



Konstruieren nach dem StartlearnING-Prinzip

-Ein Schiff bauen-

Handreichung für Fachlehrkräfte

I	Technisches Konstruieren im Unterricht	1
II	Konstruieren nach dem StartlearnING-Prinzip	4
III	Physikalische Grundlagen zu Auftrieb und Schwerpunkt bei Schiffen	11
IV	Biologische Grundlagen zur Ente und der Riesenseerose	13
V	Experimente zum stabilen Schwimmen	19
VI	Stundentafel und Unterrichtstabellen	23
VII	Beurteilung der Leistungen	31
VIII	Kopiervorlagen	33

Diese Inhalte sowie das Erfinderheft stehen im Mitgliederbereich zum Download zur Verfügung:

<https://www.startlearning.info/begleitmaterialien-schiffe>

Was hat es mit der Marke „startlearnING“ auf sich? Der Name unseres Projekts versucht das, was wir tun, prägnant zusammenzufassen und setzt sich aus den folgenden Bausteinen zusammen:

- **start:** Das Projekt ist auf allgemeinbildenden Unterricht ab Klasse 3 ausgerichtet. Es findet also bei den „Startern“ statt.
- **learn:** Es handelt sich um ein Bildungsprojekt, in dem das Lernen im Vordergrund steht.
- **ING:** Das Projekt orientiert sich an der Arbeitsmethodik von Ingenieur*innen. Die Schüler*innen tauchen in das systematische Konstruieren und Entwickeln ein.

Konstruieren im Unterricht – Herausforderungen und Chancen

Wenn etwas ohne Bauanleitung oder Musterlösung gebaut werden soll, um ein Problem zu lösen oder ein Bedürfnis zu erfüllen, dann wird konstruiert.

Da es für die meisten Probleme mehr als eine Lösung gibt, ist es absolut wesentlich, unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten zuzulassen. Selbst wenn sich die erdachte Lösungsmöglichkeit als Fehler erweist, gilt es diese auszuwerten und das ursprüngliche Konstruktionsvorhaben gegebenenfalls abzuändern. So werden gute Ergebnisse erzielt.

Die Fähigkeit, Fehler zu erkennen, zu analysieren und notwendige Änderungen daraus abzuleiten (und umzusetzen), ist ein elementares Lernziel. Es kann nur erreicht werden, wenn die ersten Entwürfe getestet, reflektiert und optimiert werden. Frustrationstoleranz ist dabei essenziell, denn auch die erfahrensten Konstrukteure verbringen mindestens die Hälfte ihrer Arbeitszeit mit diesen Tätigkeiten.

Das Arbeiten ohne genaue Anleitung kann für Schüler*innen ungewohnt oder sogar verunsichernd wirken, weil sie „alles richtig machen“ wollen. Diese Haltung kann zu Hemmungen führen, wenn es darum geht, das Problem anzupacken. Das Arbeiten mit Haushalts- und kostenlosen Verbrauchsmaterialien kann jedoch helfen, die Hemmschwelle zu senken und neue Wege auszuprobieren. Durch die leichte Verfügbarkeit der Materialien kann, unabhängig vom Budget der Schule oder der Schüler*innen, damit gearbeitet werden und Kinder aus allen Gesellschaftsbereichen können auch zu Hause konstruieren, wenn sie interessiert sind.

Eine weitere ungewohnte Komponente ist die Tatsache, dass Kinder möglicherweise gute Lösungen finden, ohne dass Lehrkräfte deren physikalischen Wirkungszusammenhang erklären zu können. Was hier aus naturwissenschaftlicher Perspektive befremdlich anmutet, ist für Ingenieur*innen und auch aus technisch didaktischer Sicht nicht wesentlich, solange die Lösung unter den gegebenen Bedingungen immer zuverlässig funktioniert. Bis heute werden selbst in sehr teuren Maschinen Effekte genutzt, die bisher kein*e Physiker*in umfassend erklären kann.

Also sollte man auch im Unterricht davor keine Angst haben. Vielmehr gilt es, dies als Chance zu begreifen: Das Wissen um ein Phänomen kann bereits ausreichen, um Problemstellungen zu lösen.

Diese Besonderheiten führen zu spezifischen Herausforderungen für alle Beteiligten.

