

# Schulinternes Curriculum im Fach Physik (Sekundarstufe I)

Askanisches Gymnasium (07Y06) – Berlin

Die nachfolgende inhaltliche Abfolge stellt nach unserer Einschätzung einen sinnvollen Weg für den Umgang mit den vielfältigen Aspekten eines erfolgreichen Unterrichts in diesem Lernbereich dar.

- Didaktische Kommentare (DID) an zentralen Stellen sollen die pädagogische Absicht erläutern.
- Die beschriebenen Experimente (EX) sind verbindliche Elemente des Unterrichts für alle KollegInnen, dabei werden Schülerexperimente (SchEx) und Lehrerexperimente (LEX) als Grundtypen gesetzt.
- Die beschriebenen Modelle (MOD) zur Verdeutlichung und zum besseren Verständnis sind verpflichtend und verbindlich.
- Zusätzliche Materialien (MAT) sichern ab, dass der Einstieg auch für sammlungsfremde KollegInnen möglich ist.

## LERNBEREICH THERMISCHES VERHALTEN DER MATERIE, THERMISCHE ENERGIE UND WÄRME (KLASSENSTUFE 7 : Q1-Q3)

**DID:** Es besteht Einigkeit darüber, dass die Basiskonzepte „Energie“ und „Materie“ prägend für den Unterricht in dieser Klassenstufe zu sein haben. Dies auch, weil sie während des gesamten Unterrichts in der Sekundarstufe als zentrale Argumentations- und Verständnishilfen dienen. Dabei rücken sowohl die zeitliche Abfolge des Zugangs zu beiden Aspekten physikalischen Denkens, als auch die Auswahl und Art der Experimente in den Hintergrund und sind nach unserem Verständnis weitgehend dem/r LehrerIn unter Berücksichtigung der Lerngruppe zur Auswahl überlassen.

Wir halten das Experiment, egal in welcher Form, für den wesentliche Zugang zur Physik, aus diesem Grund sind möglichst viele Experimente auszuwählen, die - nach Maßgabe der Lerngruppe – auch als SchEx durchzuführen sind. Hierdurch werden die S in die Lage versetzt, naturwissenschaftliche Kompetenzen zu erwerben und zu entwickeln. Durch SchEx wird zudem der kommunikative Aspekt der Physik betont, der bei der Entwicklung der Klassengemeinschaft hilfreich ist.

Die beiden genannten Konzepte sind nur auf der Grundlage physikalischer Modellvorstellungen einführbar, insofern muss Zeit auf die Modellgenese verwendet werden, die auch Fehlvorstellungen seitens der S zulässt und diese im Unterrichtsverlauf - nachvollziehbar durch die S – eliminiert. Die Komplexität der Modelle ist nicht vorgebar, sondern muss sich an den Fähigkeiten der Lerngruppe orientieren.

Daneben soll in dieser Klassenstufe das Protokoll als zentrale Dokumentationsinstanz naturwissenschaftlicher Versuche erarbeitet werden. Es ist jedoch nicht Selbstzweck, sondern soll, unter Bezug auf aktuelle Experimente und phänomengebunden, sich als geeignete schriftliche Kommunikationsform erweisen. Damit müssen nach unseren Vorstellungen – ggf. über die Klassenstufe verteilt – folgende Teile eines Protokolls mit den S erarbeitet werden:

- I. Durchführung                      Zentrales Element ist eine (beschriftete) Skizze, ggf. durch eine Materialliste ergänzt, die bei komplexeren Experimenten auch durch einen Textteil unterstützt werden muss.
- II. Beobachtung                      Hier werden sowohl die qualitativen Beobachtungen als auch die quantitativen Resultate (in Form von Tabellen/Graphen) festgehalten. Möglicherweise ist hier eine Mischung mit dem vorangegangenen Teil notwendig.
- III. Deutung/Begründung/Einordnung      Dieser Teil besitzt die größte Relevanz, denn hier findet die Anwendung physikalischen Wissens und Kommunizierens statt. Die S können die Beobachtungen systematisieren, einordnen und ihre Denkweisen bzw. klasseneigene Denkmodelle überprüfen, weiterentwickeln oder falsifizieren. Dieser Teil ist demzufolge auch richtungsweisend für den gesamten weiteren Unterrichtsgang.

