

Unterricht lernwirksam gestalten.

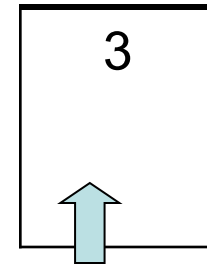
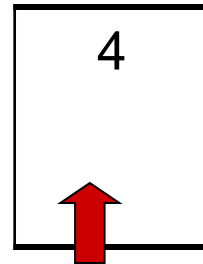
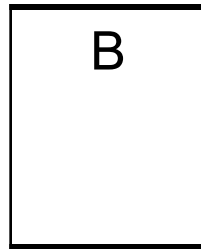
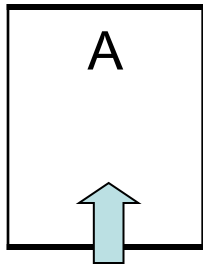
Der Aufbau intelligenten Wissens
mit kognitiv aktivierenden Lernformen

Ralph Schumacher, MINT-Lernzentrum





Welche Karten muss man umdrehen, um folgende Regel zu überprüfen:
Wenn auf einer Seite der Karte ein Vokal steht, muss auf der anderen Seite eine gerade Zahl stehen.



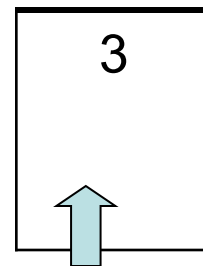
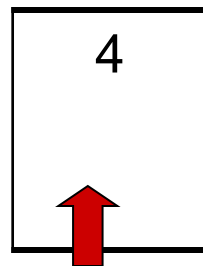
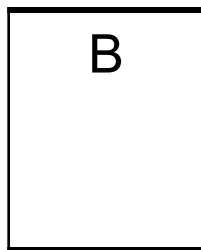
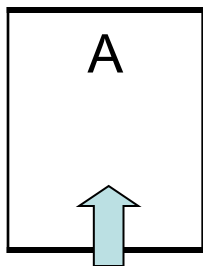
10% korrekt
90% falsch

Wason-Selection-Task:

Kein Transfer zwischen Situationen mit formal isomorpher Struktur

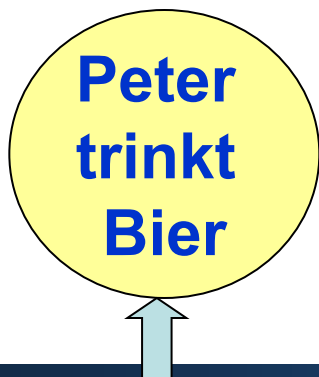


**Welche Karten muss man umdrehen, um folgende Regel zu überprüfen:
Wenn auf einer Seite der Karte ein Vokal steht, muss auf der anderen
Seite eine gerade Zahl stehen.**



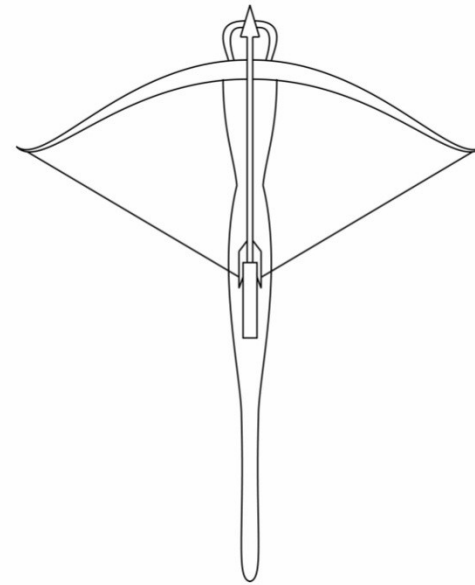
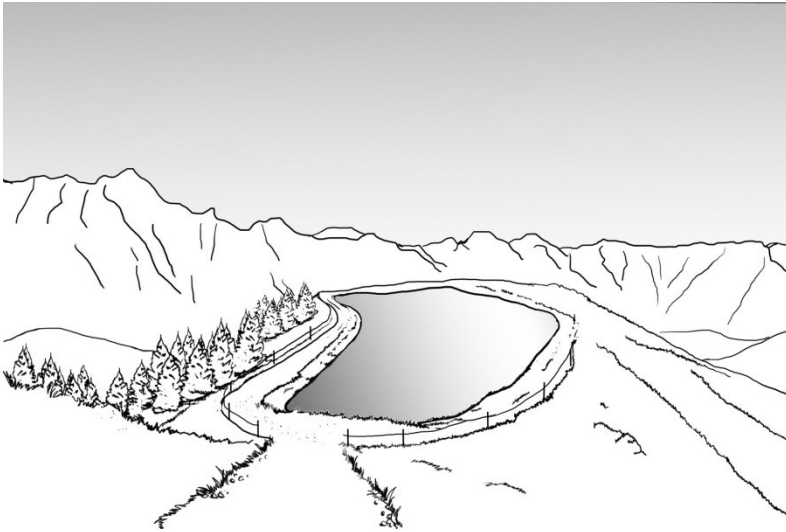
10% korrekt
90% falsch

**Wessen Getränk bzw. wessen Alter muss die Polizei überprüfen, um die
Einhaltung des Jugendschutzgesetzes in der Disko zu gewährleisten:
Wenn man Bier bestellt, muss man mindestens 16 Jahre alt sein.**

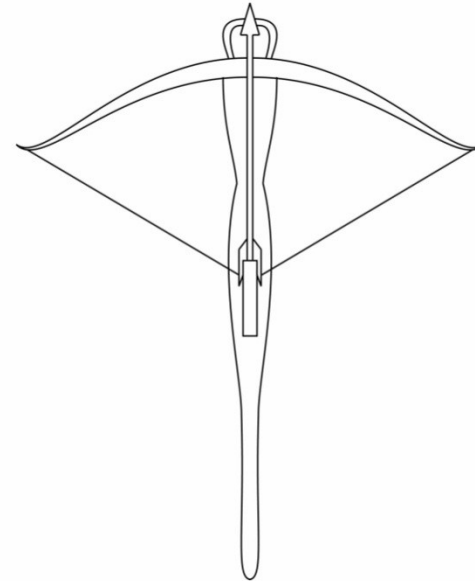
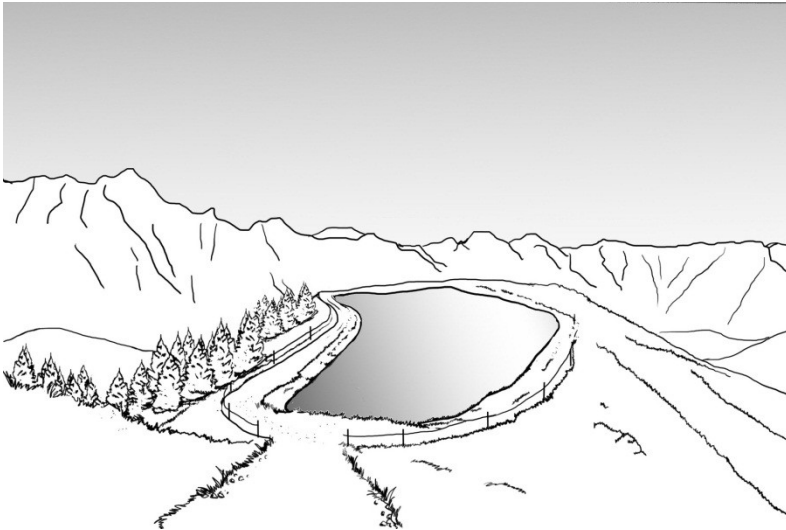


100% korrekt

Intelligentes Wissen ist nach abstrakten Kriterien geordnet, die den Wissenstransfer erleichtern.



Intelligentes Wissen ist nach abstrakten Kriterien geordnet, die den Wissenstransfer erleichtern.



In allen drei Fällen wird mechanische Energie gespeichert.





Wie lässt sich der Erwerb intelligenten Wissens fördern?

