotation relativ zum Raum.
- Das ist eine wesentliche Basis zum **Paradigmenwechsel** von der unbewegten Erde im geozentrischen Weltbild zur bewegten Erde im heliozentrischen und im modernen Weltbild.

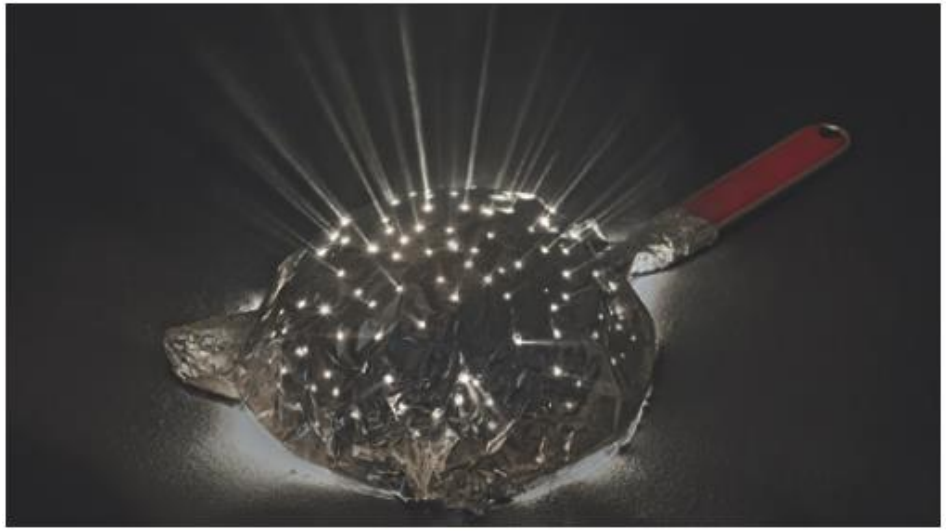


**Bemerkenswert**: Viele Fragen über Bewegung relativ zum Raum sind ungelöst, aber die Drehung der Erde relativ zum Raum ist eindeutig gezeigt.
Das leistet der Erkenntnisweg der hypothetisch deduktiven Methode sehr gut.

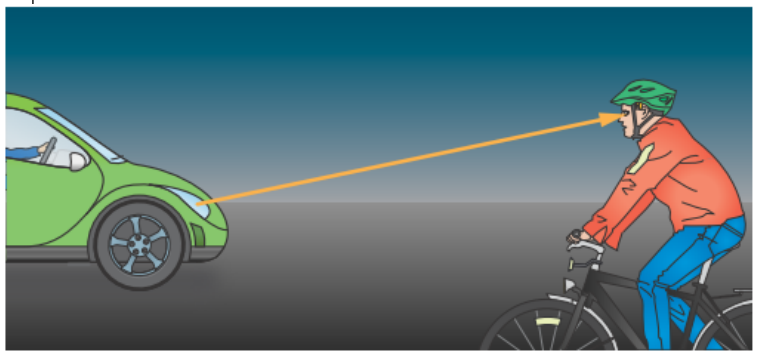
[9] Foucault, Leon (1851): Physical demonstration of the Earth's rotational movement by means of the pendulum. Comptes rendus de l'Academie des Sciences, 32, p. 135-138.

# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

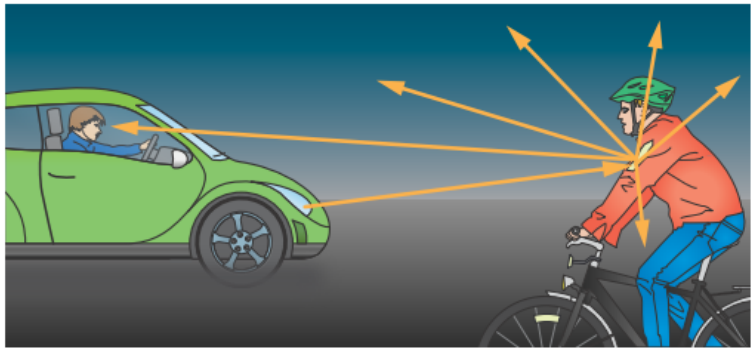
- **Wann kann man etwas sehen?**
  - In allen Versuchen gilt: Du kannst etwas sehen, wenn Licht in dein Auge gelangt.
  - Wenn eine physikalische Regel für alle bekannten Versuche gilt, dann ist sie nach der induktiven Methode der Erkenntnisgewinnung [3-5] eine allgemeine physikalische Regel.
- **Die zwei möglichen Fälle**
  - Körper, die selbst Licht aussenden, nennt man selbstleuchtend.
  - Körper, die im Licht einer Lichtquelle sichtbar werden, heißen beleuchtete Körper.
- **In allen gezeigten Versuchen gilt:**
  - Licht breitet sich geradlinig in alle Raumrichtungen aus.



6 Lichtbündel breiten sich geradlinig aus.



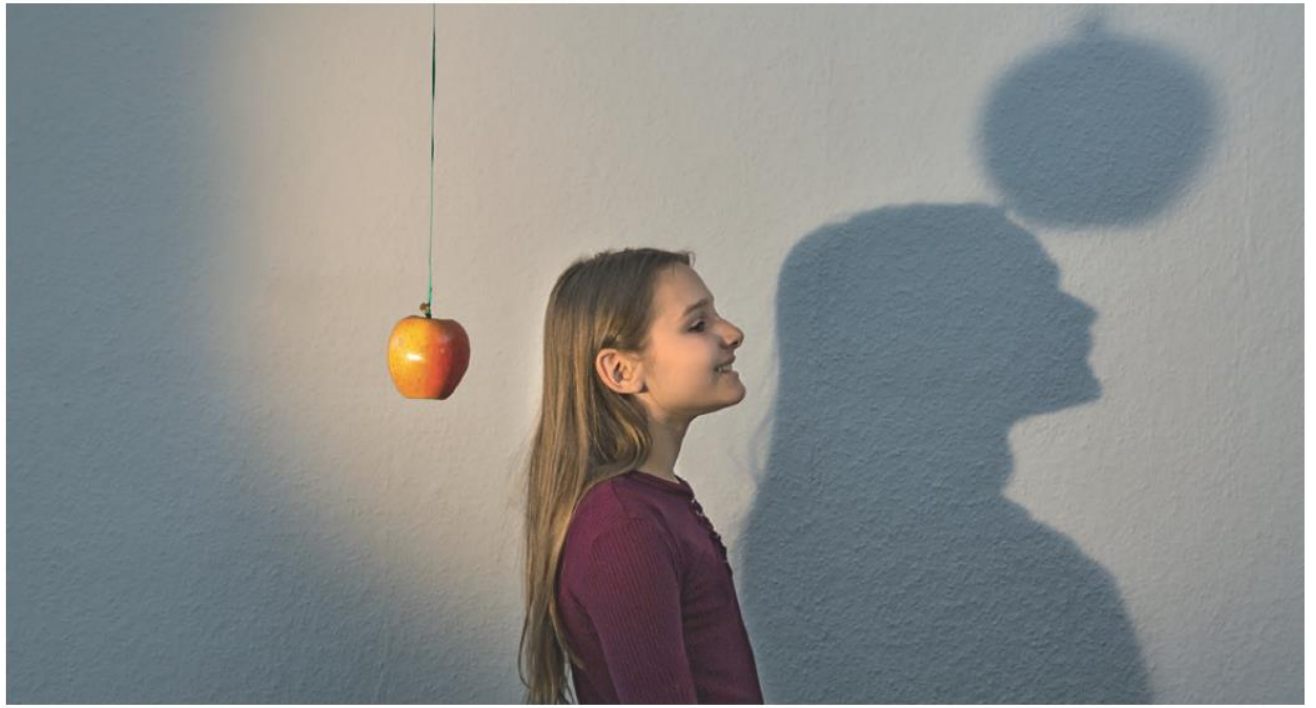
2 Licht gelangt direkt von der Lichtquelle (hier dem Scheinwerfer) in das Auge des Radfahrers.