Für die Lehrkräfte bestehen die nachfolgenden Herausforderungen:

- Gleichzeitige Betreuung verschiedener Lösungswege (mit absehbaren Fehlschlägen)
- Aufzeigen des Weges zu einer einfachen Lösung bei feinmotorischen Defiziten
- Zulassen von Umwegen und Fehlschlägen und deren konstruktive Auswertung
- Aufgabenstellung ohne Musterlösung
- Bewertung eines Produkts in Bezug auf dessen Funktion und nicht in Bezug auf Ästhetik oder Komplexität
- Führung der Schüler*innen hin zu einem funktionierenden Ergebnis, ohne ihre Begeisterung zu bremsen und ihre Kreativität mehr als nötig einzuschränken
- Unterstützung: so wenig wie möglich und so viel wie nötig

Die Schülerinnen und Schüler stehen vor diesen Herausforderungen:

- Umgang mit vielen Lösungsmöglichkeiten aufgrund der offenen Konstruktionsaufgabe
- Mut etwas zu bauen, was möglicherweise schon beim ersten Funktionstest kaputtgeht
- Erkennen eigener Fehler und Ableitung entsprechender Konsequenzen
- Entwicklung von Ideen ausschließlich anhand von Vorlagen (aus Biologie, Alltag oder der Klasse)
- Aushalten von Frustration bei Fehlversuchen
- Realisierung **und** Test der notwendigen Funktionen, bevor viel Arbeit in Zusatzfunktionen (etwa Zusatzgadgets oder Verschönerungen) investiert wird

Verknüpfung von Biologie und Technik

Bei startlearnING lernen Schüler*innen technisches Konstruieren auf der Grundlage biologischer Phänomene, die an eine technische Problemstellung aus der Lebenswelt der Schüler*innen gekoppelt werden. Die Verknüpfung von Biologie und Technik ist ein ganz wesentlicher Baustein von startlearnING. Bei der Konstruktion eines Schiffes schauen wir uns vorher in der Natur zwei Beispiele von stabilem Schwimmen an.

Arbeitsweise beim Konstruieren

Anlehnend an die Arbeitsweise von Ingenieurinnen und Ingenieuren haben wir eine umsetzbare schüler- und schülerinnenorientierte Arbeitsweise entwickelt, die wir im sogenannten startlearnING-Prinzip beschreiben und in dessen Mittelpunkt die phasenorientierte Konstruktionsmethodik steht.

Mit der Unterrichtseinheit „Schiffe“ konstruieren die Schüler*innen nach Anforderungen. Die nachfolgenden Ziele sind aus Sicht der Technik damit verbunden:

- Die Schüler*innen entwickeln aus einer Bedarfssituation einen Anforderungskatalog (Checkliste).
 - Sie bestimmen Funktionen, die das Schiff erfüllen soll
 - (Sie bestimmen Materialien, die zur Fertigung der Schiffe genutzt werden können)
 - Sie entwickeln aus Anforderungen Nutzungsfunktionen und ordnen sie nach Haupt- und Nebenfunktionen
- Die Schüler*innen unterteilen die Haupt- und Nebenfunktionen in Teilprobleme
- Die Schüler*innen suchen nach Lösungen für die Teilprobleme
 - Sie entnehmen Infotexten Informationen
 - Sie führen Versuche durch
- Die Schüler*innen übertragen Wirkprinzipien auf die Teilprobleme der Konstruktion und schaffen somit Teillösungen.
- Die Schüler*innen wählen Materialien anforderungsgeleitet
- Die Schüler*innen wählen Werkzeuge für verschiedene Fertigungsverfahren zielorientiert aus
- Die Schüler*innen wählen anforderungsgeleitet eine zweckmäßige Verbindungstechnik aus.
- Die Schüler*innen setzen ausgewählte Verbindungstechnik sachgerecht um
- Die Schüler*innen fügen die verschiedenen Teillösungen zur Verhinderung des Sinkens des Schiffes zusammen.
- Die Schüler*innen bewerten eine Konstruktion anhand des Anforderungskatalogs

II Konstruieren nach dem StartlearnING-Prinzip

Der schüler*innenorientierte Lernprozess nach dem startlearnING-Prinzip hat diese Merkmale:

1. Das Konstruieren erfolgt systematisch analog zur Vorgehensweise von Ingenieuren.
2. Problemstellungen aus der Lebenswelt sind Grundlage für technische Konstruktionen.
3. Das Konstruieren erfolgt ohne Lösungsvorgabe.
4. Naturwissenschaftliche Phänomene sind Ideengeber für technische Konstruktionen.
5. Das Konstruieren erfolgt mit einfachen Werkzeugen und Alltagsmaterialien.
6. Gute Konstruktionen erfordern Kommunikation.
7. Gute Konstruktionen funktionieren unabhängig vom Aussehen.
8. Fehler werden als Katalysatoren des Lernprozesses betrachtet.

