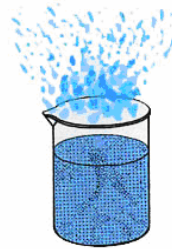
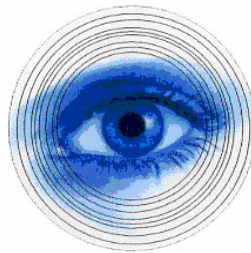
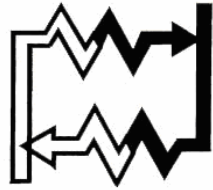


**Landeselternverband
gehörloser u. schwerhöriger Kinder und Jugendlicher
Nordrhein-Westfalen e. V.**



Physik für Schülerinnen und Schüler
mit sonderpädagogischem Förderbedarf
im Förderschwerpunkt Hören und Kommunikation
im Bildungsbereich der Sekundarstufe I

Mechanik, Elektrik Strahlung/Optik Wärmelehre

Methodisch-didaktischer Kommentar

Dieses Projekt wurde gefördert vom



Ministerium für
Schule und Weiterbildung
des Landes
Nordrhein-Westfalen



In der Zeit von 1988 bis 1993 erstellte eine Gruppe aus Lehrern unter der organisatorischen Leitung des LSW und der didaktisch-methodischen Beratung des Rhein.-Westf. BK f. Hörgeschädigte Essen die Rohfassungen für vier Handreichungen (Elektrik, Wärme, Mechanik, Strahlung/Licht). Die Folien und Arbeitsblätter wurden von den beteiligten Lehrern hergestellt und im Unterricht erprobt.

Übersicht:

Themen der Handreichungen			
Mechanik M	Elektrik E	Strahlung/Licht S	Wärme W
Kraft und Gegenkraft Stoß- und Gegenstoß	Stromkreis als System Modell eines „unsichtbaren Elektrizitätsrings“	Strahlung und Hindernis Wellenmodell Reflexion, Brechung Bildentstehung	Innere Bewegung der Materie Unsere Welt und die Welt der Atome

Jede der vier Handreichungen bleibt auf der anschaulich-qualitativen Betrachtungsebene und geht von **einer einzigen zentralen Grundidee bzw. Modellvorstellung** aus. In herkömmlichen Physikmaterialien werden die Modellvorstellungen meist zu Anfang kurz eingeführt und danach nicht mehr thematisiert. Hier jedoch wird fast in jede Folie oder jedem Arbeitsblatt der erarbeitete Lernschritt auf die durchgängige Modellvorstellung bezogen. Der Lernprozess wird so extrem spracharm und visuell gesteuert. Die verwendeten Alltags- und fachsprachlichen Begriffe werden im Zusammenhang mit den Erfahrungen der Schüler- und Schülerinnen eingeführt und abgesichert. Gleichzeitig wird konsequent auf Berechnungen, die Einführung von Formeln und Formelzeichen verzichtet um den Lernprozess auf die sprachliche Bewältigung der Lernsituation zu beziehen.

Zu jedem Arbeitsblatt gibt es für die Lehrer Lernziele und einen kurzen didaktisch-methodischen Kommentar.

Die verwendeten Sprachstrukturen sind gesondert am Ende der Handreichung dargestellt. Die stark reduzierte Menge der Fachbegriffe bietet zukünftig einen Ansatz einen festen Satz „Fachgebärden“ als Kommunikationshilfe für den Physikunterricht zu entwickeln.

Die Materialien der Handreichungen sind so gegliedert, dass im **ersten Lernschritt** mit Hilfe von Experimenten, über spielerische Zugänge und über geeignetes Bildmaterial eine **Bestandsaufnahme** des Phänomenbereichs auf die jeweilige Grundidee/Modellvorstellung bezogen wird. Im **zweiten Lernschritt** werden diese Erfahrungen und Beobachtungen mit reduzierten sprachlichen Mitteln geordnet und **überschaubar** gemacht. Nachdem auf diese Weise die Schüler und Schülerinnen an die Betrachtung der Phänomene unter dem Aspekt der Grundidee/Modellvorstellung gewöhnt wurden, lässt sich in einem **dritten Lernschritt** die Phänomenbasis **erweitern**. Auf dieser Erfahrungsbasis kann sich der Beobachtung- und Beschreibungsprozess der Schüler im **vierten Lernschritt** an immer neuem Material **entfalten**. Der Unterricht bleibt durchgängig Problem- und Handlungsorientiert.

1. Mechanik als Wechselspiel von Stoß- und Gegenstoß

1.1 Lernschritt 1: **Beobachtungen zur Bewegungsübertragung (M1)**

Die gegeneinander stoßenden Gegenstände verformen sich. Diese Verformung ist je nach Material direkt beobachtbar (**MI.1.1**) oder lässt sich durch Hilfsmittel indirekt sichtbar

machen(M1.1.3). Dabei wird die Stärke der Bewegungsänderung der beteiligten Gegenstände in Bezug zur gegenseitigen Verformung gesetzt.