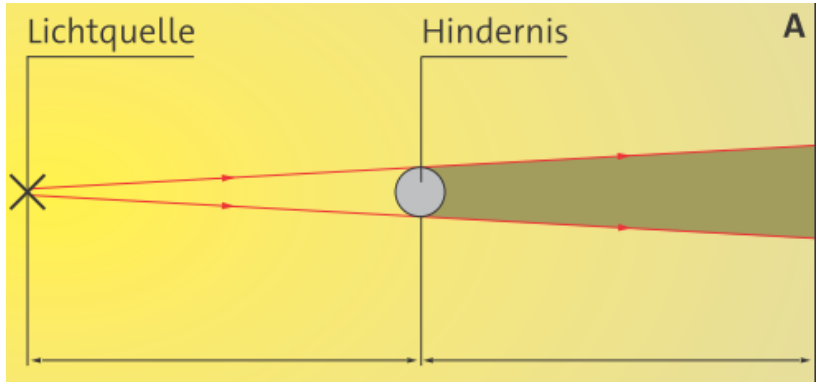
3 Licht trifft auf den Radfahrer, ein Teil des Lichts wird gestreut und gelangt ins Auge des Autofahrers.

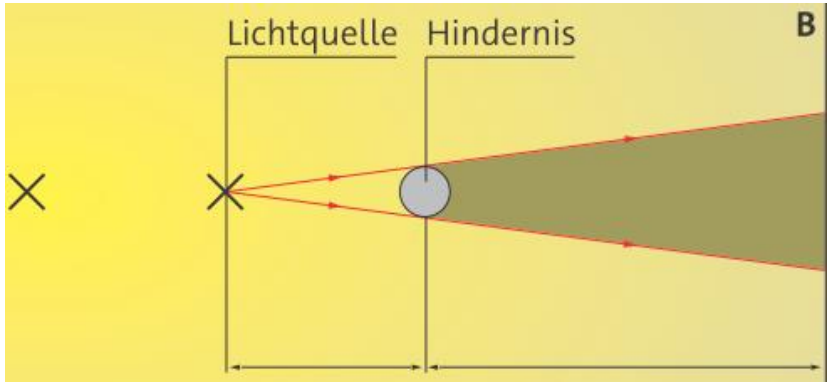
# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

- **Forschungsfrage**: Warum ist der Schatten des Apfels so groß? → Provozierendes Foto
  - Ein Hindernis begrenzt den Gültigkeitsbereich geradliniger Lichtausbreitung.
- **Modellversuche** zeigen:
  - Je näher die Lichtquelle dem lichtundurchlässigen Körper kommt, desto größer ist das Schattenbild.
  - Je näher die Wand dem lichtundurchlässigen Körper kommt, desto kleiner ist das Schattenbild.
- Zu den Modellversuchen kannst du durch **Konstruieren Vorhersagen/Hypothesen** erzielen.
- **Selbstkompetenzerlebnis und -erfahrung** als Forscher.
- **Konsequente Erweiterung**: zwei Lampen



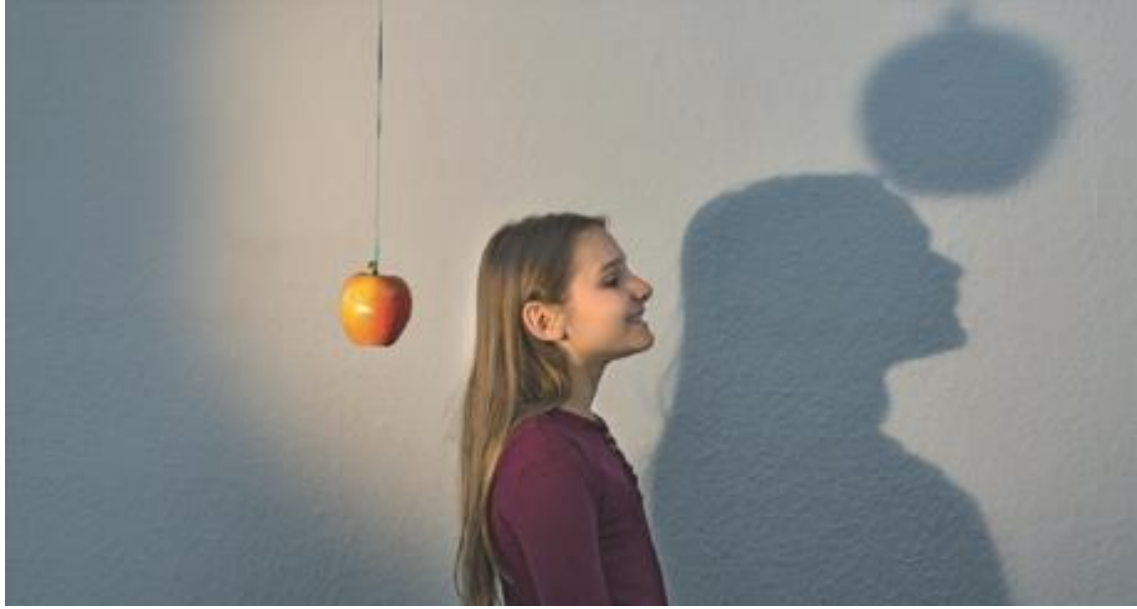
*An der Wand sieht es so aus, als würde Anna einen Ball köpfen. Tatsächlich ist es gar kein Ball, sondern ein Apfel. Wie kann es sein, dass der Schatten des Apfels so viel größer ist als der Apfel selbst?*