Abb. 1: Merkmale des startlearnING-Prinzips

Zu den einzelnen Punkten:

1. **Das Konstruieren erfolgt systematisch analog zur Vorgehensweise von Ingenieur*innen:** Das ist das Herzstück des startlearnING-Prinzips und mündet in das nachstehend abgebildete Flussdiagramm (Abb. 2).
2. **Problemstellungen aus der Lebenswelt sind Grundlage für technische Konstruktionen:** Aus dem Alltagsbezug erwächst die Motivation, sich mit der Problemstellung auseinanderzusetzen.
3. **Das Konstruieren erfolgt ohne Lösungsvorgabe:** Nach Anleitung konstruieren geht nicht, das ist nachbauen und verhindert eine intensive Auseinandersetzung mit dem Problem.
4. **Naturwissenschaftliche Phänomene sind Ideengeber für technische Konstruktionen:** Hier liegt der Schwerpunkt auf der Biologie. Biologische Phänomene zeigen, wie Problemstellungen in der Natur gelöst wurden oder sind Anlass für eine Konstruktion. Darüber hinaus ist gerade Schülerinnen ein großes Interesse daran anzumerken.
5. **Das Konstruieren erfolgt mit einfachen Werkzeugen und Alltagsmaterialien:** Letztlich müssen technische Konstruktionen nicht teuer sein. Wir wollen aufzeigen, was mit einfachen Materialien, zu denen jeder Zugang hat, möglich ist.
6. **Gute Konstruktionen erfordern Kommunikation:** Hier geht es darum, voneinander zu lernen und Fragen zu stellen. Auch wenn Schüler*innen durchaus allein konstruieren dürfen.

7. **Gute Konstruktionen funktionieren unabhängig vom Aussehen:** Wenn eine Lösung/Konstruktion funktioniert, dann ist das Ziel erreicht. Das Aussehen ist aus Sicht des Ingenieurs eher nicht relevant.

8. **Fehler werden als Katalysatoren des Lernprozesses betrachtet:** Aus Fehlern lernen die Kinder. Wir lassen sie bewusst Fehler machen und greifen nicht im Vorfeld ein.

Für das phasenorientierte Vorgehen beim Konstruieren nach dem startlearnING-Prinzip wurde ein Flussdiagramm entwickelt (Abb. 2). Zur Zielerreichung müssen alle Phasen durchlaufen werden. Es werden jedoch verschiedene Optimierungs- und Rückversicherungsschleifen notwendig sein. Das gehört zu einem Konstruktionsprozess dazu. Deshalb kann jederzeit von einer Phase zu allenvorgelagerten Phasen zurückgesprungen werden. Das Flussdiagramm kann also als grundsätzlicher Leitfaden für das Konstruieren mit Schülerinnen und Schülern verstanden werden, der dabei helfen soll, kreativ zu arbeiten, ohne das Ziel aus den Augen zu verlieren.

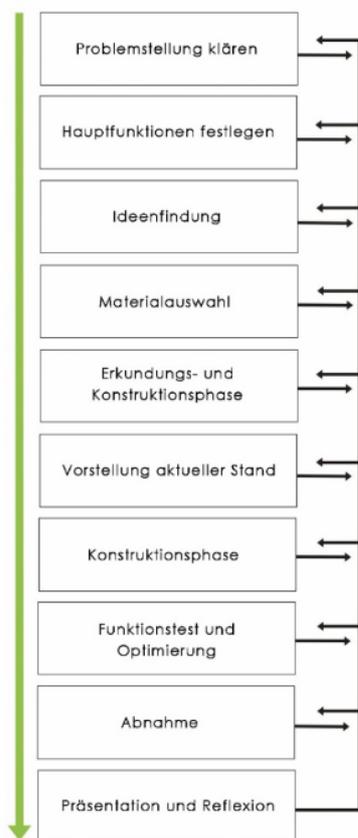


Abb. 2: Konstruktionsmethodik nach dem startlearnING-Prinzip: 10 Arbeitsphasen

1. Problemstellung klären

Zunächst muss geklärt werden, was die Konstruktion leisten soll. Ziel dieses Projektes ist es, aus Alltagsmaterialien ein Schiff mit einem beweglichen Segel zu bauen, das auch bei Wellengang nicht sinkt und Platz für Proviant bietet. Die Aufgaben an die Schüler*innen laut wie folgt:

„Baue ein Modell von einem Schiff, mit dem Aaron seinen Freunden hinterher segeln kann. Es soll ein bewegliches Segel haben und darf auch bei Wellengang nicht umkippen. Außerdem möchte er ein paar Kokosnüsse als Proviant mitnehmen.“

Die Kinder müssen vor dem Beginn der ersten Konstruktionsphase also zunächst klären/verstehen, wie etwas stabil im Wasser schwimmen kann.

Wir spannen den Bogen zur Biologie. Wie eine Ente und ein Seerosenblatt kippstabil im Wasser schwimmen, erfahren die Schüler*innen durch das Lesen entsprechender Infotextes und den anschließenden Austausch über die Inhalte.

Wie Auftrieb und Schwerpunkt das Schwimmverhalten

beeinflussen wird nochmal in kurzen Versuchen nachvollzogen. So sollten alle Kinder auf einem Wissensstand sein, der es ihnen ermöglicht, eventuelle Fehler beim Bauen selbstständig zu identifizieren und zu beheben.

2. Hauptfunktionen festlegen

Wenn wir das Problem verstanden haben, können wir festlegen, was die Konstruktion können muss.