- (1) Die Vorstellungen der Lernenden kennen und nutzen
- (2) Erfinden mit kontrastierenden Fällen
- (3) Holistische Konfrontation von Modellen
- (4) Kognitiv aktivierende Phänomene als Einstieg verwenden
- (5) Aufträge für Selbsterklärungen geben
- (6) Metakognitive Fragen stellen



Wie lässt sich der Erwerb intelligenten Wissens fördern?

- (1) Die Vorstellungen der Lernenden kennen und nutzen
- (2) Erfinden mit kontrastierenden Fällen
- (3) Holistische Konfrontation von Modellen
- (4) Kognitiv aktivierende Phänomene als Einstieg verwenden
- (5) Aufträge für Selbsterklärungen geben
- (6) Metakognitive Fragen stellen



Wie lässt sich der Erwerb intelligenten Wissens fördern?

- (1) Die Vorstellungen der Lernenden kennen und nutzen
- (2) Erfinden mit kontrastierenden Fällen
- (3) Holistische Konfrontation von Modellen
- (4) Kognitiv aktivierende Phänomene als Einstieg verwenden
- (5) Aufträge für Selbsterklärungen geben
- (6) Metakognitive Fragen stellen

Expertise im Schachspiel

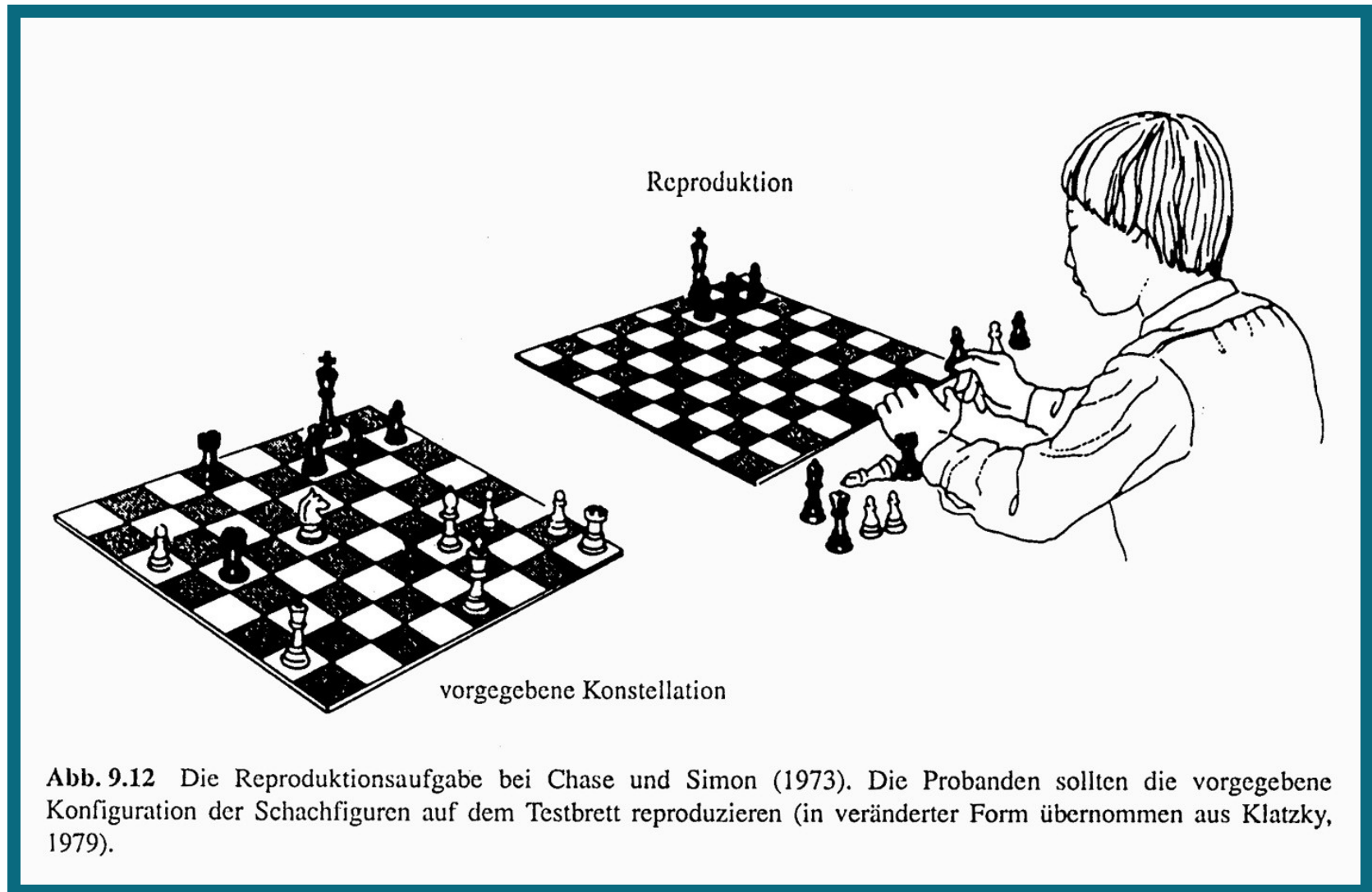
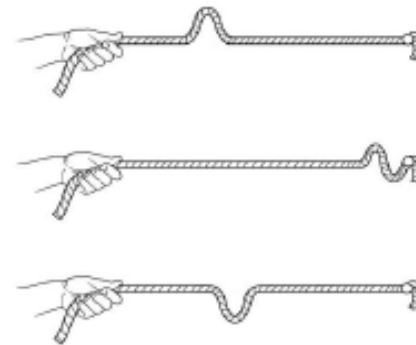


Abb. 9.12 Die Reproduktionsaufgabe bei Chase und Simon (1973). Die Probanden sollten die vorgegebene Konfiguration der Schachfiguren auf dem Testbrett reproduzieren (in veränderter Form übernommen aus Klatzky, 1979).

Vorwissen über konstruktive und destruktive Interferenz von Wellen

In der Abbildung wird dargestellt, wie sich eine Welle in einem Seil bewegt. Zunächst wird das Seil in Bewegung gesetzt, und der Wellenberg bewegt sich von der Hand in Richtung Wand. Anschliessend wird er an der Wand reflektiert und läuft als Wellental in Richtung Hand zurück.



Angenommen, jemand schlägt das Seil mehrfach hintereinander an: Was passiert mit den dadurch entstehenden Wellen?

- Es entstehen immer genauso viele Wellenberge bzw. Wellentäler wie das Seil angeschlagen wird.
- Die Wellenberge bzw. Wellentäler addieren sich immer zu einem einzigen Wellenberg bzw. Wellental auf.
- Die Wellenberge bzw. Wellentäler löschen sich immer gegenseitig aus.
- Ob sich die Wellenberge bzw. -täler verstärken oder abschwächen, hängt davon ab, in welchen Abständen das Seil angeschlagen wird.