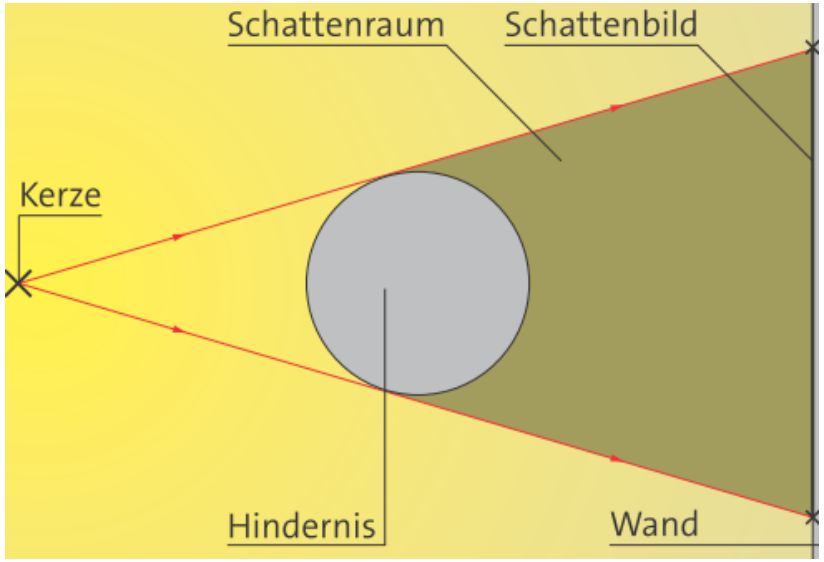



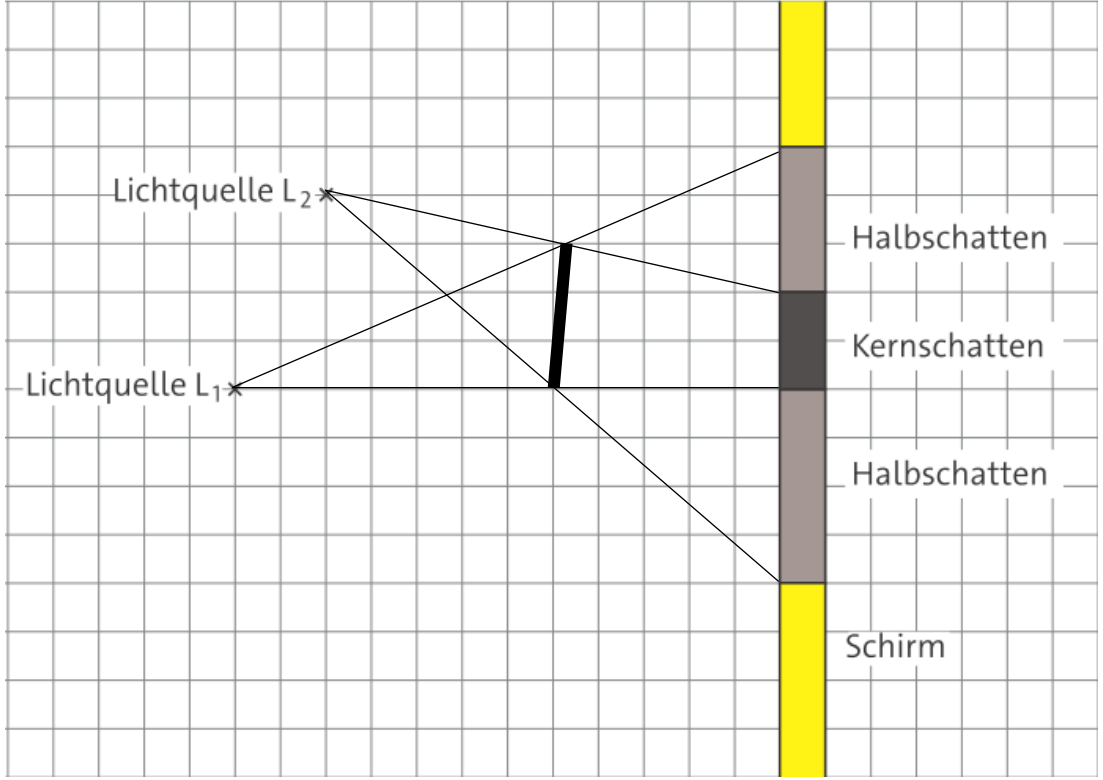
# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

- **Forschungsfrage**: Warum ist der Schatten des Apfels so groß? → Provozierendes Foto
- **Ein Foto zur Auflösung**
  - Projektor links vorne:
  - Denn: Je näher die Lichtquelle dem lichtundurchlässigen Körper kommt, desto größer ist das Schattenbild.
  - Kamera rechts hinten, eventuell mit Teleobjektiv
  - Denn so ist der Apfel klein und der Projektor nicht im Bild.



# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik



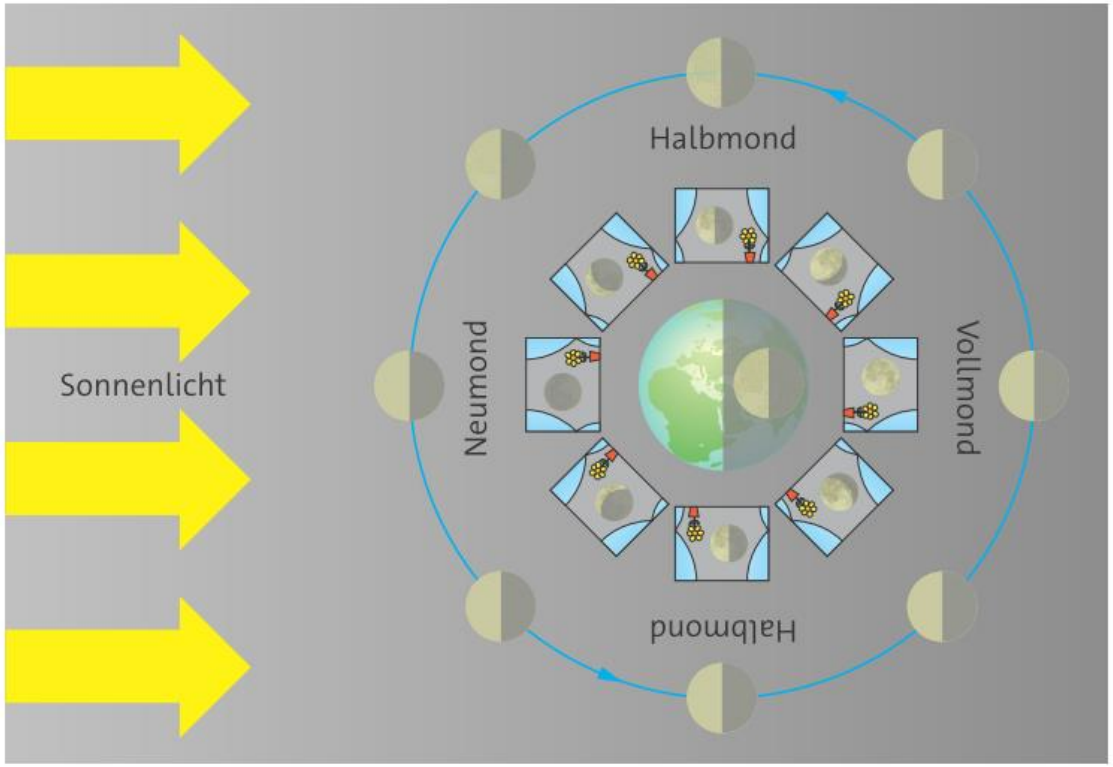

- **Forschungsfrage**: Warum ist der Schatten so groß?
  - Ein Hindernis begrenzt den Gültigkeitsbereich geradliniger Lichtausbreitung.
- **Konsequente Erweiterung**: zwei Lampen
  - Mehrere Lichtquellen erzeugen Kern- und Halbschatten.
  - Der Kernschatten ist der Bereich, der von keiner Lichtquelle direkt erreicht wird.
- **Selbstkompetenzerfahrung durch Vorhersehen einer konsequenten Erweiterung der Physik.**

1 Kernschatten und Halbschatten

2 Schatten bei einer ausgedehnten Lichtquelle

# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

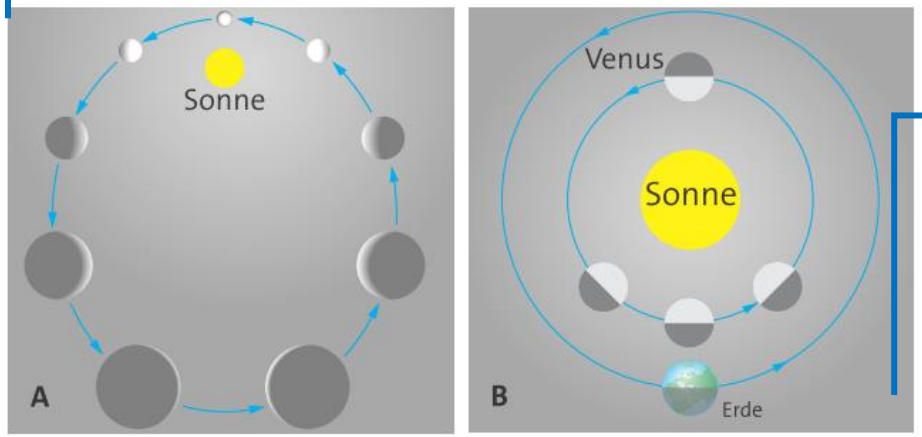
- **Astrophysik-Frage**: Wie entstehen die Mondphasen Vollmond, Halbmond, Sichelmond und Neumond?
  - Modellversuch/Foto zur **Initiierung von Ideen [2]**
  - Bei einem von der Sonne angeleuchteten Ballon oder Ball sieht die beleuchtete Seite wie eine Halbkugel aus. Beim Mond sieht es ähnlich aus.
  - Idee/Hypothese [2]: Die Mondphasen entstehen durch die Perspektiven des von der Sonne beleuchteten Mondes.
  - Überprüfungsversuche:
  - Fotos der Mondphasen: passt
  - Beobachtungen, Skizzen, evtl. auch Modellversuch: passt
  - Foto vom Vollmond im Abendrot: passt
- **Ergebnis** mit hypothetisch deduktiver Methode [3-5]: Die Versuche stimmen mit der Idee/Hypothese überein.
- **Selbstkompetenzerfahrung** der Anwendbarkeit entdeckter physikalischer Erkenntnisse im Weltall



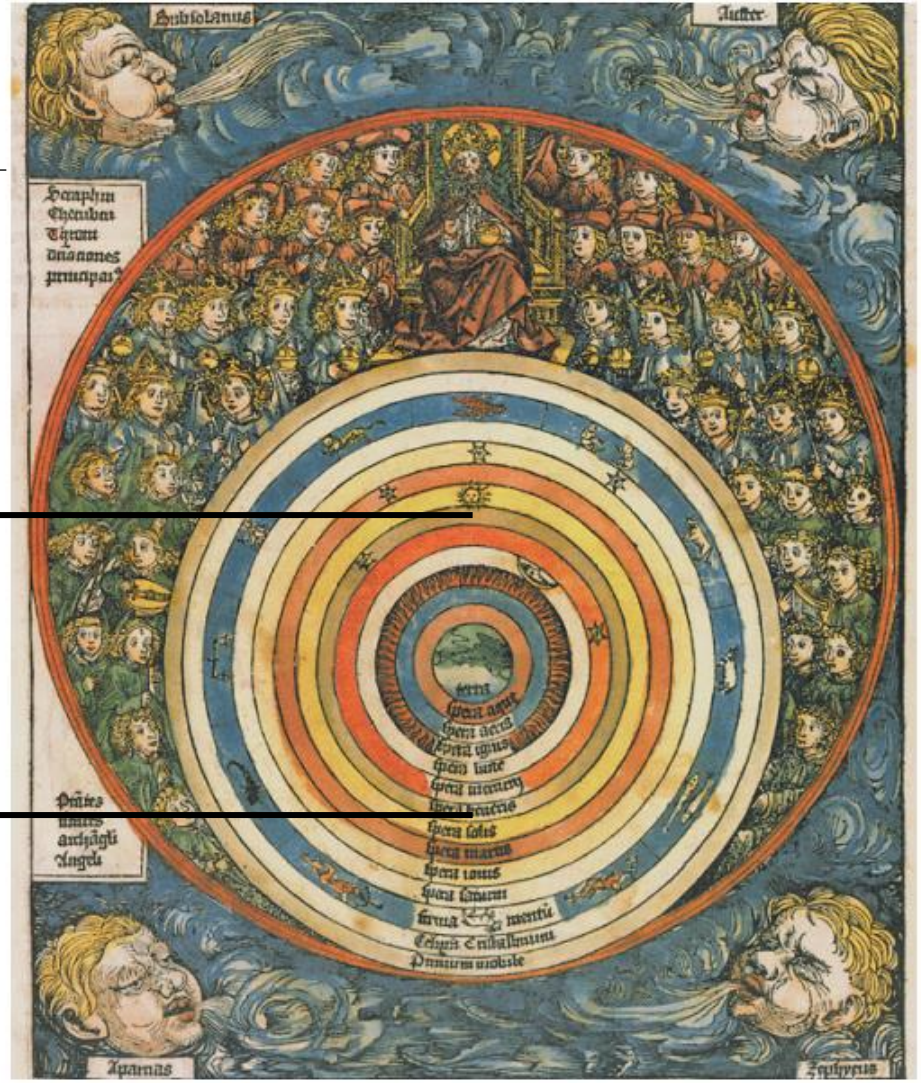

5 Während der Mond sich in einem Monat um die Erde dreht, beobachten wir ihn durch das Fenster.

# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

- **Forschungsfrage**: Wie widerlegt man das geozentrische Weltbild?
  - Hypothese [2]: Das geozentrische Weltbild gelte.
  - Folgerung/Deduktion:
  - Ist die Venus in Konjunktion bezüglich der Sonne, so wäre die Phase die Neuvenus (dunkel)
  - Ist die Venus in Opposition bezüglich der Sonne, so wäre die Phase die Vollvenus (hell)
  - Überprüfungsversuch:
  - Fotos/Skizze der Venusphasen: passt nicht
- **Ergebnis** mit hypothetisch deduktiver Methode [3-5]**: Das geozentrische Weltbild ist widerlegt.** Das heliozentrische Bild des Planetensystems passt. + Erkenntnisweg **Paradigmenwechsel** [3-5].
- **Selbstkompetenzerfahrung** durch Fähigkeit zum Paradigmenwechsel