Hier wird zwischen den absolut notwendigen Funktionen und den sinnvollen/möglichen Zusatzfunktionen der Konstruktion unterschieden. Unter Hauptfunktionen versteht man alles, was die Konstruktion unbedingt können muss, um das Problem (siehe Aufgabenstellung!) zu lösen.

Zusatzfunktionen beschreiben die Anforderungen an die Konstruktion, die die Anwendung für (den jeweiligen Nutzer/ die jeweilige Nutzerin) angenehmer und praktischer machen. Diese können bei derselben Problemstellung unterschiedlich ausfallen - je nachdem, welche individuellen Bedürfnisse die Kinder mit der Aufgabenstellung verbinden und wie sie die Prioritäten setzen.

Für diese Funktionen wird mit den Kindern eine Liste von Anforderungen entwickelt, die Checkliste, Idealerweise wird die Checkliste im Unterrichtsgespräch entwickelt und an die Tafel geschrieben. Die Entwicklung der Checkliste ist für die Kinder eine Herausforderung, die sie allein nicht bewältigen können. Die Lehrkraft muss diesen Prozess intensiv führen, arbeiten, ohne das Ziel aus den Augen zu verlieren.

Hauptfunktionen	Zusatzfunktionen - Beispiele
1. Das Schiff muss auch bei Wellengang stabil schwimmen 2. Das Schiff muss ein bewegliches Segel haben 3. Das Schiff muss mehrere Murmeln (Kokusnüsse) transportieren	<ul style="list-style-type: none"> ● Kajüte ● Platz für die Ente

Tab. 1: Haupt- & Nebenfunktionen

Weiterführende unterstützende Fragen im Rahmen der Entwicklung der Checkliste könnten sein:

- Was macht Aaron, wenn der Wind aus der falschen Richtung kommt?
- Wie kann ich das Schiff vorwärts bewegen?
- Was passiert bei hohen Wellen?
- Was kann Aaron zu Mittag essen?

3. Ideenfindung

Sobald die Checkliste steht, sammeln die Schülerinnen und Schüler Umsetzungsideen. Diese Phase geht zumeist sehr schnell in die Phase der Materialauswahl über. Erfahrungsgemäß kommen den Schülerinnen und Schüler mit den Materialien die ersten guten Ideen.

4. Materialauswahl

Es folgt eine erste Informations- und Planungsphase. Das mitgebrachte Alltagsmaterial und die Arbeitsmaterialien aus der Erfinderkiste werden für die Kinder zu einem „Buffet“ aufgebaut. Die Schülerinnen und Schüler können materialgeleitet überlegen, was sie bauen wollen und die Materialien mit an ihren Platz nehmen.

Diese Phase ist für alle herausfordernd, weil zum ersten Mal konstruiert wird. Es kann hilfreich sein, wenn die Schüler vor dem Bauen überlegen müssen, ob ihre Umsetzungsidee wirklich zur Problemlösung taugt.

Eine klassische Planung, die idealerweise hier erfolgen sollte, ist für Ungeübte nicht sinnvoll. Sie können Probleme, die im Verlauf einer Konstruktion auftreten können, im Vorfeld nicht erkennen. Letztlich ist es eine Frage des pädagogischen Geschicks, einen für die beteiligten Schüler passenden Weg zu finden.

5. Erkundungs- und Konstruktionsphase

Die Kinder beginnen, ihre Vorhaben in die Tat umzusetzen. Es sollte bedacht werden, dass es für jede Funktion sehr viele Lösungsmöglichkeiten gibt.

Viele werden sehr schnell auf die ersten Schwierigkeiten bei den Detailkonstruktionen stoßen. In dieser Phase ist es sehr wichtig, den Schüler*innen nicht gleich zu helfen, sondern Fragen zu stellen:

- Was möchtest du bauen?
- Was soll es können?
- Wie möchtest du das umsetzen?
- Wo genau liegt das Problem?

Aktiv sollte nur bei feinmotorischen Defiziten geholfen werden oder wenn die Frustrationsgrenze erreicht wurde und es keinen einfacheren Weg gibt.

Wenn die Schüler*innen sich gegenseitig helfen, hat das mehrere positive Effekte:

- Wer sein Vorgehen erklären soll, muss darüber nachdenken.
- Wer erklärt, muss reden und sich so ausdrücken, dass er/sie verstanden wird.
- Wer fragt, bekommt einen Vorschlag und keine Anweisung.
- Gemeinsame Lösungsfindung erfolgt auf Augenhöhe und stärkt das Wir-Gefühl.
- Die Lehrkraft hat mehr Zeit, Arbeitsverhalten zu beobachten und wenn notwendig, Impulse zu geben.

Wie lange diese erste Konstruktionsphase dauern sollte, lässt sich nicht pauschal sagen. Kürzer als 20 Minuten sollte sie aber auf keinen Fall sein und spätestens nach einer Stunde sollte eine Besprechung von Zwischenergebnissen und Schwierigkeiten erfolgen.