Analogie



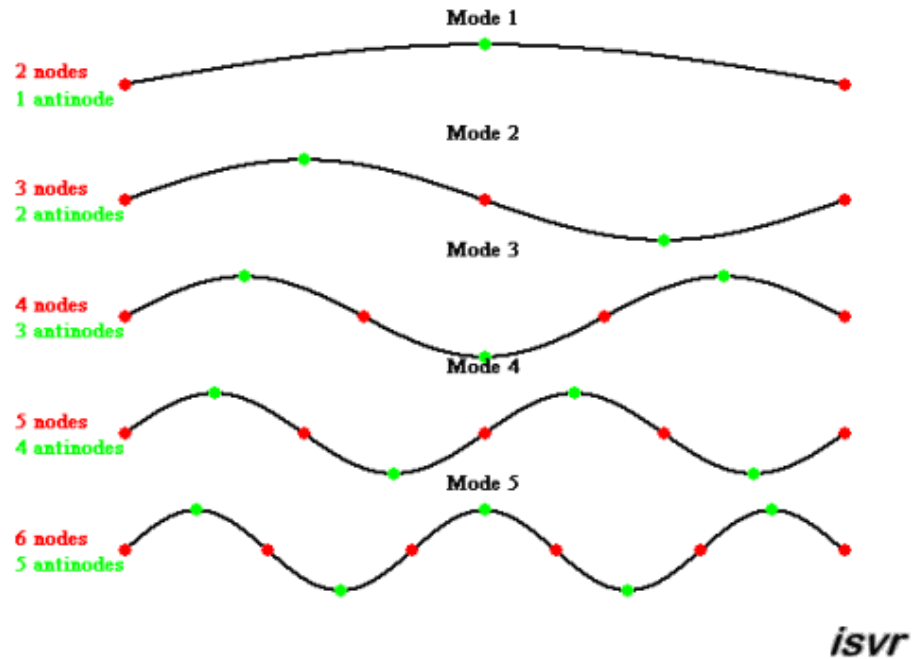
eingesperrte Wellen in der Musik

Verhalten von eingesperrten Wellen



Tönende Schläuche

Stehende Wellen




Schwingender Gummischlauch



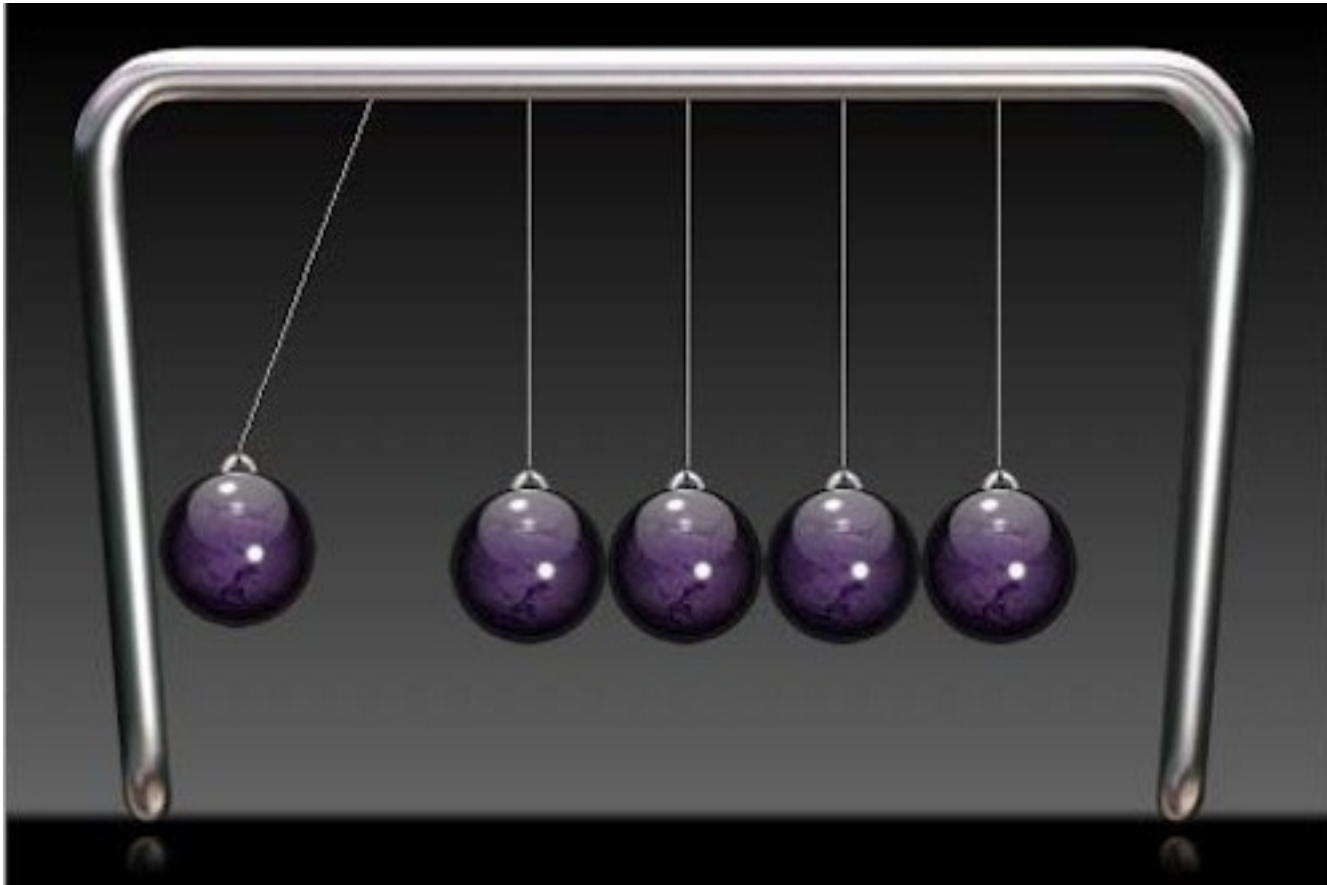
Wie lässt sich der Erwerb intelligenten Wissens fördern?

- (1) Die Vorstellungen der Lernenden kennen und nutzen
- (2) Erfinden mit kontrastierenden Fällen
- (3) Holistische Konfrontation von Modellen

- (4) Kognitiv aktivierende Phänomene als Einstieg verwenden
- (5) Aufträge für Selbsterklärungen geben
- (6) Metakognitive Fragen stellen

A blue-tinted photograph of a large, classical-style building with a prominent dome and arched windows, likely a part of the ETH Zurich campus, serving as a background for the top of the slide.


Wie können wir die Schülerinnen und Schüler besser auf das Lernen vorbereiten?



Newton's Pendel veranschaulicht die Impuls- und Energieerhaltung.



Why science teachers are not asked to monitor recess.

A blue-tinted banner image at the top of the slide showing a building with a large dome and a mountain range in the background.

D. L. Schwartz, C. C. Chase, M. A. Oppezzo & Chin, D. B. (2011). Practicing Versus Inventing With Contrasting Cases: The Effects of Telling First on Learning and Transfer. *Journal of Educational Psychology*, 22, 1 – 17.

- Teilnehmer: 128 + 120 Schülerinnen und Schüler
- Alter: 14 / 15 Jahre
- Tell & Practice (herkömmlicher Unterricht)
- Inventing with Contrasting Cases