2 A Venusphasen von der Erde aus gesehen B Venus und Erde kreisen um die Sonne.

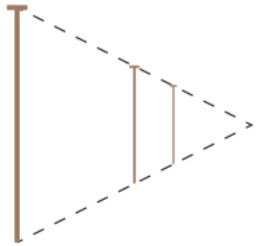


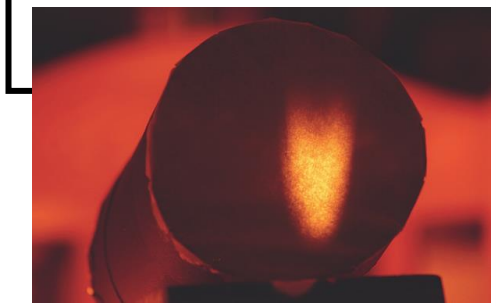
1 Das geozentrische Weltbild: Die Erde im Zentrum mit Wasser, Luft und Feuer. Es folgen Mond (weiß), die Planeten Merkur (orange), Venus (ocker), die Sonne, Mars (braun), Jupiter, Saturn und die Sterne.

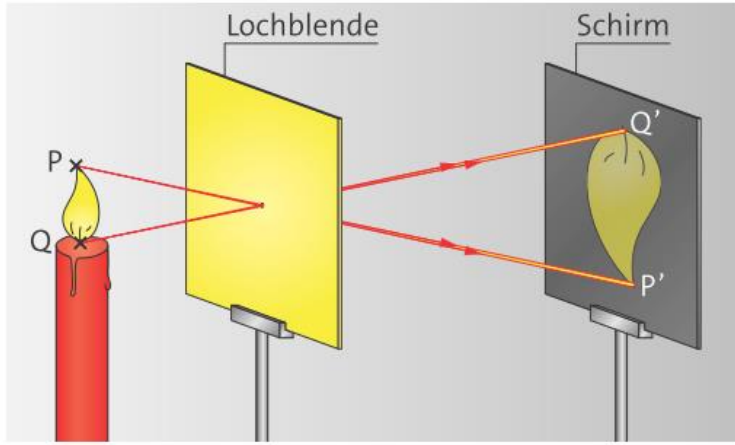
# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

- **Biophysik-Frage**: Wie funktioniert das Auge?
- Versuch zum Initiieren von Idee/Hypothese [2]:
  - Modellversuch: Loch (Pupille) macht Bild auf Schirm (Netzhaut)
  - Skizze dazu: passt
  - Bau und Test einer Lochkamera dazu: funktioniert
  - 3D: Fluchtpunkt: in Kunst, Fotos, Lochkameras, beim Sehen
- **Ergebnis**: Lochkamera ähnelt Auge in Aufbau und Funktion
- Lochkamera ist Modellvorstellung [2,5] für das Auge, aber ohne Linse

1 Fluchtpunkt in der Kunst



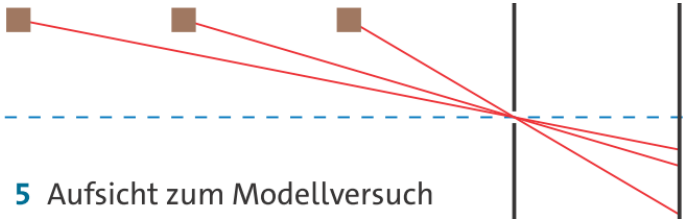





3 Wir wählen zwei Gegenstandspunkte aus.

3 Foto mit erkennbarem Fluchtpunkt am Horizont

6 Das rechte Geländer ist im Modellversuch durch eine Lochblende auf den transparenten Schirm abgebildet und von hinten beobachtet.



5 Aufsicht zum Modellversuch

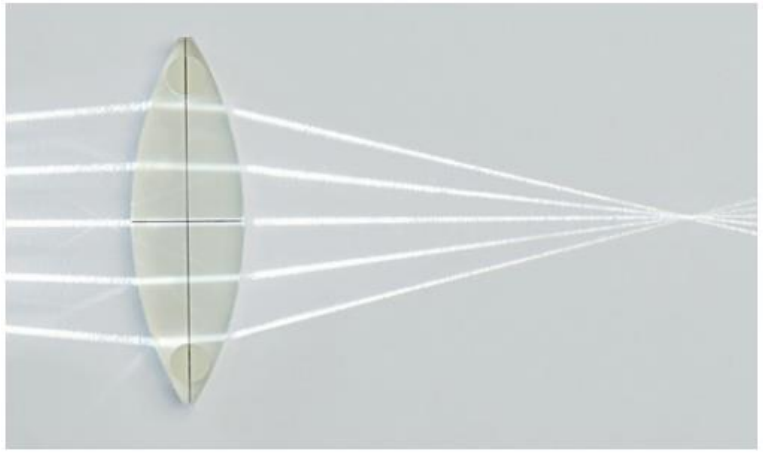
Der **Fluchtpunkt** ist fotografier- & beobachtbar, aber im Raum **nicht real**. Selbstkompetenzerlebnis der Unterscheidung von Realität und Konstrukt sowie des Perspektivwechsels.

# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

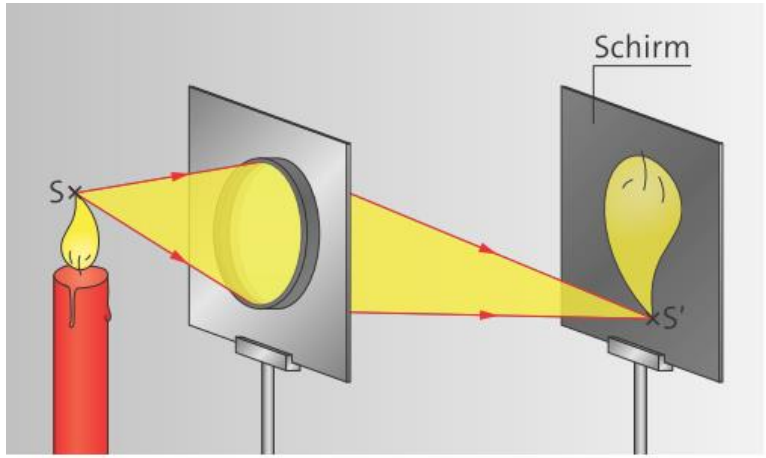
- **Biophysik-Frage**: Wie funktioniert das Auge?
- **Ergebnis**: Lochkamera ähnelt Auge in Aufbau und Funktion
- Lochkamera ist **Modellvorstellung [2]** für das Auge, aber ohne Linse
- Was macht die Linse beim Auge?
  - Die Linse kann viel Licht im **Brennpunkt** sammeln.
  - Brennpunkte dienen als **Bildpunkte**.
  - So kann die Linse ein **helles scharfes Bild** erzeugen.
  - Der Mittelpunktstrahl **entspricht** den Strahlen bei der Lochkamera.
- **Ergebnis**: Die Lochkamera kann zur Linsenkamera erweitert werden.
- **Selbstkompetenzerfahrung** durch Erklären des eigenen Körpers, der eigenen Wahrnehmung und durch **gegliederten Erkenntnisweg** mit schrittweisem Weiterentwickeln von Vorwissen [1].

2 Kein scharfes Bild erkennbar

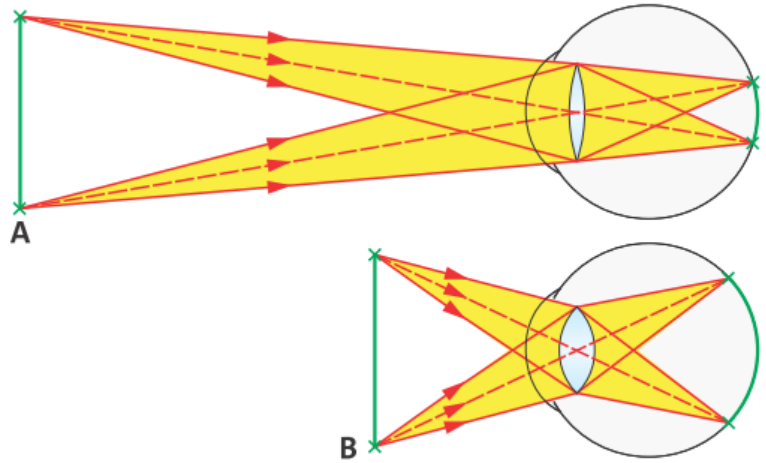
3 Scharfes Bild auf dem Schirm



5 Licht wird an der Linse zweimal gebrochen.



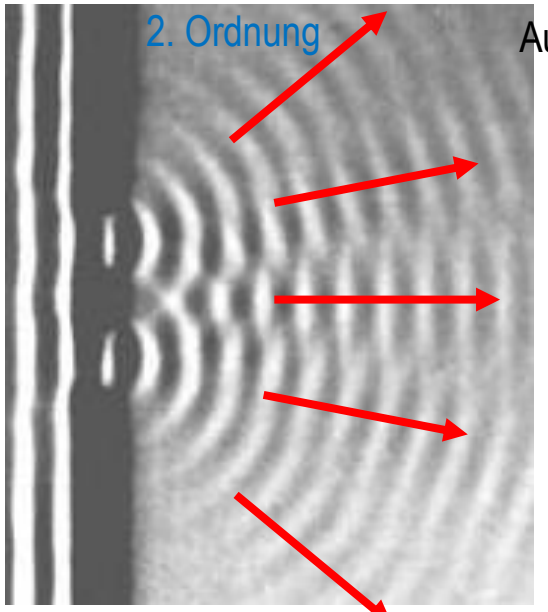

4 Ein Bild aus Punkten

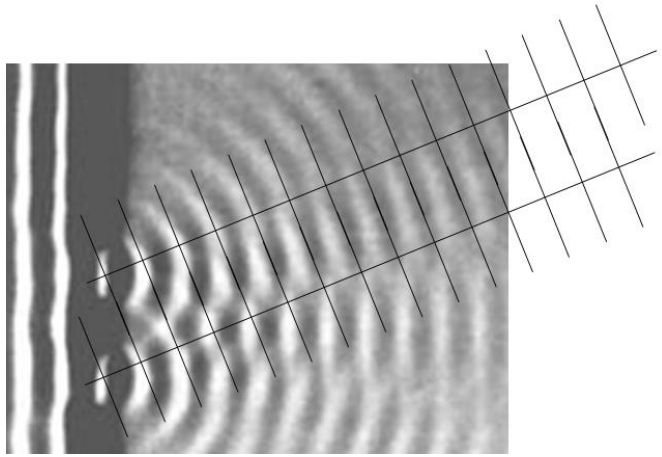



4 Verformung der Linse für A Fernsehen, B Nahsehen

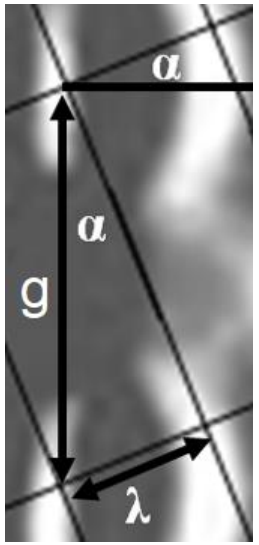
# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

- **Ausblick S2: Transferfrage**: Warum entstehen im Wasser Wellenbündel wie Lichtbündel [7]?
- Versuch zum Initiieren von Idee/Hypothese [2]:
- Wellenerregende Beine entsprechen Doppelspalt
- Überprüfungsversuch und deduzierte/gefolgerte Berechnung: passen
- **Überlagerung** von Wellen oder Elementarwellen gleicher Frequenz heißt **Interferenz**.
- **Beugungswinkel** $\alpha$ via Dreieck $\sin(\alpha) = \frac{n \cdot \lambda}{g}$ mit **Wellenlänge** $\lambda$ und **Beugungsordnung** $n$
- Messung $g = 3\lambda$; $\alpha_1 = 21°$ und $\alpha_2 = 43°$; Berechnung $\alpha_1 = 19{,}5°$ und $\alpha_2 = 41{,}8°$
- Ergebnis durch hypothetisch deduktive Methode [3-5]: Wellenbündel können **gefolgert** werden aus der **linearen Superposition** (Überlagerung) von **Elementarwellen**.
- **Umkehrung des Transfers**: Entstehen hinter einem Doppelspalt Schatten oder Lichtbündel?