Zur **Bestandsaufnahme (M1.1 - M1.3)** werden Spielsituationen von den Schülern- und Schülerinnen so durchgeführt, dass die „Verformung beim Bewegungsübergang“ von ihnen beobachtet und beschrieben werden kann.

Während in den Spielsituationen die Rahmenbedingungen wie

- unterschiedliche Masse der Gegenstände
- Zusammenstöße aus unterschiedlichen Richtungen (M1.2)
- unterschiedliche Materialien

usw. variiert werden, bleibt die Aufmerksamkeit auf die gegenseitige Verformung gerichtet. Auf diese Weise ordnen die Schüler- und Schülerinnen einen Grundbestand an Alltagssituationen unter dem Aspekt der Bewegungsübertragung (actio=reactio)

1.2 Lernschritt 2: **Einfluss der Masse auf die Bewegungsübertragung (M2)**

Der Einfluss der Masse als physikalische Eigenschaft der Körper, die von den Schülern - und Schülerinnen bewegt- bzw. aufgefangen wurden, ist in den Einstiegsexperimenten schon deutlich gemacht worden.

Durch die Beschränkung auf einfach geformte Gegenstände (Kugeln) lassen sich die grundlegenden Regeln der Bewegungsübertragung **überschaubar machen**. Die beiden Einflussgrößen, die Masse (alltagssprachlich Schwere) und die Geschwindigkeitsänderung, werden in einer Experimentierreihe systematisch variiert.

Die Ergebnisse werden einerseits durch eine typische Visualisierung, andererseits durch einfache sprachliche Formulierungen festgehalten. Die Variation der Experimente beginnt mit Körpern gleich großer Masse und endet bei Experimenten und Überlegungen von extrem verschieden schweren Körpern (M2.2.4). Bei der Wechselwirkung zwischen Körpern mit extrem unterschiedlicher Masse lässt sich die Bewegung am schwereren Körper nicht mehr direkt "außen" beobachten, sondern nur noch als "innere Bewegung" vorstellen.

1.3 Lernschritt 3: **Stoßfolge als Grundlage des Kraftbegriffs (M3)**

Im Lernschritt 2 wurden viele Merkmale der Alltagssituationen aus Lernschritt 1 (Bestandsaufnahme) abstrahiert. Im dritten Lernschritt untersuchen die Schüler- und Schülerinnen deshalb den Einfluss der Masse in bekannten Alltagssituationen.

Ansatz bietet das Verhalten von Körpern bei der Kurvenfahrt. Was geschieht wenn die Verbindung zum zweiten Stoßpartner wegfällt? (M3.1.1) Oder umgekehrt gefragt: Wie lässt sich aus einer geradlinigen Bewegung eine kreisrunde, glatte Bewegung machen?

Durch diese Überlegungen und Experimente wird der in Lernschritt 1 und 2 erarbeitete Begriff des Stoßes (für den Lehrer: „Impulsänderung als Zustandsänderung“) anschaulich zu einer ständig wirkenden Kraft (für den Lehrer: „Zustandsänderungsrate“

$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$) erweitert. Dabei kann die jeweilige Kraft als „Stoßfolge“ auch durch eine "Ruckfolge" ersetzt werden.

Im Abschnitt M3.2 wird die am Beispiel der Kreisbewegung entwickelte Vorstellung der **Stoßfolge (Kraft)** auf die Untersuchung der Gleitreibung angewendet. Dabei wird die Reibungskraft anschaulich auf die Zusammenstöße der winzigen Unebenheiten der Gegenstandsoberflächen zurückgeführt. Reibungskräfte sind für die Bewegungsänderung in den meisten Fällen unabdingbar. Mit der Betrachtung einiger Fälle, in denen die Reibung wichtig ist, endet der Lernschritt zur Reibungskraft.

Im Abschnitt **M3.3** wird die Vorstellung einer Stoßfolge zunächst auf die Wechselwirkung zwischen Magneten übertragen. Dabei wird an ausgewählten Experimenten ähnlich der Experimente in Lernschritt 2 geprüft, ob die dort gelernten Regeln zum Einfluss der Masse auch bei Stößen gelten, bei denen sich die Gegenstände **nicht** direkt berühren.

Die Übertragung der Überlegungen auf die Gewichtskraft schließt den Lernschritt der **Erweiterung** ab. Mehrere weitere Abstraktionsvorgänge müssen angebahnt und in einen Zusammenhang gebracht werden. Zunächst der Übergang von der waagerechten Stoßrichtung bei den Experimenten mit den Magneten in die vertikale Richtung bei der Schwerkraft zwischen Erde und Gegenstand. Dann wird an das Extrembeispiel aus Lernschritt 2 erinnert, dass es sich bei der Gewichtskraft um eine Stoßfolge zwischen sehr ungleichen Partnern handelt, aber trotzdem jeder Partner der Wechselwirkung unterliegt. Schließlich die ungewohnte Betrachtung von Himmelskörpern als Gegenstände wie jeder Alltagsgegenstand auch nur mit gigantischen Abmessungen und Massen.