Wir sind uns darüber klar, dass diese Protokollform anderen Fächern unzureichend erscheint, jedoch sind die erwähnten Elemente fundamental und können so auch den Erfordernissen anderer Fächer problemlos angepasst werden.

Die nachfolgend genannten Elemente des Unterrichts sind verbindlich, jedoch ist ihre zeitliche Anordnung, wie oben erwähnt, freigestellt:

## 1. Die Temperatur

DID: Stellt die Temperatur den Einstieg dar, so ist ihre Einführung über das subjektive „Wärmeempfinden“ dringend zu empfehlen, da sich daraus die Präzisierung des umweltsprachlichen Begriffs „Wärme“ und die Notwendigkeit einer objektiven Messmöglichkeit ergeben. Wird das Teilchenmodell vorangestellt, so ist die Temperatur als Maß für die (mittlere) Bewegung der Teilchen einzuführen und bei einem Einstieg über die Energie als Maß für den Energiezustand eines Systems, das auf Energiezu- oder -abfuhr mit Temperaturänderungen reagieren kann.

EX: SchEx zur Thermometerkalibrierung.

MAT: Historisch geprägter Text zu A. Celsius als Ausgangspunkt der Kalibrierung bei Stb.

## 2. Die Energie

DID: Stellt die Energie den Einstieg dar, so ist ihre Einführung über den Energiegehalt von Lebensmitteln (Brennwert) zu empfehlen, da sich daraus der Temperaturbegriff (s.o.) und die Idee von Energie als Treibstoff unseres Lebens (Bewegung/Körpertemperatur/Information) anbahnen lässt. Folgt die Energie dem Teilchenmodell, so ist sie die makroskopisch mittelnde Größe über die Bewegung(senergie) der Teilchen in einem Stoff und ermöglicht eine einfache sprachliche Darstellung der kinetischen Verhältnisse in einem (gasförmigen) Körper. Die Präzisierung des umweltsprachlichen Begriffs „Wärme“ als Sonderform von Energie ist notwendig, wird aber verbunden mit der Einführung anderer Energieformen (Chemische, elektrische,...). Davon ausgehend sollen die bilanzartigen Aspekte von Energieumwandlungen in Experimenten deutlich gemacht werden, die zu einem ersten Energieflussdiagramm führen. Dieses verdeutlicht den Verlustaspekt und intendiert somit die Energieerhaltung. Weitere Experimente zum Energietransport (strahlend, diffusiv, leitend) und zur Energiespeicherung sollen die Umwelt- und Alltagsrelevanz dieses Begriffs unterstreichen.

EX: Vielfältige SchEx und LEx zu Energieumwandlung, -transport und -speicherung.

## 3. Das Teilchenmodell der Materie

DID: Das Brown-Experiment mit Milch ist als Einstieg verbindlich und lässt sich auch zwanglos in die Abfolge 1-3 oder 2-3 einordnen. Am Mikroskopbild kann die Ursache der zufälligen Bewegung von Teilchen durch zufälligen Kollisionen überzeugend erarbeitet und mit anderen Medien (Rollenspiel; Simulationen von PhET-Colorado; Videos) unterstützt werden. Das Teilchenmodell startet mit dem Massenpunktmodell des Gases, muss aber auch dem Bindungsaspekt der Teilchen (eigeführt als Kraft/Interesse/Klettverschluss...) Rechnung tragen, da ein wesentlicher Zweck dieses Unterrichtsteils das Verständnis der Aggregatzustände und ihrer Umwandlungen ist.

EX: Brown-Experiment mit Milch

Experimente zu Längen- und Volumenänderungen, je nach Unterrichtsgang auch Wiederholungen mit Deutungsübungen im Teilchenmodell, insbesondere bei teilchengebundenem Energietransport.