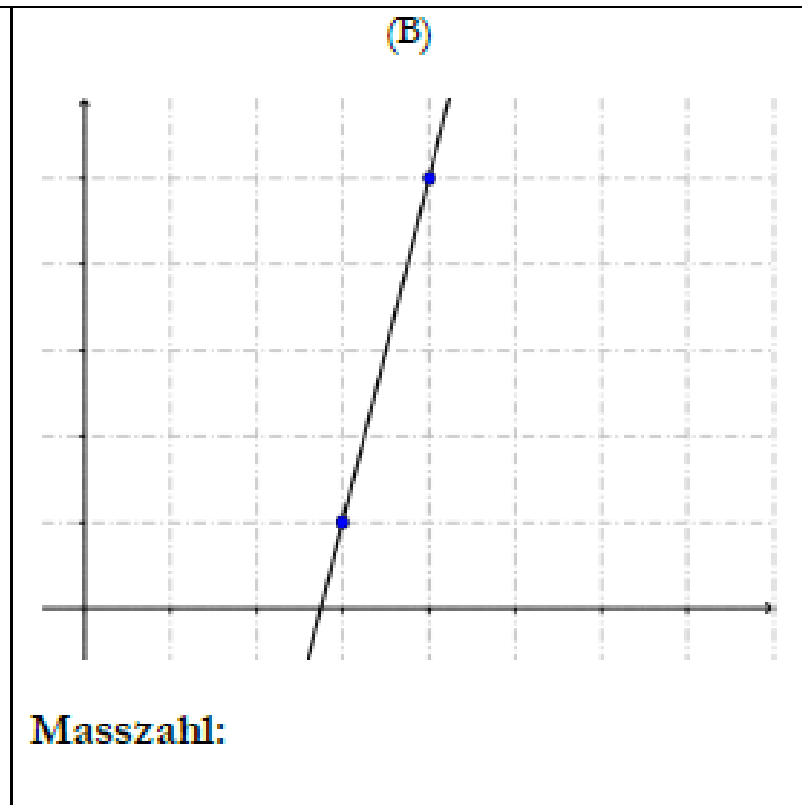
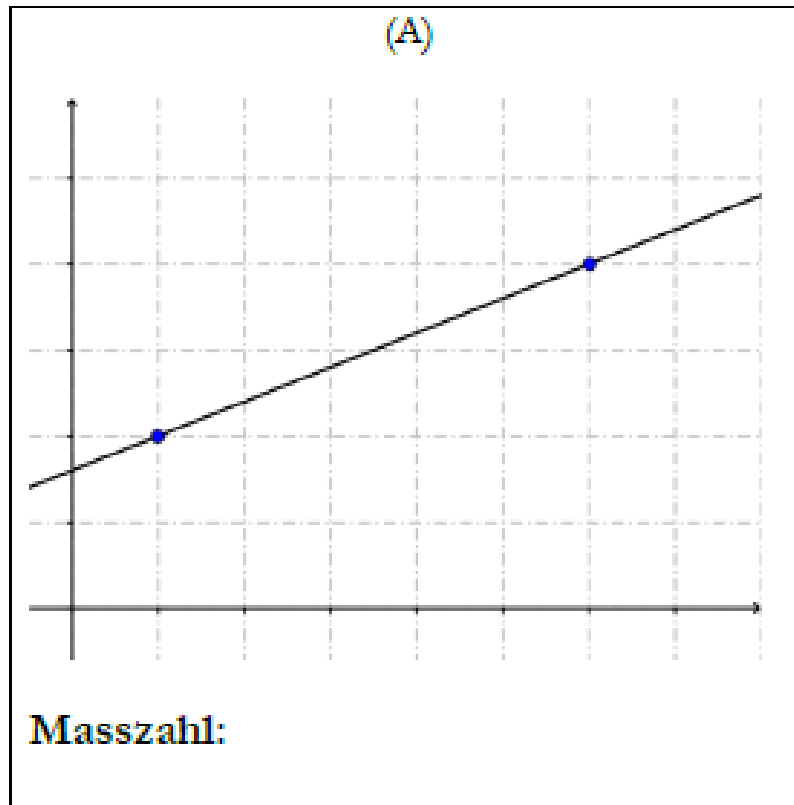
Happy Clowns = _____

Bargain Basement Clowns = _____

Clowns 'r' Us = _____

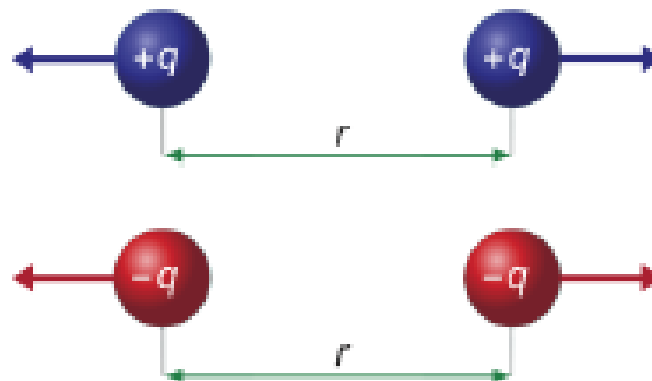
Alice hat die folgenden Abbildungen von Geraden vor sich. Sie ruft Bob an, der die Geraden nicht sieht, und möchte ihm erzählen, wie die Geraden aussehen und insbesondere, wie steil sie sind. Können Sie Alice bei diesem Unterfangen helfen? Genauer: Erfinden Sie eine Masszahl für „Steilheit“. Drücken Sie die Steilheit einer Geraden durch eine einzige Zahl aus, die Alice dann am Telefon nennen kann. Diese Masszahl für Steilheit soll folgenden Regeln genügen:

1. Die Zahl soll für jede mögliche Gerade nach derselben Regel zustande kommen.
2. Es muss für Alice möglich sein, die Masszahlen allein aus den abgebildeten Grafiken ohne weitere Hilfsmittel präzise zu bestimmen.
3. Die Grösse der Zahl gibt Bob eine präzise Vorstellung davon, wie steil eine Gerade ist.



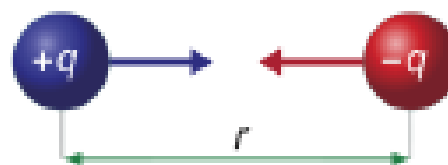
Viele chemische Phänomene beruhen darauf, dass zwischen gleichen Ladungen Abstossungskräfte und zwischen verschiedenen Ladungen Anziehungskräfte wirken. Protonen, die positiv geladen sind, und Elektronen, die negativ geladen sind, stossen sich deshalb untereinander ab:

Abstossung bei gleichen Ladungen:



Protonen und Elektronen hingegen ziehen sich aufgrund unterschiedlicher Ladungen gegenseitig an:

Anziehung bei verschiedenen Ladungen:



Es wird eine Formel gesucht, mit deren Hilfe man die Coulombkraft F , die zwischen zwei geladenen Körpern wirkt, berechnen kann.

$$F \approx \dots\dots\dots$$

Beispiel 1

Wenn man einen Bernsteinstab mit einem Seidentuch reibt, wird der Stab negativ aufgeladen. Durch Berührung kann die Ladung auf Papierkügelchen übertragen werden. Lädt man zwei Kügelchen auf und bringt sie in die Nähe voneinander, wirkt aufgrund der Ladung q_1 des einen Kügelchens und der Ladung q_2 des zweiten Kügelchens eine abstossende Kraft. Die Grösse der Kraft ist dabei von der Ladung von beiden Kügelchen abhängig.

a) Lädt man ein solches Kügelchen wie beschrieben elektrisch auf, und bringt es in die Nähe eines zweiten, nicht geladenen Kügelchens, wirkt keine Kraft.

b) Nehmen wir an, der Abstand bleibt unverändert. Wird die Ladung von einem der beiden geladenen Kügelchen in diesem Fall verdoppelt, wird die resultierende Kraft auch verdoppelt.