6. Vorstellung aktueller Stand

Vor dem Ende der Unterrichtsstunde oder aus strategischen Gründen (z.B. ein Problem tritt bei den meisten Gruppen auf, eine Teilaufgabe scheint unklar, ...) wird die Arbeit an den Schiffen unterbrochen und die bisherige Arbeit reflektiert. Die Schüler*innen präsentieren den aktuellen Stand ihrer Arbeit und geben einen Ausblick, was sie in der nächsten Phase noch realisieren wollen. Die Kinder stellen einander Fragen und machen Lösungsvorschläge. Ziel dieser Phase ist, neben der Reflexion der eigenen Arbeit, auch der Austausch kreativer Ideen und die Einsicht, dass alle auf vergleichbare Probleme stoßen.

Die Schüler*innen sollen erklären, ob und ggf. wie sie ihren ursprünglichen Plan geändert haben und warum. Probleme und deren Lösung sowie besonders gelungene Baudetails sollen dabei besprochen werden. An dieser Stelle muss auch wieder (anhand der Checkliste, die die Kinder erstellt haben) überprüft werden, ob alle Funktionen erfüllt sind bzw. in der verbleibenden Bauzeit erfüllt werden können. Auch die Checkliste wird, falls nötig, noch einmal überprüft, ob sie wirklich der Aufgabenstellung entspricht.

Mögliche Impulsfragen in dieser Phase sind:

- Was hast du gebaut?
- Was ist besonders gut gelungen? / Was funktioniert noch nicht?
- Welchen Zweck haben die einzelnen Komponenten?
- Was möchtest du noch bauen und wie?
- Hast oder wirst Du alle Hauptfunktionen erfüllen?
- Möchtest du Vorschläge/Ideen aus der Klasse haben?

Bei so einer Reflexionsphase kann aber auch ein konkretes Problem besprochen werden, für das verschiedene Lösungsansätze gesucht werden. Findet die Reflexion am Ende eines Unterrichtsblocks statt, können die Schüler*innen zur nächsten Stunde weiteres kostenloses Material mitbringen, wenn sie glauben, dass etwas fehlt. Ihre Konstruktionen dürfen sie zwar nicht mitnehmen, aber man sollte ihnen ausdrücklich erlauben, zu Hause technische Experimente oder Materialtests durchzuführen. Sollten sie dabei zu dem Ergebnis kommen, dass sie in der nächsten Stunde mit anderem Material oder sogar etwas ganz Neues bauen wollen, dann ist das legitim und sollte, wenn möglich, zugelassen werden.

7. Konstruktionsphase

Auf die Reflexionsrunde folgt die eigentliche Konstruktionsphase. Einige Kinder werden bei ihren ersten Vorstellungen bleiben, andere werden Details verändern und wieder andere ein ganz neues Bauvorhaben beginnen. Je nachdem, wie heterogen die Klasse ist, können Kinder, die schon sehr weit oder fertig sind, die schwächeren bei ihrer Arbeit unterstützen. Der Wechsel von Besprechung der Zwischenergebnisse im Klassenkreis und anschließendem Konstruieren kann mehrere Male stattfinden, je nach Leistungsstand der Klasse und Komplexität der Problemstellung.

Kinder, die deutlich früher fertig sind als der Rest der Klasse, können ihre Konstruktion optimieren und „Extras“ einbauen.

8. Funktionstest und Optimierung

Am Ende der Konstruktionsphase haben die Schülerinnen und Schüler keine einfachen Modelle mehr vor sich, sondern auf die Anforderungen hin gezielt entwickelte Lösungen. Wer mit seinem Schiff fertig ist, muss es erst mal testen. Das klingt banal, aber das systematische Überprüfen der eigenen Konstruktion ist ein häufiger und wichtiger Anteil der Arbeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren. Die Schülerinnen und Schüler sollen anhand ihrer Checkliste alle Hauptfunktionen überprüfen.

Ob ein Segel in der Realität funktionieren könnte, können die meisten Kinder nicht einschätzen. Bei einem „Lappen am Stiel“ können sie durch Pusten nachvollziehen, dass der Wind zu wenig Angriffsfläche hat. Bei einem Tuch, was zwischen 2 Masten gespannt ist, hilft die Frage, was passiert, wenn der Wind aus der falschen Richtung kommt.

9. Abnahme

Wenn die Konstruktion nach Meinung vieler Schülerinnen und Schüler fertig ist, erfolgt eine Abnahme bei der Lehrkraft. Anhand der Checkliste und dem Test im Planschbecken werden alle Funktionen überprüft.

Wichtig, das ist kein Wettbewerb!

10. Präsentation und Reflexion

In dieser Phase stellen möglichst viele Kinder ihre Warmhaltebox vor. Auf diese Aspekte sollten sie im

Rahmen der Vorstellung eingehen:

- Wie bin ich vorgegangen?
- Wo hatte ich evtl. Schwierigkeiten beim Bauen?
- Was habe ich wie und warum gemacht?
- Wo werden die „Kokusnüsse“ gelagert?
- Wie ist das Segel beschaffen, befestigt und was passiert, wenn es nass wird?
- Was gefällt Aaron besonders gut/ welche Extras hat das Boot?