MAT: Simulationen unter <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/heat-and-thermodynamics>

MOD: Massenpunktmodell - Bindungsmodell

# LERNBEREICH MAGNETISMUS (KLASSENSTUFE 7 – Q4)

*Dieser Lernbereich nutzt den seit Jahren etablierten „Magnetismus-Parcours“, um experimentelle S-Arbeit in einem größeren thematischen Zusammenhang und in größerem Zeitrahmen zu ermöglichen. Er gestattet zudem die weitere Einübung von Protokollen oder auch die Darstellung ausgewählter Aspekte in selbstgedrehten („stop motion“-)Filmen.*

*Verbindlich ist die - möglichst schülerorientierte - Entwicklung eines Modells des Magnetismus mit Hilfe des nun vorhandenen Teilchenmodells. Es empfiehlt sich hierbei, das gemeinsam entwickelte Modell, auch bei möglichen „Fehlern“, als Grundlage der Deutung der Experimente zu nutzen und erst im Anschluss an die Experimente zu verifizieren oder zu verbessern.*

EX: Der Magnetismus-Parcours (Entwicklung Pfe und Stb)

MAT: Alle Kollegen des FB; Filmanleitung bei Pfe

MOD: Elementarmagnete-Modell (Minimagnete-Modell); übliche S-Modelle sind z.B. Nord-Süd-Teilchenmodell; Plus-Minus-Teilchenmodell.

# LERNBEREICH ELEKTRIZITÄTSLEHRE (KLASSENSTUFEN 8-1 & 9-1)

## Klassenstufe 8

---

### 4. Der elektrische Strom I                      Umwelterfahrung

DID: Der Einstieg erfolgt über die **Leitfähigkeit**, wobei der Gewinn an experimenteller Erfahrung der Schüler im Vordergrund steht. Es erfolgt keine Präzisierung des Leitfähigkeitsbegriffs, allerdings kann der „Stromkreis“ als wichtige Erfahrung gewonnen werden. Untergründig wird bereits mit den Begriffen „Energie“, „Spannung“ und „Widerstand“ gearbeitet, dies sollte zwar aufgenommen, aber nicht weiter präzisiert werden.

EX: SchEx mit den Netzteilen aus der Sammlung und einer Glühlampe als „Stromanzeiger“, es wird die erfolgreiche Verbindung mit verschiedenen Materialien (Festkörper/Fluide/Luft) aufgebaut und getestet.

MAT: Anleitungen für die Netzteile bei Pfe/Stb.

### 5. Der elektrische Strom II                      Modellbildung und Stromwege

DID: Das Verständnis des (elektrischen) Stromes als Fließgröße soll dauerhaft implementiert werden, dabei sind Begriffe wie „Elektronen“ oder „Elektrizität“ notwendig, aber noch nicht begründbar. Ausgeräumt sollen werden Fehlvorstellungen wie „die Elektronen bringen in der Reihenschaltung nur die erste GL zum Leuchten“ oder „der Fluss erreicht die GL von beiden Anschlüssen“.

LEX: Elementarer Stromkreis mit beidseitigen Wasserunterbrechungen, in denen  $\text{KMnO}_4$ -Partikel den Fluss visualisieren.

Reihenschaltung dreier GL mit sehr langen Kabeln zur Demonstration des gleichzeitigen Aufleuchtens.

SchEx: Realisierung einfacher logischer Schaltungen (Autobeleuchtung/Waschmaschine/..)

MOD Das **Fahrradkettenmodell** zur Plausibilität im einfachen Stromkreis mit den Übersetzungsregeln:

„Kettenglied (KG)“ - „Elektron“		„Bewegtes KG“ - „Elektrischer Strom“
„Anzahl der KG pro Zeiteinheit“ - „Stromstärke“		„Kraft auf Pedal“ - „Spannung als Antrieb“
„Blockade der Kette“ - „Schalter“		

Wichtig ist neben der Verdeutlichung der Eigenschaften von Strom auch die Erkenntnis, dass die Energie von den Pedalen in Richtung Hinterrad fließt und nicht mit den KG transportiert wird.

Von der Anwendung des Modells in komplexeren Schaltungen und zur Präzisierung des Widerstandsbegriffs raten wir ab, da bei den S die entsprechenden Fahrraderfahrungen fehlen und/oder auch das mechanische Grundwissen nicht vorhanden sein kann.