Der Begriff der (Kraft) **Stoßfolge** wird anschaulich in dem Ausgleichsvorgang zwischen der Federkraft (als Ausgleichskraft zur Gewichtskraft) und der Gewichtskraft in Form einer Filmbildserie dargestellt. Diejenige Ruhelage, die sich massenabhängig einstellt, wird als "Gleichgewicht" bezeichnet.

1.4 Lernschritt 4: **Bewegungsübertragung zwischen Körpern mit Massenverteilung** **(M4)**

Im Lernschritt 2 und 3 wurde ausschließlich mit sogenannten Punktmassen experimentiert. Die Experimente wurden so manipuliert, dass die Massen**verteilung** der daran beteiligten Gegenstände keinen Einfluss hatte. In den Lernschritten 2 und 3 wurden die Experimente so durchgeführt, als ob die gesamte Masse des Gegenstands in einem Punkt vereinigt wäre.

Die Bewegungsübertragung zwischen **ausgedehnten**, natürlichen Körpern lässt sich anschaulich mit den erarbeiteten Mitteln ordnen, dabei **entfaltet** sich der bisherige Lernprozess in den Bereich der technischen Anwendungen. Der Einstieg wird über die Funktionsanalyse eines Hebelsystems aus dem Altertum gemacht, weil damit gleichzeitig die Thematik einfacher Maschinen und Werkzeuge aufgegriffen werden kann (**M4.1.1**). Alltagsgegenstände sind prinzipiell Hebelsysteme, weil man sich ihre Masse an "gedachten" Hebeln verteilt denken muss. Die Stoßexperimente (**M4.1.2 - M4.1.3**) zeigen, dass ein "ausgedehnter Körper" Drehungen machen muss, wenn er **nicht** im Zentrum (Stoßpunkt) angestoßen wird. Bei veränderter Massenverteilung verändert sich auch die Lage des Zentrums (**Stoßpunkt**).

In Lernschritt **M4.2** wird der Begriff "Stoßpunkt" durch den Begriff "**Stützpunkt**" ersetzt. Damit lassen sich die Lernergebnisse aus **M4.1** auf die Probleme der Balance übertragen. In **M4.2.3** wird das Begriffssystem mit den Begriffen "**Lastpunkt**" und "Abstand zwischen und" erweitert und die Lernerfahrung durch eine ausführliche experimentelle Analyse an vielen Beispielen vertieft. (**M4.2.4 - M4.2.6**).

Im Lernschritt **M4.2.7** wird der Begriff des **Schwerpunkts** angebahnt. Zur Analyse von verschiedenartigen Werkzeugen als einseitige und zweiseitige Hebel wird das Begriffssystem um die Begriffe "**Angriffspunkt**", "**Lastarm**" und "**Kraftarm**" schrittweise erweitert. (**M4.3.1 - M4.3.7**). Die Schüler lernen, dass die kraftverstärkende Wirkung dieser Werkzeuge darauf zurückzuführen ist, dass der Lastarm kleiner als der Kraftarm ist.

Das **Rad**, als wichtigstes Bauteil in vielfältiger Form in den meisten mechanischen Systemen als Zahnrad, Rolle usw. vorhanden, wird als "**allseitiger**", zweiseitiger **Hebel** eingeführt (**M4.3.8**). Die Leistungsfähigkeit des entwickelten Begriffssystems entfaltet sich an der

Analyse eines kompletten Systems, dem Fahrrad. Dessen Funktion wird schrittweise auf die Wechselwirkung zwischen verschiedenartigen Hebeln zurückgeführt.

2. Elektrik Einführung in die Analyse eines Systems

2.1 Lernschritt **Bestandsaufnahme: Aufbau des elektrischen Stromkreises (E1)**

Erfahrungen und Beobachtungen der Schüler- und Schülerinnen bei Experimenten mit dem elektrischen Stromkreis werden auf die Grundidee/Modellvorstellung eines, für das menschliche Auge unsichtbaren „Elektrizitätsringes“ bezogen. Dieser „Elektrizitätsring“ bewirkt, dass die einzelnen Teile des Stromkreises, die Spannungsquelle (Antrieb), die elektrischen Leitungen und der Widerstandsdraht (Bremse) als System zusammenwirken. Ändert sich die Stärke der Einwirkung an einem Teil, so überträgt der „Elektrizitätsring“ unmittelbar diese Veränderung auf den gesamten Stromkreis.

In der Erprobungsphase der Handreichung stand den Schulen ein vom IPN Kiel hergestelltes mechanisches Stromkreismodell zur Verfügung, an dem die Schüler- und Schülerinnen „greifbare Erfahrungen“, mit dem Elektronenring (vgl. folgende Abbildung) machen konnten:



Heute lässt sich die Auseinandersetzung mit den verschiedenen Einwirkungen auf den „Elektronenring“ unterstützen durch Beobachtungen an einem geeigneten mechanischen System, z.B. dem Antrieb (Tretkurbel), der Kette, die Übertragung auf das Rad und die Bremswirkung am Reifen beim Fahrrad. Mehrere Bremsstellen bewirken ähnliches wie eine Reihenschaltung, parallel laufende Reifen bilden in der Wirkungsübertragung eine Parallelschaltung ab. Eine weitere Hilfe bieten die Java-Applets (vgl. Anhang) zum Stromkreis.