Einzel oder Gruppenarbeit?

Gruppenarbeit ist für viele Kinder hilfreich, aber nicht für alle. Manche*r Ingenieur*in gibt an, als Kind nicht teamfähig gewesen zu sein, weil er seine bzw. sie ihre eigenen Ideen in der Gruppe nicht ausreichend erproben und durchführen konnte. Eine erzwungene Gruppenarbeit kann dann durchaus eine negative Erfahrung sein. Hier stehen das Entwickeln und Erproben von Ideen im Fokus und nicht die Teamarbeit.

Deswegen ist bei dieser Unterrichtsform sinnvoll, die Schülerinnen und Schüler selbst entscheiden zu lassen, ob sie allein oder im Team arbeiten wollen. Um soziale Kompetenzen und Kommunikation fördern zu können, sollen sie bei Schwierigkeiten nicht auf die Lehrkraft warten, sondern sich im Idealfall gegenseitig helfen bzw. ihre Lösungsansätze oder Detailprobleme miteinander diskutieren (vgl. Punkt 6 des startlearnING-Prinzips).

Das Herumlaufen im Klassenraum und die Formulierung sogenannter “W”-Fragen (Wie macht ihr das? Warum macht ihr das? ...) sind erlaubt. Die Lehrkraft sollte lediglich Impulse setzen oder durch gezieltes Nachfragen die Kinder auf Ideen bringen. So lassen sich gewinnbringende Team-Diskussionen in Gang setzen, ohne dass sich alle Beteiligten auf einen Lösungsweg einigen müssen.

III Physikalische Grundlagen zu Auftrieb und Schwerpunkt bei Schiffen

Damit ein Schiff nicht nur schwimmt, sondern auch mit Ladung und Mannschaft sicher sein Ziel erreicht, muss nicht nur der Auftrieb, sondern auch der Schwerpunkt stimmen.

2.1 Auftrieb

Auf den Auftrieb soll hier nur kurz eingegangen werden, da es bereits sehr viele gute Beschreibungen dazu für die Grundschule gibt. Auch Videos, z. B. von Planet Schule, gibt es hierzu in sehr guter Qualität.

Wenn ein Gegenstand in Wasser eintaucht, dann verdrängt er das Wasser, das vorher an dieser Stelle war. Das Wasser drückt mit der Gewichtskraft des verdrängten Volumens gegen diesen Gegenstand.

Das bedeutet, je größer das Volumen des Gegenstandes ist, desto größer ist auch das Volumen des verdrängten Wassers und damit die Auftriebskraft.

Hat der Gegenstand eine größere Dichte als das Wasser, ist die Gewichtskraft größer als die Auftriebskraft und der Gegenstand versinkt. Hat der Gegenstand eine geringere Dichte als das Wasser, dann ist die Auftriebskraft größer als die Gewichtskraft und der Gegenstand schwimmt.

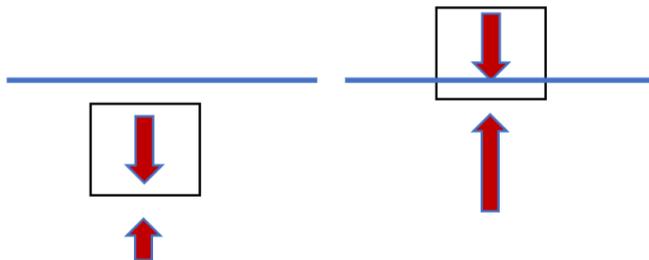


Abb. 3: vereinfachte Darstellung der wirkenden Kräfte

Wenn beispielweise ein Schiff im Wasser mit Goldmünzen beladen wird, steigt das Gesamtgewicht des Schiffes, deswegen taucht es dabei immer tiefer ins Wasser ein.

2.2 Schwerpunkt

In den meisten Darstellungen (siehe Abbildung 3) sind die Kräfte so dargestellt, als würden sie nur an einer Stelle wirken und für gleichmäßig geformte Gegenstände mit homogener Dichte ist diese Darstellung auch sinnvoll.

Bei echten Schiffen mit wechselnder Ladung und Aufbauten in beweglichem Wasser

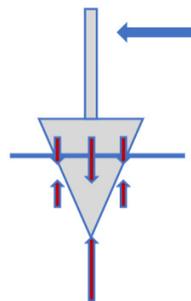


Abb. 4: Darstellung der auf ein Schiff wirkenden Kräfte

mit Seitenwinden muss man etwas genauer hinschauen. Die Auftriebskräfte greifen nämlich überall da an, wo das Schiff ins Wasser eintaucht und zwar umso stärker, je tiefer das Schiff ins Wasser eintaucht (siehe Abbildung 4).