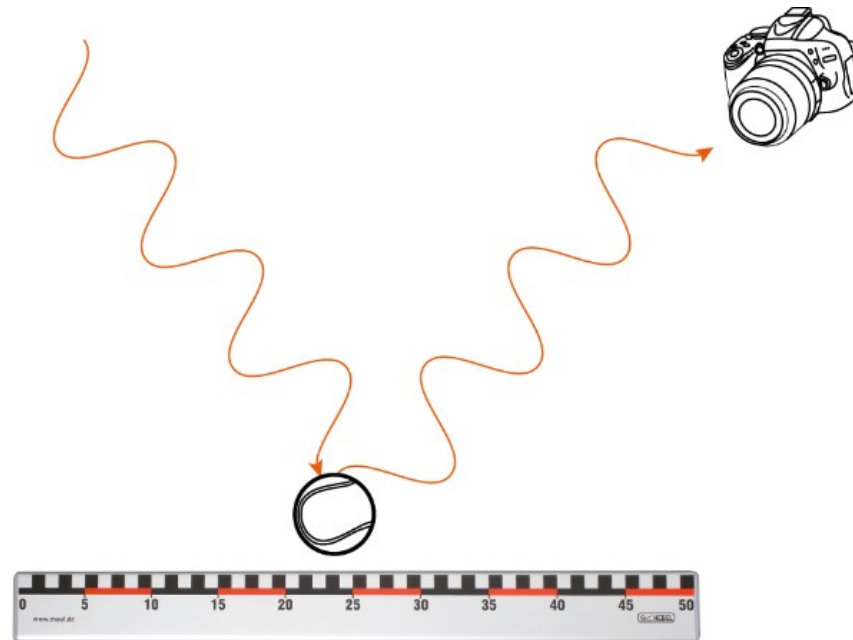
F ~

Illustration der Unschärfebeziehung

**Arbeitsblatt für Lernende mit einer Version für die
Lehrkraft**

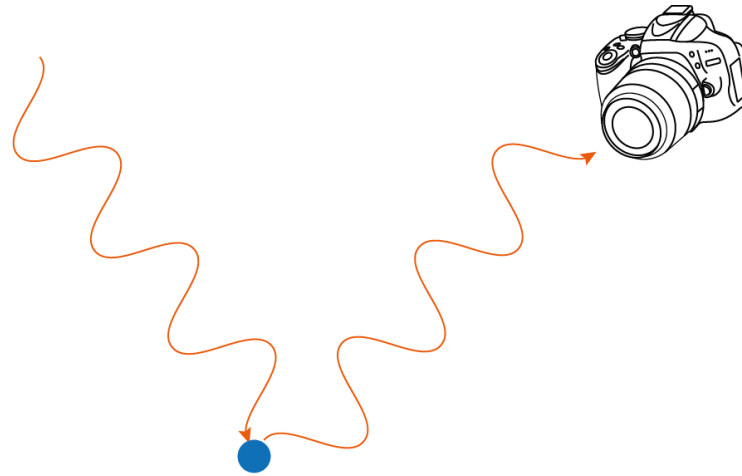
Tennisball

**Gleichzeitige Bestimmung des Ortes und der
Geschwindigkeit**



Elektron

Gleichzeitige Bestimmung des Ortes und der Geschwindigkeit



Problem

Wellenlänge der verwendeten Strahlung



Problem

Wellenlänge der verwendeten Strahlung

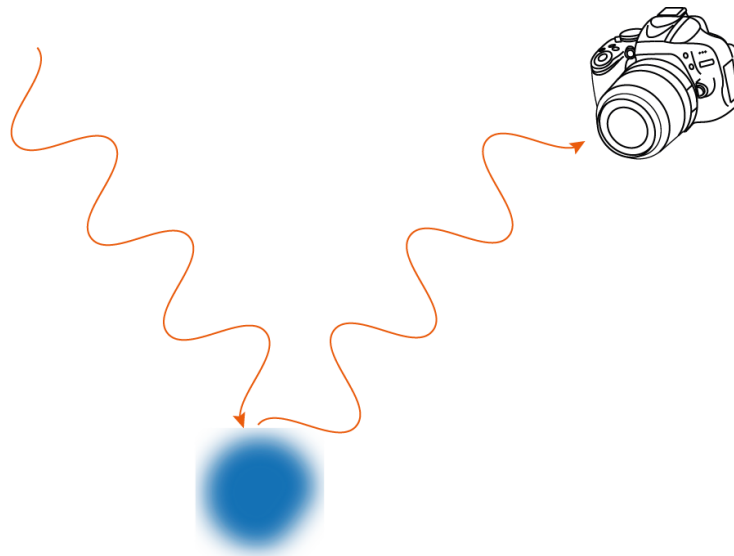


Problem

Regel: Mit Licht einer bestimmten Wellenlänge können nur Objekte scharf abgebildet werden, die grösser sind als die Wellenlänge des verwendeten Lichts.

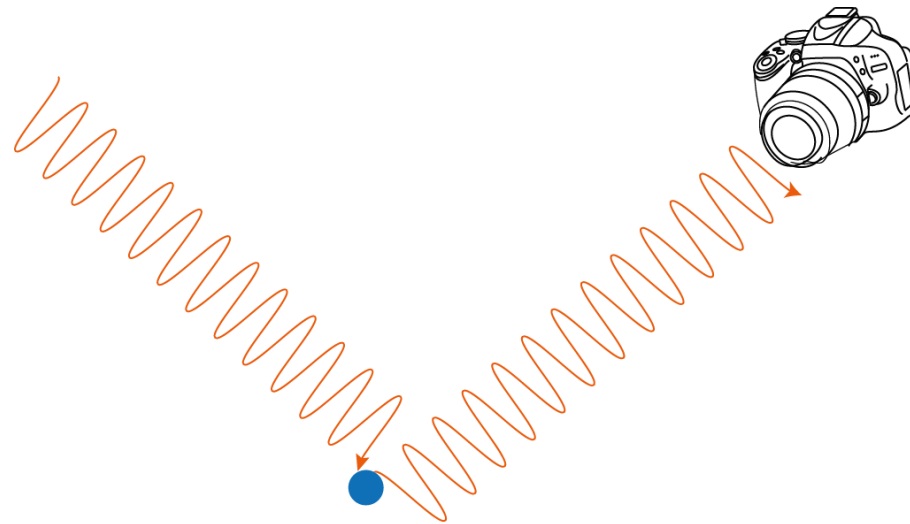
Folgerung

Eine Beobachtung des Elektrons mit langwelliger Strahlung hat eine **Ungenauigkeit in der Ortsbestimmung** zur Folge.



Lösung

Verwendung kurzwelliger Strahlung



Problem

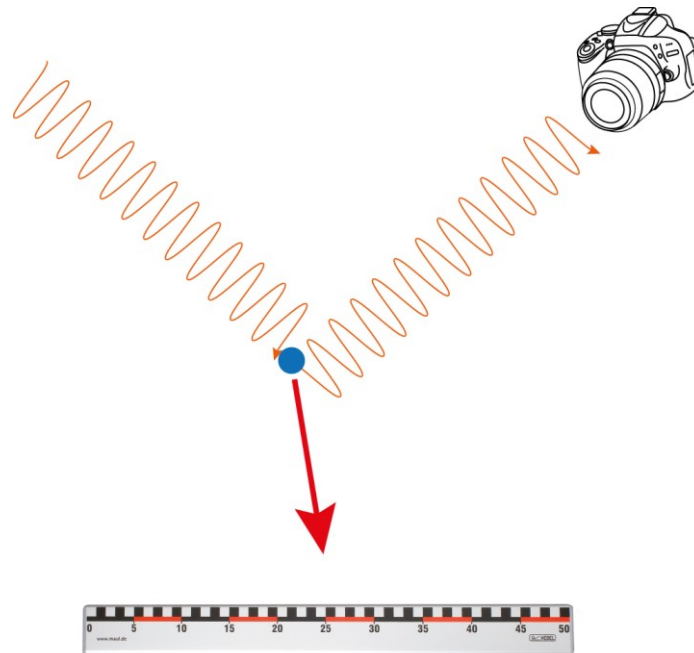
Die Energie der elektromagnetischer Strahlung ist der Wellenlänge umgekehrt proportional.

$$E \sim \frac{1}{\lambda}$$

Die zur Beobachtung des Elektrons eingesetzte kurzwellige Strahlung weist also eine hohe Energie auf.

Problem

Verwendung kurzwelliger und somit hochenergetischer Strahlung hat eine Störung der Bewegung des Elektrons zur Folge

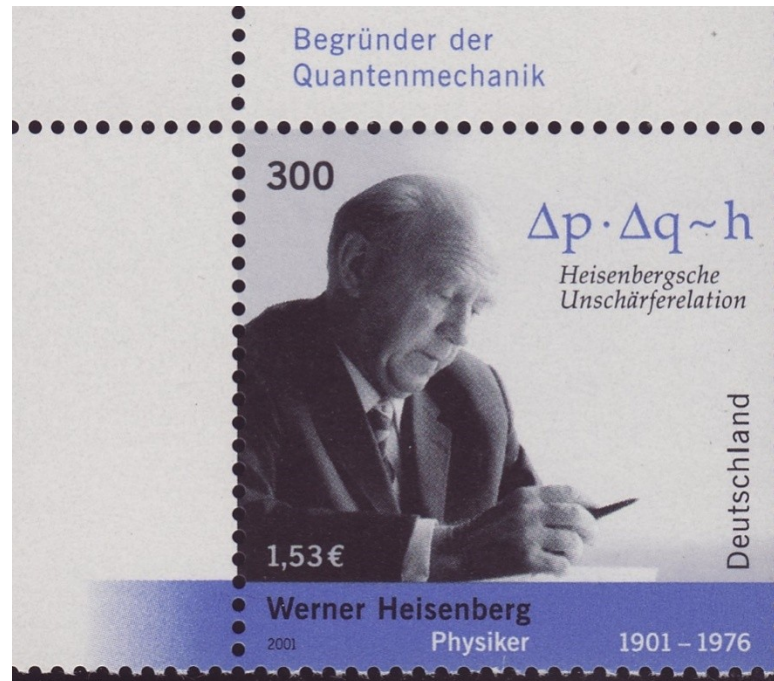


Folgerung

Eine Beobachtung des Elektrons mit kurzwelliger Strahlung hat eine **Ungenauigkeit in der Geschwindigkeitsbestimmung** zur Folge.