Für eine **Bestandsaufnahme** der Erfahrungen der Schüler- und Schülerinnen wird in Lernschritt **E 1.1** von Manipulationen an einer Blackbox ausgegangen. Alle Teile des Stromkreises müssen genauso zusammenwirken wie bei einem mechanischen Vorgang. Die Beobachtungen werden geordnet durch die Vorstellung eines in Metallen beweglichen „Elektrizitätsringes“, der allerdings unsichtbar bleibt. Bei **E 1.2** bis **E 1.4** wird die Aufmerksamkeit auf die notwendige Zusammengehörigkeit der Stromkreisteile gelenkt „ohne die es nicht leuchtet“. Diese Manipulationen werden bei der Einübung der normgerechten Darstellung der Stromkreisteile wiederholt und **überschaubar** gemacht (**E 1.5** bis **E 1.11**).

2.2 Lernschritt „Funktion des elektrischen Stromkreises“ E2 bildet eine neue Blackbox den Ausgangspunkt für die genauere Untersuchung der Vorgänge, die sich in einem Stück Widerstandsdraht bzw. in den Leitungen unsichtbar abspielen. Indem die Schüler- und

Schülerinnen mit verschiedenartigen Metallen und Nichtmetallen experimentieren (*E 2.1 bis E 2.4*) erkennen sie die, für die Funktion des Stromkreises entscheidende Bedeutung der Materialien, die Bewegung des „Elektrizitätsringes“ möglich „leitet „ oder unmöglich „leitet nicht“ zu machen. Auch der Schalter als Nahtstelle zwischen Metall und Nichtmetall (Luft leitet nicht) wird so als Teilsystem des Stromkreises eingeordnet.

2.3 Lernschritt **Eigenschaften der Stromleiter E2.10**

Die Untersuchung des Widerstandsdrahtes in einer Glühlampe (*E 2.10 bis E 2.20*) zeigt (**Erweiterung**), dass Metalle verschieden gut leiten. Kupfer ermöglicht eine gute Beweglichkeit des „Elektrizitätsringes“ ,Konstantan(Eisen) stellt eine Behinderung der Beweglichkeit dar. Ähnliche Wirkungen lassen sich durch Manipulationen der Drahtdicke bei demselben Metall erreichen.

Mit der Stärke des Antriebes lässt sich auch Experimentieren (Batterie, Trafo) und die Wärmewirkung kann sowohl größer und kleiner als auch durch Veränderung des Materials oder der Dicke an ganz bestimmte Orte des Stromkreises konzentriert werden. Die Funktion von Widerstanddraht, Sicherung und anderer Bauteile kann so verstanden werden. Der Kurzschluss erscheint als ein Stromkreis „ ohne Behinderung“ weshalb die Wärmewirkung im gesamten Leitungssystem gleichmäßig verteilt wird. (*E 2.23*)

2.4 Lernschritt 4 Reihenschaltung-Parallelschaltung

Auf diese Weise **entfaltet** sich die Argumentation mit der Grundidee/Modellvorstellung des „ unsichtbaren Elektrizitätsringes“ durch alle weiteren Erfahrungen und Beobachtungen der Schüler- und Schülerinnen hindurch. Dieser Lernschritt wurde in den Unterrichtsmaterialien nicht ausgeführt, da hier auf herkömmliches Arbeitsmaterial zurückgegriffen werden kann. Der Wortschatz und die sprachlichen Strukturen sind sowohl alltagssprachlich als auch fachsprachlich extrem minimiert und auf das sprachliche Niveau der Schüler abgestellt.

3. Strahlung/Licht als „gerichtete Bewegung vom Sender zum Empfänger“

3.1 Lernschritt 1: **Strahlenquelle, Strahlenweg und Hindernisse (S1)**

Die vorgeschlagenen Versuche *S 1.1 bis S 1.5* erkunden spielerisch aus dem Alltag vertraute Phänomene aus dem Inhaltsbereich Wärmestrahlung und Licht(Optik). Zu Beginn wird die jeweilige Strahlungsquelle (Sender), den die Strahlung empfangenden Sinnen (Empfänger)gegenübergestellt (Hautsinn, Auge) und damit werden Wärmestrahlung und Lichtstrahlung demselben Phänomenbereich zugeordnet. Die **Bestandsaufnahme** soll die Neugier wecken, ohne dass sofort abschließende Antworten gegeben werden. Strahlung lässt sich durch Hindernisse auf dem Weg zwischen Sender und Empfänger vielfältig beeinflussen. Zwischen Sender und Empfänger geschieht so etwas, wie eine gerichtete Bewegung, die man nicht unmittelbar wahrnehmen kann. Durch die Variation der Beschaffenheit der Hindernisse bei den folgenden Experimenten wird diese Einsicht schrittweise herausgearbeitet und in Sprache gefasst.