### 6. Der elektrische Strom III                      Was fließt denn da?

DID: Die Grundunterscheidung zwischen positiver und negativer Ladung und ihren Trägern (Ionen/Elektronen) werden für **Metalle** fixiert. Hierbei erscheint es sinnvoll, den elektrostatischen Spannungsbegriff  $U = \frac{W}{Q}$  zu vermeiden und nur mit dem (mengenartigen) Ladungskonzept zu arbeiten. Ebenso wird auf die Einführung des Begriffs „Elektrisches Feld“ bewusst verzichtet.

LEX: Der TT-Ball im Kondensator mit Glimmlampe dient zur Sicherung der Mengenartigkeit elektrischer Ladung, die Erhöhung der Spannung wird erfolgreich mit einem schnelleren Transport von Ladungen verbunden und die Nutzung zweier TT-Bälle hilft den Begriff „Stromstärke“ absichern. Versuche zur Ladungstrennung können hilfreich sein, sollten aber nicht zu einer Überbetonung dieses elektrostatischen Teils führen.

### 7. Der elektrische Strom IV                      Die elektrische Stromstärke

DID: Es steht der sichere Umgang mit den Multimetern als Lernziel im Vordergrund, daneben soll die präzise Strommessung die Erkenntnis absichern, dass keine Elektronen beim Transport verloren gehen, Strom also nicht verbraucht wird. Erlernen der kirchhoffschen Regel für den Strom (Knotenregel).

SchEx: Strommessungen in einfachen Schaltungen, aber verstärkt auch in Parallel- und Reihenschaltungen.

MAT: Anleitungen für die Multimeter bei Pfe/Stb.

## 8. Die elektrische Spannung II Vertiefung

DID: Untergründig ist die Spannung als Antrieb seit dem Beginn vorhanden, nun soll dieser Begriff präzisiert werden. Dies geschieht über den Elektronenantrieb, mit dem es gelingt, unterschiedlich hell leuchtende Lampen zu gleich hellem Leuchten zu bringen.

Dabei sind die Gleichungen  $U = R \cdot I$  oder  $U = \frac{P}{I}$  die unterschwelligen Beurteilungsgrundlagen, die jedoch nicht thematisiert werden.

## 9. Die elektrische Spannung III Messungen

DID: Es steht der sichere Umgang mit den Multimetern im Vordergrund, daneben soll die präzise Spannungsmessung die Erkenntnis absichern, dass Orte des Spannungsabfalls auch Orte der Energieumwandlung darstellen. Erlernen der kirchhoffschen Regel für die Spannung (Maschenregel). Die oft erfolgende Definition des Widerstandes über ein „ohmsches Gesetz“ soll unterbleiben, obwohl für proportionale Graphen im I-U-KoSys die Proportionalitätsbeziehung genannt werden sollte.

SchEx: Spannungsmessungen in einfachen Schaltungen, Parallel- und Reihenschaltungen. Aufnahme von Kennlinien und abschließende Beurteilung der Leitfähigkeit/des Widerstands über die Messergebnisse im Arbeitspunkt.

# Klassenstufe 9

---

## 10. Die elektrische Leistung und Energie Die Nutzung elektrischer Energie

DID: Die umweltrelevanten Begriffe Energie und Leistung werden (auch gleichungsgebunden) eingeführt. Im Sinne der Umweltrelevanz und des Energieverständnisses werden die Nutzung elektrischer Energie in den Bereichen „Bewegung“; „Information und Kommunikation“ und „Wärme“ zentraler Unterrichtsgegenstand. Dabei sollen auch Energieentwertung und Wirkungsgrade behandelt werden, Energiekostenberechnungen („Energiefresser im Haushalt“) die Relevanz des Themas verdeutlichen.

SchEx: Kombinierte Spannungs- und Strommessungen in einfachen Schaltungen und Parallelschaltungen mit rechnerischer Bestimmung von Leistungen und eingesetzten Energien. Hierbei werden ohmsche Widerstände und Drähte (Wärme), LEDs und Glühlampen (IuK) und Ventilatoren (Bewegung) eingesetzt.

MEDIEN: Arbeit mit Anzeigen aus Elektronikmärkten; Typenschildern von Haushaltsgeräten und Geräteinformationen aus dem Internet stellen eine weitere Möglichkeit der Vertiefung des Schülerwissens dar.