2.3 Bewegung eines Schiffes im Wasser

Durch die Vorwärtsbewegung des Schiffs, die Wellen und den Wind bewegt sich das Schiff auch in einer Weise im Wasser, die nicht immer so gewollt ist. Die Art der Bewegung, die am gefährlichsten für das Schiff ist, nämlich die um die Längsachse, nennt man „rollen“. Wenn das Schiff sich zur Seite neigt, spricht man von „Krängung“ oder „Schlagseite“. Wie gefährlich das ist, hängt stark vom Schwerpunkt, und vom sogenannten Auftriebspunkt des Schiffes ab.

Der Schwerpunkt eines Schiffes errechnet sich über die Masse und Position aller seiner Bestandteile. So sorgt ein Motor in der Mitte des Schiffs unterhalb der Wasserlinie dafür, dass der Schwerpunkt weiter unten liegt, ein hoher Mast mit vollen Segeln verschiebt den Schwerpunkt nach oben.

Dann gibt es noch „bewegliche Massen“ wie Menschen oder nicht befestigte Ladung, die man mit bedenken muss, damit das Schiff nicht kippt, wenn diese sich aufgrund einer leichten Schlagseite auch noch auf diese Seite verlagern.

Der Auftriebspunkt des Schiffes ist der Schwerpunkt des Schiffsteils, der sich unter Wasser befindet. Wenn bei einem Schiff in gerader Schwimmlage der Auftriebspunkt unter dem Schwerpunkt liegt, nennt man die Lage „gewichtsstabil“, weil es aus Schräglagen wieder aufgerichtet wird. Voraussetzung ist, dass es nicht zu einer plötzlichen Verschiebung von Ladung oder zu einem Wassereinbruch kommt.

Ein tiefer Schwerpunkt ist bei einem Schiff daher wünschenswert, aber nicht immer möglich. Insbesondere bei Fähren oder Containerschiffen, die sich auch in flachen Gewässern bewegen müssen und deshalb keinen großen Tiefgang haben dürfen, ist eine andere Lösung nötig, um einen günstigen Auftriebspunkt zu erreichen.

Das passiert über die Form des Rumpfes. Bei Containerschiffen ist der Rumpf sehr flach und breit, was auch den Sinn hat, möglichst viele Container möglichst gleichmäßig zu verteilen. Durch diese Form wird das Schiff langsamer, weil an seinem breiten Bug hoher Wasserwiderstand entsteht. Dafür rückt der Auftriebspunkt näher an den Schwerpunkt. Ein solches Schiff nennt man „formstabil“.

Gewichtsstabilität und Formstabilität sind zwei prinzipielle Lösungen für die Konstruktion eines Schiffes.

3.1 Entenvögel

Die Entenvögel (*Anatidae*) sind eine Familie in der Ordnung der Gänsevögel (*Anseriformes*), die 44 Gattungen und 147 Arten umfasst. Sie sind bis auf die Antarktis und auf einigen pazifischen Inseln weltweit verbreitet.

Da die Entenvögel zur Klasse der Vögel (*Aves*) gehören, ist, bis auf ihre Füße und den Schnabel, ihr gesamter Körper mit Federn bedeckt. Dieses Federkleid besteht, je nach Art, aus 1.000 – 25.000 einzelnen Federn und ist charakteristisch für alle Vögel. Die Federn bestehen aus dem Schaft, welcher mit dem Kiel im Körper steckt, der Spule und der Fahne. Sie lassen sich in Konturfedern, Flugfedern, Daunen und Fadenfedern unterteilen:

- **Konturfedern:**

Die Konturfedern bedecken den gesamten Körper des Vogels und haben aufgrund der geschlossenen Fahne eine feste und glatte Struktur. Sie sind für die äußere Erscheinung des Vogels verantwortlich, schützen ihn vor Witterungseinflüssen und sorgen für eine aerodynamische Form des Körpers.

- **Flugfedern:**

Da sie den nötigen Auf- und Vorantrieb erzeugen und den Vogel somit in der Luft halten, sind die Flugfedern für den Flug unerlässlich. Sie sind in der Regel länger und steifer als die Konturfedern und befinden sich an den Flügeln (Schwungfedern) sowie dem Schwanz (Steuerfedern) des Vogels. Bei den Flugfedern sind Innen- und Außenfahne asymmetrisch gestaltet, was für die Aerodynamik beim Fliegen entscheidend ist.

- **Daunen:**

Die Daunen liegen unter den Konturfedern und dienen in erster Linie mithilfe der darin eingeschlossenen Luft als Wärmeschutz. Daunen sind sehr weich und flauschig. Sie haben einen kurzen Kiel und flexible Strahlen.