Lernschritt 2: **Vorstellung von Strahlung/Licht (S2.1)**

In *S 2.1 bis S 2.9* werden zunächst Analogien zwischen dem „ Strahlen“ der Strahlungsquellen und der „gerichteten Bewegung“ von mechanischen Wellen auf der Oberfläche verschiedener Medien (Wasser etc.) vorgestellt und versprachlicht. So wird das Schema „ Sender- Empfänger“ mit dem vorläufigen Begriff „ Strahlen“ zusammengeführt. Die Sonne erscheint als ein Sender, von dem genauso eine „ gerichtete Bewegung „ ausgeht

wie von einem auf eine Wasseroberfläche fallenden Tropfen, wobei die Strahlen durch die jeweilige Ausblendung aus der kreisförmigen (allseitigen) Ausbreitung entstehen (*S 2.3*). Dies wird durch den Vergleich Sonne-Taschenlampe gesichert. Durch eine Versuchsreihe mit Wasserwellen lernen die Schülerinnen und Schüler charakteristische Merkmale der Wellenbewegung zu beobachten und zu beschreiben. Dazu gehört auch die Veränderung der Wellenbewegung beim Übergang durch Hindernisse *S 2.6*. Die Unsichtbarkeit der Wellenbewegung wird in einer Anknüpfung an die Formulierung aus dem Inhaltsbereich „Wärme“ *W 2.9* mit der dort benutzen Formulierung „ich sehe nicht, aber ich denke“ als Modellvorstellung (Wellenmodell) bezeichnet. Die als Welle gekennzeichnete, „gerichtete geradlinige Bewegung“ kann auf diese Weise die Beispiele aus Lernschritt 1 **überschaubar machen**. Dies wird zunächst auf die Wärmestrahlung zwischen Kochplatte als Sender und Hand als Empfänger angewendet und anschließend an anderen Beispielen sprachlich eingeübt (*S 2.11 – S 2.14*)

3.3 Lernschritt 3 **Hindernis und Strahlung/Strahlung und Hindernis Erweiterung der Erfahrungsbasis (S3.1)**

Auf der Grundlage des Wellenmodells als Vorstellung „gerichteter, geradliniger Bewegung“, zwischen Sendern und Empfängern wird nun in Experimenten die Wechselwirkung zwischen Hindernissen und Strahlung experimentell untersucht und sprachlich genau definiert. In *S3.1* bis *S3.3* werden Alltagsbeobachtungen an spiegelnden glatten und gekrümmten Flächen in einfacher Sprache formuliert. In *S3.4* bis *S3.6* wird mit dem Begriffspaar „einfallend-ausfallend“ die Richtungsveränderung beobachtet und mit der Wellenvorstellung in Einklang gebracht. Hier sind unterstützende Experimente mit Oberflächenwellen ergänzend zu dem Arbeitsmaterial hilfreich.

Die Gerichtetheit von Lichtbündeln, die bei glatten Flächen erhalten bleibt, wird bei rauen Flächen zerstört. Indem die Schülerinnen und Schüler die Unebenheit der rauen Oberfläche mit vielen Taschenspiegeln „nachbilden“, kann die zerstreue Wirkung verstanden werden. Das Gegenteil – die Verdichtung der gerichteten Wellenbewegung – bewirkt der glatte Hohlspiegel *S 3.1.7* bis *S3.1.11*, wobei dieselbe Unterrichtsmethode (Nachstellen mit Taschenspiegeln) verwendet wird. Der Begriff des Brennpunktes wird an dieser Stelle eingeführt.

In *S 3.2* wird die unterschiedliche Wärmewirkung von Strahlung bei glatten, hellen und bei dunklen, rauen Hindernissen untersucht. Dabei wird der Zusammenhang zwischen der Stärke (Helligkeit) der Strahlung vor und nach der Reflexion an der unterschiedlich starken Erwärmung der Hindernisse untersucht und sprachlich einfach formuliert *S 3.2.3*.

3.4 Lernschritt 4 **optische Versuche und Projekte S4.1**

In den drei abschließenden Einheiten *S 4.1* „Bildentstehung bei der Lochkamera“, *S 4.2* „Bildentstehung bei ebenen Spiegeln“ und *S 4.3* „Brechung mit Bildentstehung bei Linsen“ wird anders als im traditionellen Physikunterricht der Strahlengang immer wieder in Bezug zur Modellvorstellung der „gerichteten, geradlinigen Wellenbewegung“ gesetzt. Gestützt auf diese Wellenbewegung kann sich der Lernvorgang **entfalten** und späterer Transfer des Wissens wird vorbereitet.

Damit das forschend entwickelnde Vorgehen das Interesse der Schülerinnen und Schüler anregt, ist die gesamte Einheit als Experimentierreihe mit Schülerexperimenten konzipiert. Der Lehrer oder die Lehrerin unterstützt das Lernen durch Bereitstellung der Materialien, Hilfestellung bei der Lösung und der Klärung der Fragestellungen und weist dabei immer wieder auf die Vorstellung der „gerichteten Bewegung“ hin.

Nach der Benennung der Gegenstände, mit denen die Ausbreitung der Strahlung manipuliert werden soll *S 4.1.1* „Lampe-Lochblende-Mattscheibe“, basteln die Schülerinnen und Schüler zunächst eine funktionsfähige Lochkamera, die als Grundlage für die weiteren Versuche dient.