Aspekte der Elektromobilität (Fahrräder/Autos) können problemlos integriert werden.

MOD: Das Wasserhahnmodell ist eine denkbare Möglichkeit, die Gleichungen einzuführen. Hier kann auch über geteilte Auffangbehälter oder den Wasserverlust der Aspekt des Wirkungsgrades verdeutlicht werden. Ein Energieflussdiagramm übersetzt das Modell in eine Darstellungsart, die als Grundlage für den gesamten Energieunterricht fungieren könnte.

MAT Bei Stb

## 11. Die elektrische Leistung und Energie Die Bereitstellung und Verteilung elektrischer Energie

DID: Der Umgang mit den Grundphänomenen des Elektromagnetismus wird auf elementarer Ebene ohne theoretischen Ballast und formale Behandlung eingeführt. Die Absicht ist, über Schülerexperimentalvorträge die Präsentationsfähigkeiten der S zu schulen, auf den MSA vorzubereiten und eine intensive Beschäftigung mit einem Teilaspekt dieses Gebiets zu erreichen.

Denkbare Vorträge und deren Abfolge

(Dreiergruppen mit einer Stunde Gesamtzeit, zwei verpflichtende Demonstrationsexperimente)

- a) Lorentzkraft und der Leiterschaukelversuch
- b) Der Elektromotor
- c) Induktion
- d) Der Dynamo
- e) Der Transformator
- f) Wind- und Wasserenergie
- g) Solarenergie (elektrisch)
- h) Verteilung elektrischer Energie
- i) Speicherung elektrischer Energie

Die Note des Vortrags kann als Ersatzleistung für eine LEK durchgeführt werden.

Ende des Elektrizitätsunterrichts mit dem Ziel **Weihnachtsferien**, damit die Mechanik aufgrund des Praktikums der 9.Klassen genügend Unterrichtszeit erhält.

## LERNBEREICH MECHANIK (KLASSENSTUFEN 8-2 & 9-2 & 10-1/2)

### Klassenstufe 8

---

#### 12. Tempo und Schnelligkeit

#### Umwelterfahrung

DID: Der Einstieg erfolgt über händische Messungen von Bewegungen z.B. auf dem Schulhof bei Laufbewegungen oder bei Fahrten von Spielzeugeisenbahnen. Hierbei sollten bereits Bewegungen mit konstantem und variablem Tempo (zunehmend; abnehmend) gemessen werden. Eine mögliche Leitfrage wäre in diesem Zusammenhang „Wer ist der Schnellste?“, die Beurteilung erfolgt anhand der zu erstellenden t-s-Diagramme, wobei wir die Variable s als Position gegenüber einem festzulegenden Nullpunkt verstehen.

Zwei Aspekte stehen in diesem Teil im Vordergrund: Der sichere Umgang bei der Erstellung von Graphen in KoSys und ihrer Bewertung und Beschreibung unter Bezug auf die verursachenden Bewegungen – die Berührungspunkte mit dem Mathematikunterricht sind entsprechend zu berücksichtigen.

Weiterhin soll der Begriff des „mittleren Tempos“ angelegt werden, der eine näherungsweise Bestimmung des Tempos und damit die Lösung der o.a. Leitfrage gestattet und gleichzeitig das Steigungsdreieck in der Mathematik motivieren bzw. verstärken hilft.

SchEx: Messung von Bewegungen mit Stoppuhr und Maßstab.

#### 13. Der Kraftbegriff I – Dynamik und die newtonschen Axiome

DID: Das Verständnis des Begriffes „Kraft“ ist einerseits von zentraler Bedeutung für das Fach, andererseits eine Quelle schwerwiegender Verständnisprobleme, die u.a. durch den alltäglichen Sprachgebrauch verursacht werden. Es wird als notwendig erachtet, dass die Bildung des Kraftbegriffes sorgfältig und mit der notwendigen Genauigkeit und auch Zeitbemessung vorgenommen wird.