Unschärfebeziehung

Es ist **prinzipiell** unmöglich, den Ort **und** die Geschwindigkeit eines Elektrons **gleichzeitig** genau zu bestimmen.



Arbeitsblatt

(Lernende)

ORBITALMODELL

ARBEITSBLATT III/1

III. Unzulänglichkeiten Schalenmodell

Arbeitsblatt III/1

Unschärfebeziehung von Heisenberg

Auftrag 1: Sie sollen den Ort und die Geschwindigkeit eines Tennisballs möglichst genau bestimmen. Überlegen Sie sich zuerst, welche Hilfsmittel und Messinstrumente Sie für diese Aufgabe benötigen.

Benötigte Hilfsmittel und Messinstrumente:

Skizzieren Sie nun die Versuchsanordnung, mit der Sie die beiden Grössen gleichzeitig messen könnten.

Arbeitsblatt

(Lehrkraft)

ORBITALMODELL

ARBEITSBLATT III/1(LK) III. Unzulänglichkeiten Schalenmodell

Arbeitsblatt III/1: Version für die Lehrkraft

Unschärfebeziehung von Heisenberg

Auftrag 1: Sie sollen den Ort und die Geschwindigkeit eines Tennisballs möglichst genau bestimmen. Überlegen Sie sich zuerst, welche Hilfsmittel und Messinstrumente Sie für diese Aufgabe benötigen.

Benötigte Hilfsmittel und Messinstrumente

Eine Uhr, ein Fotoapparat und ein Lineal

Skizzieren Sie nun die Versuchsanordnung, mit der Sie die beiden Größen gleichzeitig messen könnten.





Wie lässt sich der Erwerb intelligenten Wissens fördern?

- (1) Die Vorstellungen der Lernenden kennen und nutzen
- (2) Erfinden mit kontrastierenden Fällen
- (3) Holistische Konfrontation von Modellen
- (4) Kognitiv aktivierende Phänomene als Einstieg verwenden
- (5) Aufträge für Selbsterklärungen geben
- (6) Metakognitive Fragen stellen



Holistische Konfrontation von Modellen

Gadgil, S., Nokes-Malach, T. J., & Chi, M. (2012).
Effectiveness of holistic mental model confrontation in
driving conceptual change. *Learning and Instruction*, 22,
47 – 61.



Holistische Konfrontation von Modellen

Fragestellung: Mit welcher Lernform lässt sich das Verständnis von komplexen Modellen besser fördern – mit Selbsterklärungs-Aufträgen (A) oder mit Aufträgen zum Vergleich von Modellen (B)?

Hypothese: (B) eignet sich besser, um das Verständnis von Beziehungen in komplexen Modellen zu vertiefen.

Versuchsgruppe: Vergleich eines Laien-Modells (inkorrekt) mit einem Experten-Modell (korrekt)

Kontrollgruppe: Selbsterklärungen zum Experten-Modell

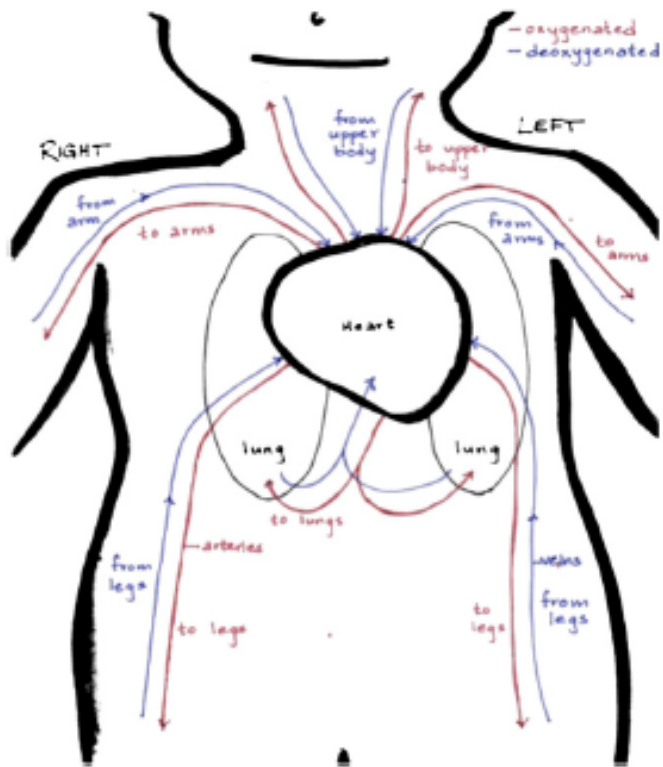
Holistische Konfrontation von Modellen

Versuchspersonen: 84 Studierende zwischen 18 – 29
Jahren

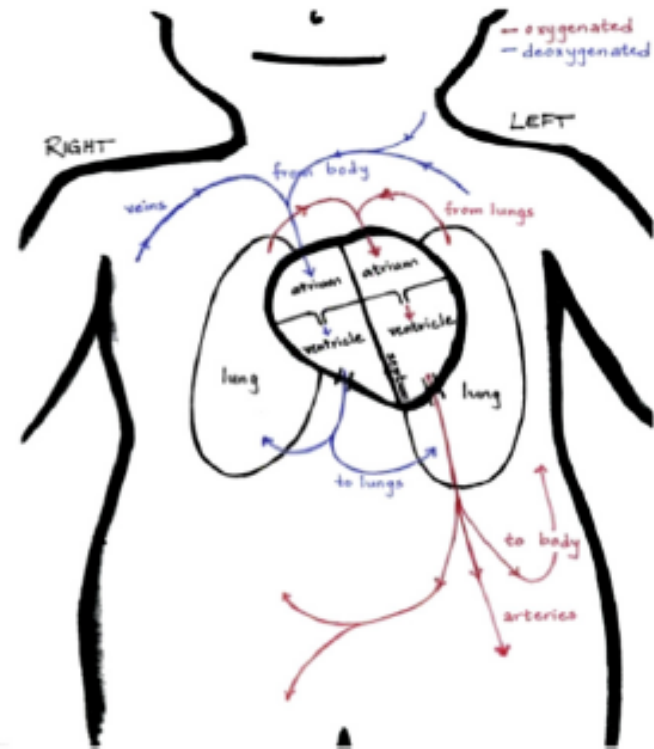
Altersdurchschnitt: 21,2 Jahre

Materialien der Versuchsgruppe

Appendix B. Single-loop model (Flawed)



Appendix C. Double-loop model (Correct)