Weil ausgedehnte, flächige Strahlungsquellen von jedem Oberflächenpunkt aus senden, wird der Begriff „Punktsender“ an vielen Beispielen deutlich gemacht (*S 4.1.2 ff*).

Der Begriff „Punktsender“ wird mit dem Begriffspaar „selbstleuchtend- fremdleuchtend“ erweitert (*S 4.1.6*). Indem die Schülerinnen und Schüler den vom Auge erfassbaren Ausschnitt zum Punktsender zurückverfolgen, lernen sie die Begriffe „Strahlungs Bündel“ und „Randstrahlen“ anwenden. Erst danach kann die Frage „Warum steht das Bild auf dem Kopf?“ durch Versuche und zeichnerische Rekonstruktion beantwortet werden (*S 4.1.8*) bis (*4.1.12*)

Der Vergleich der selbstgebauten Lochkamera mit der geschichtlichen Entwicklung der Kamera bis heute *S 4.1.13* gibt eine Anregung sich mit den Eigenschaften und der Anwendung moderner optischer Geräte zu beschäftigen.

S 4.2 „Bildentstehung“ bei ebenen Spiegeln“ beginnt mit einem Demonstrationsversuch „als Zaubertrick“. Die schrittweise „Enträstelung“ des Zaubertricks gibt den Unterrichtsverlauf vor. Hierbei verfolgen die Schüler und Schülerinnen den Verlauf der Randstrahlen vom Empfänger (Auge) zurück zum Sender.

Das Begriffspaar „wirklich-scheinbar“ (reell - virtuell) wird zur zeichnerischen Rekonstruktion mit Hilfe der Randstrahlen (*S 4.2.7 bis 4.2.10*) systematisch eingesetzt. (*S 4.2.11 und S 4.2.12*) bieten kleine Projekte zur Selbstkontrolle an.

S 4.3 „Brechung und Bildentstehung mit Linsen“ führt zunächst das Brechungsphänomen in Alltagssituationen, Freihandversuchen und Experimenten vor. Wasser und Glas als Vertreter optisch dichter Medien verursachen bei der Strahlung eine Richtungsveränderung *S 4.3.2*.

Der Vergleich zwischen schräg einfallenden Wasserwellen an ansteigenden, flacher werdenden Untergründen mit einem schrägeinfallenden Lichtbündel in ein optisch dichteres Medium gibt Anlass, eine Erklärung der Brechung mit dem Wellenmodell zu versuchen.

Das Verhalten der Wellenfront lässt sich im Rollenspiel nachspielen und verstehen. (*S 4.3.4*)

Die Erklärung der Brechung als Richtungsänderung abhängig von der schnelleren oder langsameren Bewegung in optisch dichten oder dünnen Medien (*S 4.3.5 bis 4.3.6*) bildet die Voraussetzung für die Schülerexperimente mit gekrümmten Glaskörpern (*S 4.3.7 bis 4.3.8*).

Sammel- und Zerstreungslinsen lassen sich aus Prismenstücken zusammengesetzt vorstellen und so lässt sich der Strahlengang aus Teillichtbündeln rekonstruieren (*S 4.3.9*).

Am Beispiel der Abbildung mit dem Tageslichtprojektor werden die Begriffe Bild- und Gegenstandsweite (bzw. Größe) definiert und ihre Beziehung untereinander (Linsengleichung) qualitativ im Schülerexperiment untersucht (*S 4.3.10*).

Die Analyse verschiedener Sehorgane bildet den Abschluss der Entfaltung und verbindet Kenntnisse der Physik mit denen aus der Biologie. Zu Beginn wird das Auge mit der bekannten Lochkamera verglichen, danach die besondere Konstruktion und Leistungsfähigkeit des menschlichen Auges untersucht (Akkommodation). Abschließend wird die korrigierende Funktion verschiedener Brillen untersucht (*S 4.3.12 bis 4.3.13*).

4. Wärme als innere, unsichtbare Bewegung

4.1 Lernschritt 1: Wärme und Bewegung (W1.1)

Bei der **Bestandsaufnahme** beobachten die Schüler- und Schülerinnen die langsame bzw. schnelle Auflösung von Tintentropfen in heißen bzw. kaltem Wasser (*W 1.1.1*). Das Wärme sich zur eigenen Körpererfahrung in Beziehung setzen lässt und das Unruhe und Bewegung zur Auflösung der Ordnung von Personengruppen führt, wird anschließend im Begriffspaar „kalt/langsam-ruhig“ bzw. „warm/schnell-unruhig“ erfasst (*W1.1.3-W1.1.8*). Dieses Begriffspaar wird in *W1.2* „vom Eis zum Wasserdampf“, an den Beobachtungen der Übergänge zwischen den Aggregatzuständen systematisch genutzt. Hierbei wird „stellvertretend“ für das Wasser (Eis, Wasserdampf) der jeweilige Zustand der Personengruppe mitgedacht und zeichnerisch dargestellt.