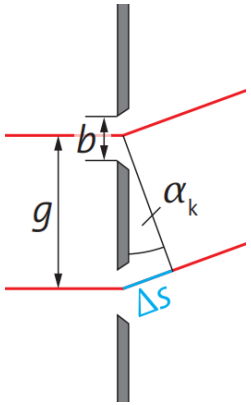
Konstruktive Interferenz im Fernfeld
Entstehung durch Überlagerung von Elementarwellen

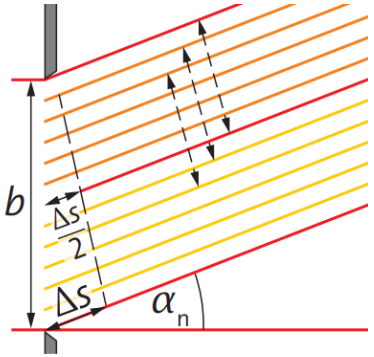



[7] Burisch, C. u. a. (2024): Universum Physik Qualifikationsphase NRW. Berlin: Cornelsen.

# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik

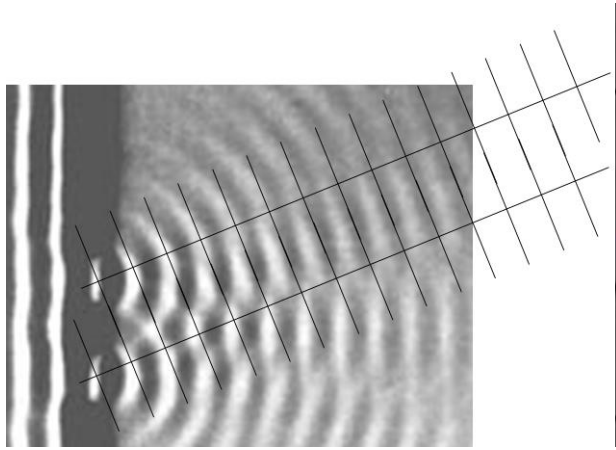
- **Ausblick S2: Transferfrage**: Warum entstehen im Wasser Wellenbündel wie Lichtbündel [8]?
- **Beugungswinkel** $\alpha$ via Dreieck $\sin(\alpha) = \frac{n \cdot \lambda}{g}$ mit **Wellenlänge** $\lambda$ und **Beugungsordnung** $n$
- Ergebnis durch hypothetisch deduktive Methode [3-5]: Wellenbündel können **gefolgert** werden aus der **linearen Superposition** (Überlagerung) von **Elementarwellen**.
- **Transfer**: Entstehen hinter einem Doppelspalt Schatten oder Lichtbündel?
  - Doppelspalt: Beugungswinkel: $\sin(\alpha_n) = \frac{\Delta s}{g} = \frac{n \cdot \lambda}{g}$
  - Einhüllende durch Beugung am Einzelspalt: $\sin(\alpha_{n,min}) = \frac{\Delta s}{b} = \frac{n \cdot \lambda}{b}$ mit Spaltbreite $b$
- **Ergebnis**: Nach hypothetisch deduktiver Methode [3-5] kann die Beugung von Licht **gefolgert** werden aus der **Welleneigenschaft von Licht**.
- **Selbstkompetenzerfahrung** durch Erkenntnisweg des intelligenten **Transfers** mit erreichtem Ziel des **Paradigmenwechsels** von geradliniger Lichtausbreitung zur Welleneigenschaft von Licht.

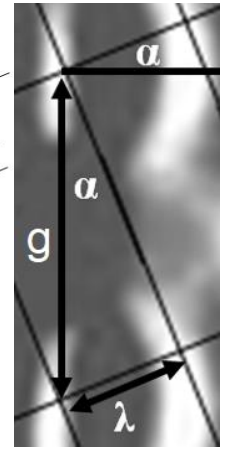





Destruktive Interferenz an einem Spalt

$\lambda = 630\ \text{nm}$

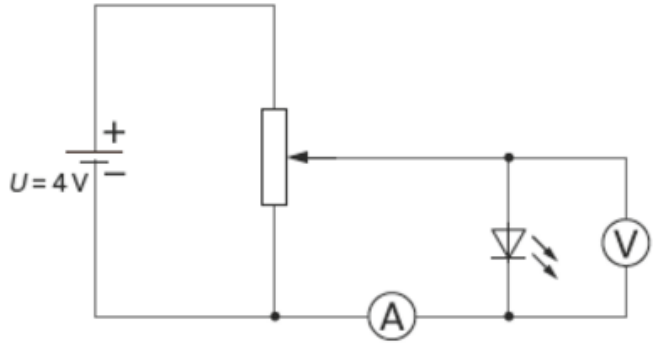





Konstruktive Interferenz im Fernfeld
Entstehung durch Überlagerung von Elementarwellen

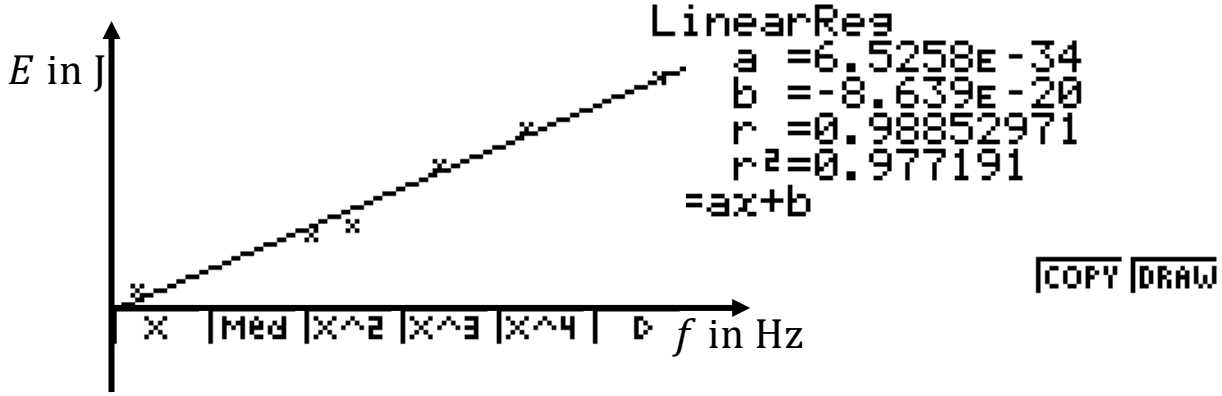

[8] Burisch, C., Carmesin, H.-O., Emse, A., Kienle, R., Konrad, U., Küblbeck, J., Pardall, C.-J., Piehler, M., Pröhl, I. K., Schäfer, J., Wienbruch, U. und Wilhelm, S. (2025): Universum Physik, Gesamtband Ausgabe B, Berlin: Cornelsen.