Der Einstieg erfolgt verpflichtend auf dynamischer Grundlage: Die Kraft wird als Konzept eingeführt, dass Geschwindigkeitsänderungen erklären hilft. Da in dieser Stufe kein Unterschied zwischen Schnelligkeit und Geschwindigkeit gemacht werden soll, also insbesondere der vektorielle Charakter von Geschwindigkeit nicht thematisiert wird, sind also die sprachlichen Umschreibungen dieser Änderungen durch Begriffe wie „schneller machen“, „abbremsen“ und „(um)lenken“ etc. als Indikatoren für das Wirken einer Kraft auszuwählen. Anhand der Pusterallye (s.u.) sollen nun die ersten beiden newtonschen Axiome plausibel gemacht werden. Das dritte Axiom muss in diesem Zusammenhang dann über die

„Herstellung von Kraft“ als Wechselwirkungskonzept eingeführt werden. Vielfältige Anwendungen und Übungen aus der Umwelt zur Sicherung des Gelernten sind vorzusehen.

MAT: Pusterallye bei Pfe, Filme wie „Newton in space“ oder „Roadrunner“ über z.B. Youtube.

SchEx: Pusterallye (ggf. Nutzung von Föhnen) mit Kugeln unterschiedlicher Massen.

#### **14. Der Kraftbegriff II – Elastische Deformation und das hookesche Gesetz**

DID: Die Deformation ist der zweite Indikator für die Existenz einer Kraft, dabei ist die elastische Deformation mit einem linearen Kraftgesetz ein wichtiger Spezialfall. Es sollen mit Hilfe von Experimenten sowohl die Sinnhaftigkeit physikalischer Gesetze (im Sinne der Vorhersagbarkeit physikalischer Vorgänge) als auch ihre Grenzen bewusst gemacht werden. Der rechnerische Umgang mit dem hookeschen Gesetz ist nicht wichtig, vielmehr soll der Einsatz von Federn zur Kraftmessung („Was ist ein Newton“), auch im Hinblick auf die Statik, plausibel werden.

SchEX: Deformationsuntersuchungen (z.B. an Drähten, Bändern,...)

#### **15. Der Kraftbegriff III – Statische Verhältnisse und Vorgänge**

DID: Der Einstieg erfolgt über Experimente zum Hebelgesetz. Dabei wird die Findung physikalischer Gesetzmäßigkeiten fortgeführt und das zielgerichtete, planvolle Experimentieren erneut geübt. Die nachfolgenden Lernaufgaben können so problemlos in die Hand der S gegeben werden.

SchEx: Hebel; Schiefe Ebene, Flaschenzug und Wellrad.

MAT: Lernaufgaben in Gruppenarbeit bei Pfe.

#### **16. Die mechanische Energie, Arbeit und Leistung**

DID: In den Lernaufgaben ist die „Goldene Regel der Mechanik“ angelegt und diese soll als Begründungsgrundlage für den Begriff der mechanischen Arbeit/Energie ausgenutzt werden. Diese Konzepte – insbesondere auch die Leistung – können jedoch aufgrund der zu erwartenden zeitlichen Probleme nicht erschöpfend, sondern allenfalls propädeutisch behandelt werden.

## Klassenstufe 9

---

#### **17. Kinematik und Dynamik geradliniger und gleichmäßig beschleunigter Bewegungen**

DID: Durch den L-Wechsel entstehen oft Kommunikations- und Verständnisprobleme. Insofern kann eine Wiederholung der geradlinigen Bewegung mit konstantem Tempo als Einstieg sinnvoll sein. Dabei soll die Software VIANA.Net erstmalig eingesetzt werden, um t-s-Diagramme dieser einfachen und bekannten Bewegung zu erstellen. Gleichzeitig können mögliche Probleme in der L-S-Kommunikation erfolgreich ausgeräumt werden. Bei Fortführung des Unterrichts aus der 8.Klasse sollte der Einstieg mit konstant beschleunigten Bewegungen verpflichtend, allerdings auch unter einführender Nutzung von VIANA.Net.

Ebenso denkbar ist als Einstieg eine umfassende Analyse (z.B. anhand der Dardabahn) von komplexen Bewegungsvorgängen, die dann eventuell sogar die Anbahnung des verfeinerten Geschwindigkeitsbegriffs ermöglicht.