4.2 Lernschritt 2: **Einführung der Idee/Modellvorstellung (W1.3.2)**

Die **Idee/Modellvorstellung** einer „inneren, unsichtbaren Bewegung“ kann die Phänomene, die mit dem Erfahrungsbereich Wärme zusammenhängen **überschaubar machen**. Hierzu wird zunächst problematisiert, dass „Sichtbares und Unsichtbares“ von der Nähe bzw. Ferne und von der Ausrüstung (Fernglas, Lupe, Mikroskop) des Beobachters abhängig ist. Dies wird in den Formulierungen „du siehst nicht, aber du weißt“ und „unsere Welt, Welt der Atome“ festgehalten (*W 1.3.2- W 1.3.7*). Die Erklärung des Tinte-Wasser-Experiments wird auf Stöße (*W 1.3.8*) der „unsichtbaren Teilchen“ zurückgeführt und im Begriffspaar Körper: „warm/kalt Atome: schnell/langsam dargestellt (*W 1.3.9*)

4.3 Lernschritt 3: **von der Bewegung zur Ruhe (W1.4), von der Ruhe zur Bewegung Bewegung braucht Raum(W2.1)**

Der Erklärungsrahmen für die Idee/ Modellvorstellung der „inneren, unsichtbaren Bewegung“ wird auf die Ausdehnung von festen, flüssigen und gasförmigen Materialien **erweitert**. Hierzu werden zuerst wiederholend die erarbeiteten Begriffe auf das Tinte-Wasser-Experiment bezogen (*W 1.4.1-W1.4.3*). Dabei wird jetzt das Verhalten der Tinte als Indikator für den Wärmezustand des Mediums genutzt (*W 1.4.4*). In *W 2.1*, „Bewegung braucht Raum“, wird zunächst an Flüssigkeiten (*W 2.1.1- W 2.1.8*) beobachtet, wie sich die Ausdehnung (Raumerfüllung) für die Wärmezustandsbestimmung nutzen lässt (Thermometer). Danach wird die raumgreifende Wirkung der Wärme mit dem Begriffspaar „unsere Welt /die Welt der Atome“ geklärt(*W2.1.9-W2.1.11*). Nach einführenden Experimenten zum gasförmigen Zustand(Luft) und Luftdruck(*W2.1.12*) wird Luft als Material wie vorher Wasser unter dem Aspekt der Wärmezufuhr untersucht(*W2.1.16*). Im Ergebnis (*W2.1.17*) verhält sich Luft ähnlich wie Wasser und dies wird abschließend in einer ausführlichen Experimentierreihe an festen Körpern (Metallen) untersucht (*W 2.1.18-W2.1.32*). Dabei kann das Erwärmungsverhalten vieler Alltagsgegenstände eingeordnet werden.

4.4 Lernschritt 4 : **„Bewegung verteilt sich“ W2.2**

In der Lerneinheit **W 2.2 entfaltet** sich die Idee/Modellvorstellung der inneren, unsichtbaren Bewegung in verschiedene Alltagsbereiche hinein, indem die Bewegungsübertragung (*W2.2.10*) durch Stöße zwischen den unsichtbaren Teilchen und die Qualität der Stoßübertragung untersucht wird. Dies wird anschaulich an der Stoßübertragung zwischen „Dominosteinen“ nahegelegt.

Zunächst wird abgesichert, dass die Schüler- und Schülerinnen Bereiche starker bzw. schwacher Bewegung sprachlich sicher bezeichnen bzw. beschreiben können. Die Schüler gehen im Alltag mit Gegenständen um die Wärmezustände speichern, Wärmezustände voneinander isolieren und Wärmezustände unterschiedlich schnell weitergeben. Dies wird mit dem „ Stoßmodell“ genauer geklärt (W2.2.1-W2.2.9).

Abschließend lassen sich mit dem erarbeiteten „ Stoßmodell“ als universell einsetzbarem „ Wärmeaustauschpfeil“ die Funktion unterschiedlicher Gegenstände wie Heizung, Isolierfenster, Thermosflasche zwanglos erklären (W 2.2.12-W2.2.16).

Darstellungshilfen im Internet:

In dem Zeitraum in dem die beschriebenen Arbeitblätter entwickelt und im Unterricht erprobt wurden, konnte man für die vier verschiedenen Ideen/Modellvorstellungen auf FWU-Filme, z.B. zur Brown'schen Molekularbewegung, auf Modelle zum Stromkreis „Wassermotiv“ oder Modell des „Elektronenringes“ zurückgreifen. Mit der Entwicklung des Internets stehen viele sogenannte Java-Applets zur Verfügung, die sich kostenlos von den einschlägigen Seiten herunterladen lassen. Stehen im Unterricht „Projektionsmöglichkeiten“ zur Verfügung, so bietet sich die systematische Unterstützung des Lernvorgangs durch anschauliche Medien an.