Aufträge der Kontrollgruppe

Appendix A. Mental model questions

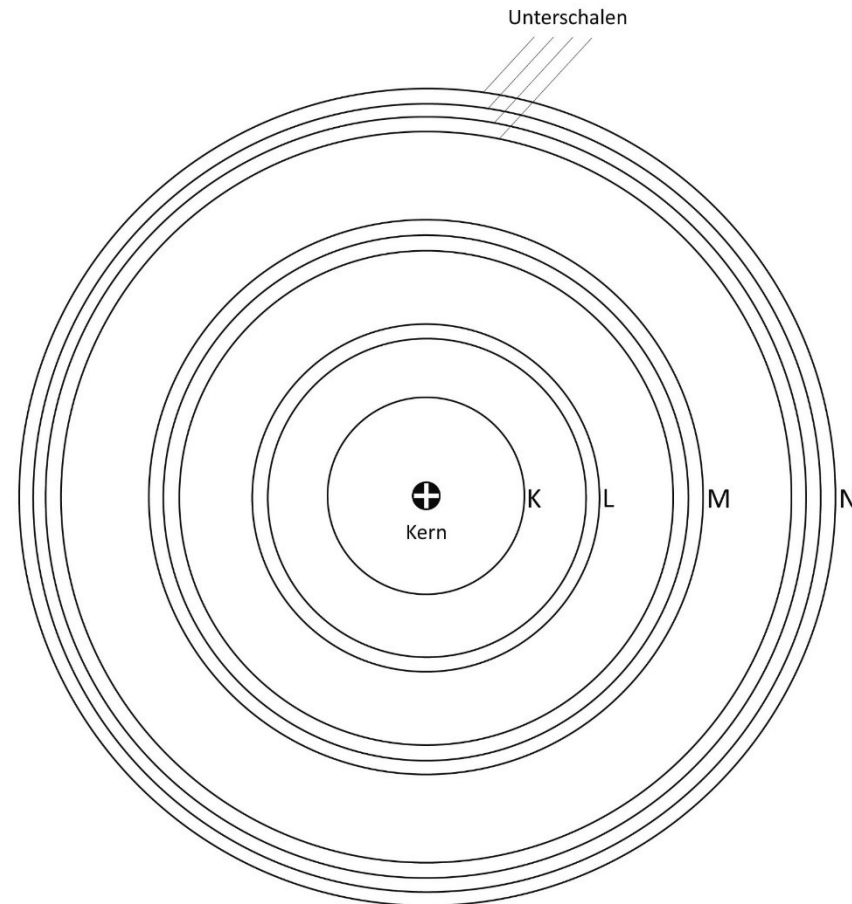
1. Describe in a few lines the path of the blood in the circulatory system.
2. What types of blood vessels are present in the circulatory system and what are their functions?
3. Describe the structure of the heart in a few lines and explain the functions of each part.
4. What are important components of the circulatory system and what role do they play in circulation?
5. What are the primary and secondary functions of blood? 6. What is the main function of the heart?



Holistische Konfrontation von Modellen

Ergebnis: 90 % der Personen aus der Versuchsgruppe konnten den menschlichen Blutkreislauf korrekt beschreiben, aber nur 64 % der Personen aus der Kontrollgruppe.

Schalenmodell

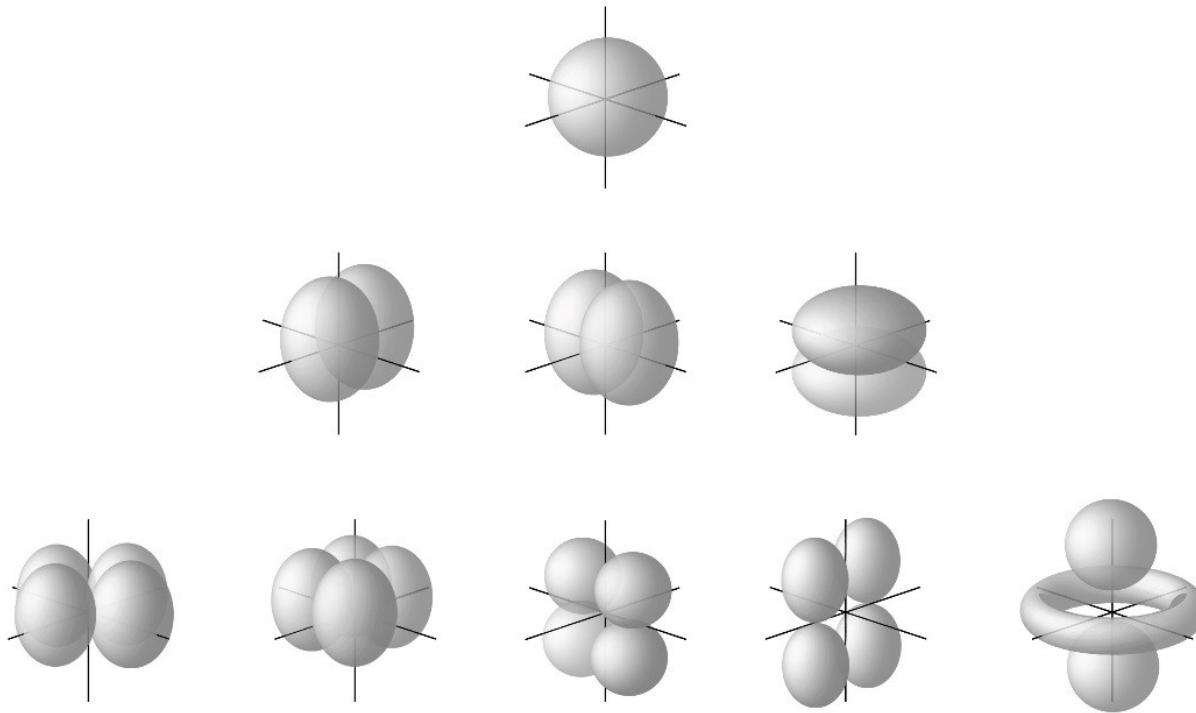


Schalenmodell

Merkmale

- 1. Postulat von N. Bohr: Elektronen in Atomen können sich nur auf bestimmten Bahnen um den Atomkern bewegen.
- Die Bahnen der Elektronen weisen genau definierte Radien auf.
- 2. Postulat von N. Bohr: Elektronen in Atomen können ihren Zustand nur so ändern, dass sie von einer Bahn zu einer anderen wechseln.

Orbitalmodell



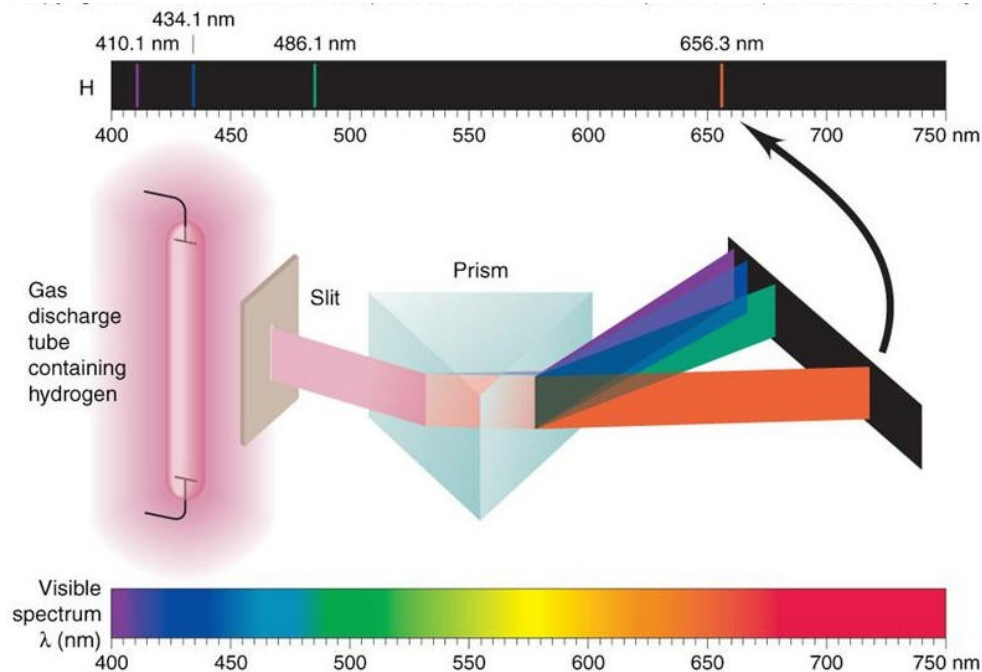
Orbitalmodell

Merkmale

- Elektronen werden durch eine Wellengleichung beschrieben.
- Die Elektronen in einem Atom sind durch die Anziehung zum Kern im Atom eingesperrt. Eingesperrte Wellen können nur ganz bestimmte Schwingungszustände einnehmen.
- Aus der Wellengleichung (Schrödingergleichung) kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, mit der sich ein Elektron an einem bestimmten Ort aufhält (Aufenthaltswahrscheinlichkeit).
- Teile des Raumes, in denen sich ein Elektron mit hoher Wahrscheinlichkeit aufhält, werden als *Orbitale* bezeichnet.

Frage

Wird das sprunghafte Verhalten der Elektronen in Atomen (Schalenstruktur der Elektronenhülle) durch das Atommodell korrekt beschrieben? Begründen Sie Ihre Aussage.