Die zu analysierenden Experimente können Rollbewegungen; Eisenbahnfahrten u.ä. umfassen, die Analyse der Fallbewegung kann in einem eigenständigen S-Projekt mit Bestimmung der Fallbeschleunigung erfolgen. Der Umgang mit dem Zeit-Weg- und dem Zeit-Tempo-Gesetz ist zwar notwendig und sollte auch Bremsvorgänge

umfassen, eine intensive Auseinandersetzung mit Hilfe komplizierterer Gleichungen (quadratische Gleichungen etc.) ist zu vermeiden.

Vordringlich und wichtig ist die Einführung der Geschwindigkeit als Vektor, die durch das Zeichnen von Pfeilbildern unbedingt zu unterstützen ist. Inwieweit hier bereits der zentrale Gedanke „Kräfte ändern Geschwindigkeiten“ und /oder die Ausnutzung des Zusammenhangs „Kräfte bewirken Zusatzgeschwindigkeiten“ behandelt werden, hängt sicherlich von Lernverlauf und -gruppe ab.

SchEx: Videos ausgewählter Bewegungen (incl. Fallbewegungen) -Analyse mit VIANA.Net (auf allen Rechnern installiert).

MAT: Einführung in VIANA.Net bei Stb, Videos auf der Sticksammlung im Messtechnikschrank.

## 18. Kinematik und Dynamik der Kreisbewegung und weiterer krummliniger Bewegungen

DID: Es empfiehlt sich der Einstieg über die Kreisbewegung. Am Plattenspieler mit rotierenden Figuren in verschiedenen Abständen kann wieder die Frage „Wer ist schneller?“ als Motivation zur Unterscheidung zwischen Winkel- und Bahntempo dienen. Einfache, aber im Hinblick auf die 10.Klassenstufe (Winkelfunktionen in der Physik harmonischer Schwingungen und Wellen; Mathematik) und die Qualifikationsphase notwendige Rechnungen sind vorzunehmen. Durch die Verfügbarkeit des verfeinerten Geschwindigkeitsbegriffs (ggf. inklusive der Zusatzgeschwindigkeit) kann anschließend die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung qualifiziert werden. Inwieweit die herrschenden und bezugssystemspezifischen Kräfte qualitativ behandelt werden, ist anhand der zur Verfügung stehenden Zeit zu entscheiden – der Begriff der Zentripetalkraft ist jedoch konstitutiv. Die letzte Stufe wird mit der Aufnahme; Beschreibung und Analyse der (horizontalen) Wurfbewegung erreicht, hier variieren sowohl Tempo als auch Richtung, insofern ist diese komplexe kinematische und dynamische Situation nur qualitativ zu erfassen – eine mathematische Behandlung über die „Wurfparabel“ mit Wurfweiten- und Wurfhöhenberechnung etc. ist nicht wesentlich.

SchEx: Videos ausgewählter Bewegungen am Plattenspieler/ auf dem kreisförmigen Gleis / beim Wurf - Analyse mit VIANA.Net (auf allen Rechnern installiert).

# Klassenstufe 10

---

## 19. Mechanische Energie und Leistung

DID: In den letzten Jahren hat sich die zur Verfügung stehende Zeit in der 9.Klassenstufe fortlaufend verringert. Als Konsequenz wird die Behandlung der mechanischen Energien in diese Klassenstufe verschoben. Die Behandlung der Bewegungs-, Lage- und Deformationsenergie unter Berücksichtigung der Energieverlust- und Energieumwandlungsmechanismen inklusive der Energieerhaltung kann auf konventionellem Wege oder auch kontextgebunden (z.B. Leichtathletik) erfolgen. Hier können die Begriffe entwickelt und an vielfältigen Situationen vertieft werden, dabei sollte Wert auf ausschließlich energetische Begründungen (also unter Vermeidung des Kraftbegriffs) von Vorgängen in Natur, Technik und Umwelt gelegt werden, die aber auch Fließgleichgewichtszustände beinhalten sollten.

SchEx: Gruppenarbeit zu ausgewählten quasiperiodischen Bewegungen (Faden-/Federpendel; deformierte Stäbe und Pendelbewegungen von Kugeln auf gekrümmten Bahnen) oder in anderen kontextorientierten Projekten.