Im folgenden sind einige Links zu Webseiten angegeben auf denen sich geeignete Java-Applets finden:

5. Anschauliche Darstellung der Idee/Modellvorstellung mit Java -Applets

Voraussetzungen um Java-Applets nutzen zu können

Info: http://www.chip.de/downloads/c1_downloads_13014576.html)

Von der Softwarefirma www.sun.de

5.1 Mechanik:

Verformung Beispiel Trampolin(Video):

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/eva01.html>

Stoß von zwei Kugeln mit Variationen

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/stoss02.html>

elastischer und unelastischer Stoß

<http://www.walter-fendt.de/ph11d/stoss.htm>

Hebelgesetz:

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/hebel1.html>

Flaschenzug:

<http://www.walter-fendt.de/ph11d/flaschenzug.htm>

schiefe Ebene:

<http://www.walter-fendt.de/ph11d/schiefebene.htm>

Himmelskörper:

Erde wird von Sonne eingefangen

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/grav1.html>

Planetarium im Internet:

<http://www.fourmilab.ch/>

5.2 Strahlung/Licht:

Versuche mit der Wellenwanne:

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/optik2.html>

Versuche auf der optischen Bank:

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/optik1.html>

Reflektion/Brechung

<http://physics.uwstout.edu/physapplets/a-city/physengl/huygensengl.htm>

Strahlengang einfach:

<http://physics.uwstout.edu/physapplets/a-city/physengl/refraction.htm>

Abbildungsgesetz von zwei Punktseindern

<http://physics.uwstout.edu/physapplets/javapm/java/clens/index.html>

Strahlengang Keplersches Fernrohr

<http://www.walter-fendt.de/ph11d/refraktor.htm>

5.3 Wärme

Brown'sche Molekularbewegung

Video-Clip lässt sich kostenlos herunterladen:

Aggregatzustände mit Trick

<http://www.fwu.de/db->

[bm/execsearch.phtml?mask=ext&search_dummy=identifizier%20like%20'fwu-%20AND%20fn_verfende%20like%20'0000-00-00'&search_geb=46002&config=fwu](http://www.fwu.de/db-bm/execsearch.phtml?mask=ext&search_dummy=identifizier%20like%20'fwu-%20AND%20fn_verfende%20like%20'0000-00-00'&search_geb=46002&config=fwu)

http://physics.uwstout.edu/physapplets/virginia/www.phys.virginia.edu/classes/109n/more_stuff/applets/brownian/brownian.html

Modellgas zweidimensional:

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/tempdruck.html>

Eigenschaften von Wasser Unterrichtsreihe:

[http://www.learn-line.nrw.de/angebote/nw-
unterrichtsentwicklung/Unterrichtsbeispiele/Wasser.html](http://www.learn-line.nrw.de/angebote/nw-unterrichtsentwicklung/Unterrichtsbeispiele/Wasser.html)

5.4 Elektrik

Modell zum Elektronenring:

<http://www.cornelsen.de/physikextra/htdocs/stromkreis.html>

Vergleich Wassermmodell und Elektronenmodell:

[http://leifi.physik.uni-
muenchen.de/web_ph07_g8/grundwissen/04kreismodell/kreismodell.htm](http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/grundwissen/04kreismodell/kreismodell.htm)

Modell des Elektronengases im elektrischen Leiter:

http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/simulationen/04strom/strom.html

Versuch zum Ohm'schen Gesetz

<http://physics.uwstout.edu/physapplets/a-city/physengl/ohmslaw.htm>

<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/ohm2.html>

6 Materialien, Ergänzungen, Arbeitsblätter, Lernmethoden:

<http://www.schulphysik.de/java1.html>

umfassende Einstiegsseite:

<http://www.ied.edu.hk/has/phys/phyrw.htm>

<http://www.walter-fendt.de/ph11d/>

Überblicksseite aktuelle Entwicklungen in NRW

<http://www.learn-line.nrw.de/nav/sekundarstufen/physik/>

insbesondere Hinweise auf neue Medien im Physikunterricht:

<http://www.learn-line.nrw.de/angebote/neuemedien/medio/softuebl/physik/gphys.htm>

Kompetenzbegriff neuere Entwicklungen in NRW

http://www.learn-line.nrw.de/angebote/nw-unterrichtsentwicklung/konzept_physik.html

(Materiekonzept, Wechselwirkungskonzept, Energiekonzept und Systemkonzept) hier wird ein Überblick über die Schwerpunkte für den Physikunterricht in der SEK I gegeben.

Beispiel für Stationenlernen:

[http://www.learn-line.nrw.de/angebote/nw-
unterrichtsentwicklung/Unterrichtsbeispiele/kleidung.html](http://www.learn-line.nrw.de/angebote/nw-unterrichtsentwicklung/Unterrichtsbeispiele/kleidung.html)

Unterrichtsmaterialien:

Mechanik: <http://www.zum.de/dwu/umapme.htm>

(Übersicht: <http://www.zum.de/dwu/umapaz.htm>)

Einstieg in das Thema „Sinne“

[http://www.learn-line.nrw.de/angebote/nw-
unterrichtsentwicklung/Unterrichtsbeispiele/EinstiegSinne.html](http://www.learn-line.nrw.de/angebote/nw-
unterrichtsentwicklung/Unterrichtsbeispiele/EinstiegSinne.html)

Lehrerfortbildung Bereich Physik neuere Entwicklungen :

http://www.ipn.uni-kiel.de/abt_physik/physikabt.html

Medien für den Unterricht:

<http://www.fwu.de/sl/sachgebiete/physik.php>