# 4. Licht bietet Erkenntniswege der Physik




- **Ausblick S2: Ist Licht eine Welle?**
- Hypothese [2]: Licht sei eine Welle.
- Folgerung: Licht kann mit beliebig kleinen Energieportionen $E_S$ erzeugt werden.
- Überprüfungsversuch: Erzeugung von Licht in einer LED
- Weitere Folgerungen dazu:
  - Ein Elektron ist ein Energieträger mit Elementarladung $|q| = e$.
  - Bei einer Spannung $U$ hat ein Elektron die Energie $E = U \cdot e$.
- Beobachtung: Licht mit einer Frequenz $f$ wird nur mit einer Energieportionen $E_S = h \cdot f$ oder größer erzeugt.
- Dabei heißt $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Js Plancks Wirkungsquantum.
- **Ergebnis**: die Hypothese [3-5] ist widerlegt. Licht ist keine Welle.
  - Da Licht eine minimale Energieportion benötigt, hat es eine Teilcheneigenschaft.
  - Da Licht Welleneigenschaft hat, ist es kein Teilchen.
  - Licht hat Wellen- und Teilcheneigenschaft.
  - Ein Objekt mit beiden Eigenschaften heißt Quantenobjekt.
- **Selbstkompetenzerfahrung** durch **systematischen Erkenntnisweg** zur Wellen-, Teilchen- und Quanteneigenschaft [2] von Licht mit entsprechendem **Paradigmenwechsel.**
- Quantenobjekte öffnen den Weg zu zukunftsweisenden Quantentechnologien wie Quantenkryptographie und Quantencomputer [7].

| λ in nm | f in $10^{14}$ Hz | $U_S$ in V | $E_S$ in $10^{-19}$ J |
|---|---|---|---|
| 405 | 7,40 | 2,5 | 4 |
| 470 | 6,38 | 2,1 | 3,36 |
| 525 | 5,71 | 1,85 | 2,96 |
| 590 | 5,08 | 1,4 | 2,24 |
| 630 | 4,76 | 1,33 | 2,128 |
| 875 | 3,43 | 0,95 | 1,52 |




**Bemerkenswert**: Viele Fragen über Quanten sind ungelöst, aber die Hypothese Licht sei eine Welle ist eindeutig widerlegt. Das leistet der Erkenntnisweg der hypothetisch deduktiven Methode sehr gut.

# 5. Zusammenfassung

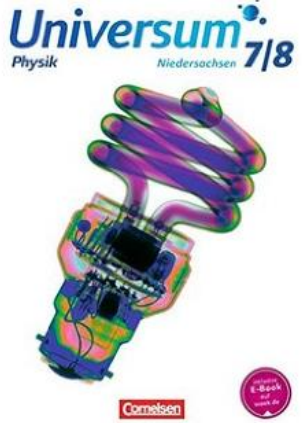
- Die drei **Methoden der Erkenntnisgewinnung** wurden an schülergerechten Beispielen entwickelt:
  - Induktive Methode: sehr direkt und einfach
  - Hypothetisch deduktive Methode: sehr leistungsfähig, sogar bei den teils unerforschten Quantenobjekten
  - Paradigmenwechsel: Neuausrichtung der Wissenschaft, oft aufgrund widerlegter alter Konzepte, z. B. geozentrisches Weltbild, Teilchenbild, Wellenbild
- **Durchgespielte Erkenntniswege der Physik**
  - Beurteilter Gültigkeitsbereich [2]
  - Messunsicherheit [2], systematische und zufällige Abweichungen
  - Informationsgewinnung aus Experimenten [2]
  - Experimentell initiierte Ideen [2]
  - Modellvorstellung als Hilfsmittel zur Problemlösung und Hypothesenbildung [2]
  - Experimente können widerlegen, nicht beweisen [2]
  - Quantenphysikalische Sichtweisen [2]
  - Unterscheidung von Realität und Konstrukt
  - Perspektivwechsel
  - Forschungs-, Weltbild-, Astrophysik-, Biophysik- oder Transfer-Fragen
  - gegliederter Erkenntnisweg, konsequente Erweiterung
  - Modellversuch, Konstruktion, Deduktion

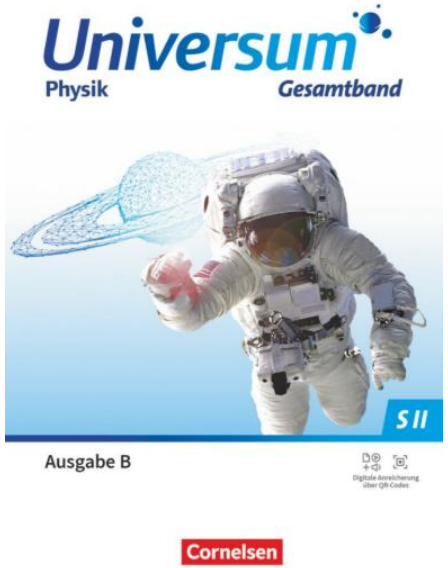
- Lernende machen auf Erkenntniswegen der Physik fundierte **Selbstkompetenzerfahrungen.** Das entwickelt
  - zielführende experimentelle Kompetenz
  - Problemlösekompetenz
  - Entscheidungs-, Beurteilungs- und Bewertungskompetenz
  - Kompetenz zu konsequenter Fortsetzung
- Diese Kompetenzen sind auch außerphysikalisch anwendbar und teils universell.
- Diese Kompetenzen fördern daher die Persönlichkeitsentwicklung.

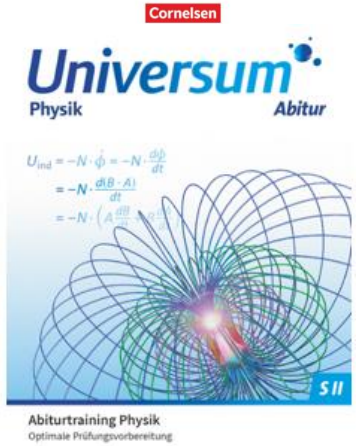
[9] Vertiefung: http://hans-otto.carmesin.org /images/script1/24_Methoden_physikalischer_Erkenntnisgewinnung.pdf

# 6. Universum Physik

- 3 Seiten: Verständliche Themendarstellung
  - Sanfte Einstiege anhand Lebenswelt
  - Einleuchtende Bilder und Texte regen zu Entdeckungen und Erkenntnisgewinnung an
  - Erklärungen, Merksätze, Aufgaben: Progressiv
- + 1 Seite: Aktivierendes Material
  - Heimversuche
  - Lernmaterial mit Aufgaben: Vielseitig, binnendifferenzierend
- Methodenseiten
  - befähigen Schülerinnen & Schüler zu eigenständigem Handeln
  - Binnendifferenzierung
- Blickpunkte
  - Highlights, Vernetzung, Zukunftsbedeutung
  - befähigen Schülerinnen & Schüler zu eigenständigem Handeln
  - Binnendifferenzierung
- Essenzielles kompakt
  - Auf einen Blick und Check Up
  - Versuche und Schlüsselexperimente
  - Grundwissen
- Löser mit didaktischen Hinweisen
- 12-13: 4 Seiten Inhalt + 2 Seiten Material





# Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit

Cornelsen

Potenziale entfalten