Antwort

Schalenmodell

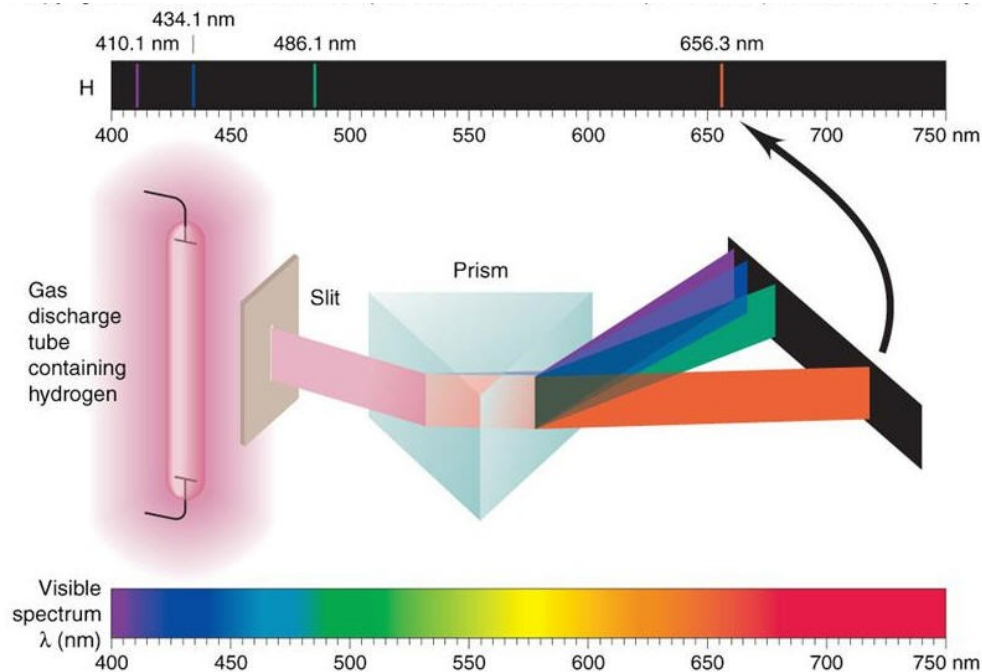
Ja, die Elektronen können sich nur auf bestimmten Bahnen bewegen und können ihren Zustand somit nur sprunghaft ändern. Bei Zufuhr von Energie (Wärmeenergie, UV-Strahlung, etc.) wechseln die Elektronen auf eine höhere Bahn.

Orbitalmodell

Ja, die Elektronen werden als dreidimensionale stehende Wellen beschrieben, die nur bestimmte Schwingungszustände einnehmen und ihren Zustand somit nur sprunghaft ändern können. Bei Zufuhr von Energie (Wärmeenergie, UV-Strahlung, etc.) wechseln die Elektronen zu einem energiereicheren Schwingungszustand.

Frage

Wird das sprunghafte Verhalten der Elektronen in Atomen (Schalenstruktur der Elektronenhülle) durch das Atommodell **ursächlich** erklärt? Begründen Sie Ihre Aussage.



Antwort

Schalenmodell

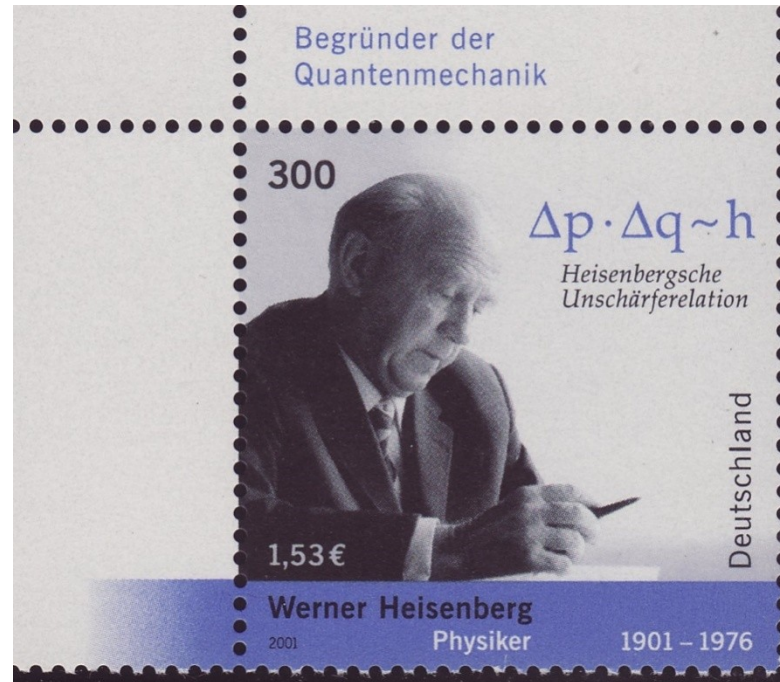
Nein, im Bohr'schen Schalenmodell wird keine Ursache für das sprunghafte Verhalten der Elektronen in Atomen angegeben. Dieses Verhalten wird lediglich **postuliert**, um die Experimente zu Ionisierungsenergien und Flammenfarben erklären zu können.

Orbitalmodell

Ja, das sprunghafte Verhalten der Elektronen folgt direkt aus dem Wellencharakter der Elektronen. Eingespernte Wellen können nur bestimmte Schwingungszustände einnehmen.

Frage

Steht das Atommodell im Einklang mit der Heisenberg'schen Unschärfebeziehung? Begründen Sie Ihre Aussage.



Antwort

Schalenmodell

Nein, das Schalenmodell steht im direkten Widerspruch zu der Unschärfebeziehung. Würde sich das Elektron auf einer definierten Umlaufbahn um den Kern bewegen, so könnte man seine Geschwindigkeit bestimmen und damit auch den Ort ausrechnen.

Orbitalmodell

Ja, aus der Schrödingergleichung kann lediglich die Aufenthaltswahrscheinlichkeit, nicht aber der genaue Ort und die genaue Geschwindigkeit berechnet werden.

Arbeitsblatt

(Lernende)

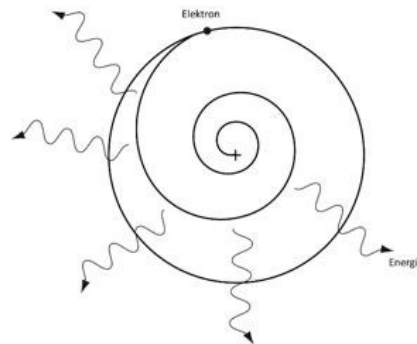
ORBITALMODELL

ARBEITSBLATT V/3

V. Orbitalbegriff



Frage 3: Wird die Tatsache, dass das negativ geladene Elektron **nicht** in den positiv geladenen Kern einstürzt, durch das Atommodell **korrekt beschrieben**? Begründen Sie Ihre Aussage.



Schalenmodell

Orbitalmodell

Arbeitsblatt

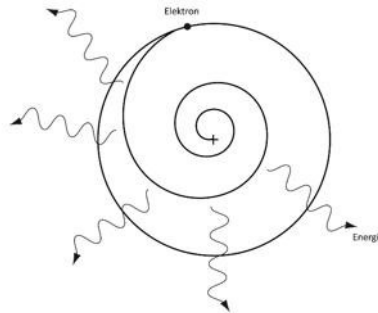
(Lehrkraft)

ORBITALMODELL

ARBEITSBLATT V/3 LK

V. Orbitalbegriff

Frage 3: Wird die Tatsache, dass das negativ geladene Elektron **nicht** in den positiv geladenen Kern einstürzt, durch das Atommodell **korrekt beschrieben**? Begründen Sie Ihre Aussage.



Schalenmodell

Ja, entsprechend dem ersten Postulat von N. Bohr können sich die Elektronen nur auf bestimmten Bahnen mit genau vorgegebenen Radien bewegen.

Orbitalmodell

Ja, die stehenden Wellen können nur bestimmte Schwingungszustände einnehmen, von denen kein einziger im Atomkern liegt.

A blue-tinted banner image at the top of the slide showing a building with a dome and a mountain range in the background.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!