MAT: Reihe zur Leichtathletik bei Stb, Quasiperiodische Bewegungen als Gruppenarbeit (Durchführung; Bewertung) bei Stb.

## 20. Mechanische Schwingungen

DID: Aufbauend auf dem energetischen Verständnis quasiperiodischer Bewegungen werden die beschreibenden Begriffe mechanischer Schwingungen eingeführt. Die Behandlung der damit verbundenen Formeln für Periodendauern sollte, wenn überhaupt, nur knapp und informierend erfolgen, gleiches gilt für Rechnungen zum Energiegehalt und zur -umwandlung. Zentral und ausführlich müssen hingegen gekoppelte Schwingungen und das Resonanzphänomen erarbeitet werden und ihre Bedeutung in Technik und Umwelt verdeutlicht werden.

MAT: Videos „Tacoma Narrows“, „Millenium Bridge“ und weitere Resonanzvorgänge.

## 21. Mechanische Wellen und das Wellenmodell des Lichts

DID: Der verallgemeinernde Übergang zu räumlich periodischen Vorgängen sollte ein physikalisches System in den Fokus stellen, denkbar sind die Schwerpunkte Akustik oder Wasserwellen. Neben der Vorstellung der beschreibenden Größen in Wellensystemen muss das Verständnis der Wellenausbreitung als Energieausbreitung angelegt werden, dazu sind konkrete Bezüge in beiden Wellensystemen zu schaffen. Inwieweit die Wellenausbreitung formal durch das Huygenssche Prinzip mit Konstruktionen zu Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz behandelt wird, muss von der Lerngruppe und der Zeitreserve abhängig gemacht werden. Es darf jedoch nicht zu einer unzulässigen Verknappung des Themenbereichs „Radioaktivität“ kommen.

Von zentraler Bedeutung ist die experimentelle Demonstration der Wellenmerkmale „Beugungsfähigkeit“ und „Interferenzfähigkeit“ als Spezialfall der Superpositionsfähigkeit, wobei Versuche in den Wellensystemen durch Demonstrationsexperimente zu Seilwellen ergänzt werden können. Angemessen zu berücksichtigen ist im Fall der Beugung die Anisotropie der Beugungsfigur und im Fall der Interferenz die zeitliche Dynamik des Interferenzmusters.

Ausgehend von diesen Schwerpunkten kann dann anschließend der Wellenaspekt des Lichts an den Standardexperimenten demonstriert werden. Da stufengleich das Lichtprojekt mit seiner Betonung des Teilchencharakters erfolgt, kann dies zum Anlass einer Diskussion über die Modellbildung genutzt werden.

EX: Wasserwellen am Teich; Akustik mit S-Messungen über entsprechende Applets; Lichtbeugung und Interferenz an Doppelspalt, Bestimmung der Lichtwellenlänge, Farbaspekt.

MAT: Reihe zur Akustik bei Pfe/Stb, Quellen zur Tsunamiausbreitung und -behandlung bei Stb

## LERNBEREICH RADIOAKTIVITÄT (KLASSENSTUFE 10 - Q4)

DID: Dieser Lernbereich soll die S befähigen, sich wissend und kritisch mit Meldungen, Artikeln, Aussagen zur Radioaktivität und ihren Gefahren auseinanderzusetzen. Deshalb sollen die S die wesentlichen Experimente zur (Kern)Strahlung radioaktiver Substanzen(s.u.) kennenlernen und davon ausgehend die Gefahren dieser Strahlung beurteilen lernen. Dem fortwährenden Umgang mit „falschen“ Begrifflichkeiten und Quellen kommt dabei eine besondere Rolle zu. Je nach Interesse und Zeitrahmen sollten auch umwelt- und gesellschaftsrelevante Themen wie künstliche Kernspaltung und/oder medizinische Nutzung der Radioaktivität thematisiert werden.

EX: Stoffabhängige Abschirmung, Abstandsabhängigkeit und Ablenkung im Magnetfeld.  
Der Radonversuch zur Halbwertszeit.

MAT: Karlsruher Nuklidkarte, Internetquellen <http://www.periodensystem-online.de/index.php?id=isotope&show=nucard> (deutsch) oder <https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/> (englisch)