- **Fadenfedern:**

Die Fadenfedern besitzen einen dünnen, fadenartigen Schaft und wenige bis keine Strahlen. Sie besitzen an ihrer Basis Berührungs- und Strömungsrezeptoren, die seitliche Auslenkungen der Konturfedern und somit eine Fehlstellung des Gefieders anzeigen. Das Gefieder von Vögeln erfüllt unterschiedlichste Aufgaben: es dient der Wärmeisolation, erhöht die Aerodynamik des Körpers, sorgt für Beschleunigung (Schwungfedern) und Steuerung (Schwanzfedern) beim Fliegen und dient in Verbindung mit unterschiedlichsten Färbungen der Tarnung oder Signalgebung. Bei Entenvögeln ist das Gefieder an das Leben auf dem Wasser und somit das Schwimmen angepasst. Zwischen den vielen kleinen Daunenfedern und den bunten Deckfedern ist Luft eingeschlossen. Durch dieses Luftpolster wird die Ente auf dem Wasser getragen. Um ihr Gefieder regelmäßig einfetten zu können und es somit zu pflegen und wasserabweisend zu machen, besitzen sie an der Oberseite der Schwanzwurzel eine Drüse, die ein öliges Sekret bildet. Dieses Sekret, das Bürzelöl, wird mithilfe des Schnabels auf dem gesamten Gefieder verteilt. Die Bürzeldrüse ist bei Entenvögeln als spezielle Anpassung an ein Leben auf dem Wasser besonders groß ausgebildet (vgl. Neub & Hofrichter, 1999; Neub et al., 1999).

Ein weiteres Merkmal der Vögel ist, dass viele Knochen luftgefüllt sind. Diese pneumatisierten Knochen verringern das Körpergewicht deutlich und erhöhen somit die Flugfähigkeit. Ein weiterer Vorteil für die Entenvögel besteht darin, dass diese Verringerung des Körpergewichts auch den Auftrieb beim Schwimmen erhöht (vgl. Kapitel 2.1). Die Hohlräume der pneumatisierten Knochen sind direkt mit den Luftsäcken der Lunge verbunden. Diese Luftsäcke sind Anhänge der Lunge, die die Luft durch diese führen, jedoch nicht am Gasaustausch beteiligt sind. Auch das Luftsacksystem dient den Vögeln zur Verringerung des spezifischen Körpergewichts und erleichtert somit das Fliegen und erhöht für die Entenvögel den Auftrieb beim Schwimmen (vgl. Neub et al., 1999).

Der Körperbau der Entenvögel weist einige Merkmale auf, die speziell an das Leben im und auf dem Wasser und somit das Schwimmen angepasst sind. Um möglichst viel Auftrieb auf dem Wasser erzeugen zu können (vgl. Kapitel 2.1), besitzen Entenvögel einen massiven Körper mit einem langen, „aus 15 – 25 Wirbeln gebildeten Hals, der im Flug gestreckt und im Schwimmen oft s-förmig getragen wird“ (Neub & Hofrichter, 1999). Außerdem sind die Füße der Entenvögel zu Schwimmfüßen umgebildet, die zwischen den vorderen drei Zehen über Schwimmhäute verfügen, die als Ruderfläche dienen (siehe Abb. 5). Beim Vorziehen des Fußes werden die Zehen zusammengezogen und die Schwimmhaut zwischen ihnen gefaltet, sodass der Strömungswiderstand verringert wird. Beim Zurückschlagen des Fußes werden die Zehen möglichst weit voneinander abgespreizt, sodass die aufgespannten Schwimmhäute das Wasser nach hinten drücken. Entenvögel haben kurze Beine, die weit auseinanderstehen und sich etwas hinter der Körpermitte befinden, weshalb sie stabil im Wasser liegen, sich jedoch nur mühsam laufend an Land fortbewegen können (vgl. Neub & Hofrichter, 1999).

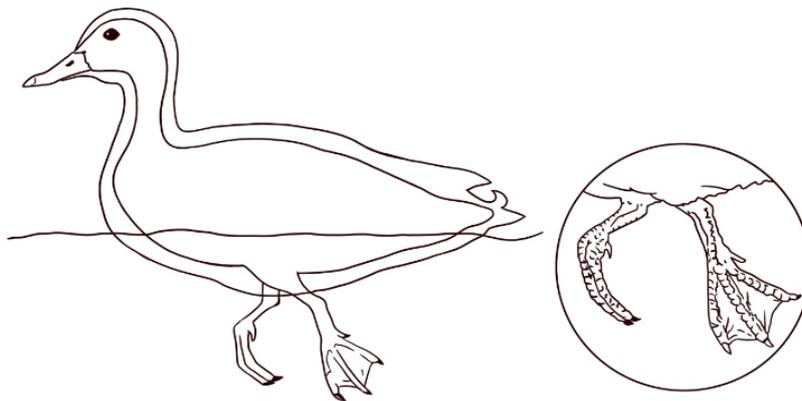


Abb. 5: Schwimmfüße bei Entenvögeln

Entenvögel sind Omnivore und somit in der Lage, eine breite Palette von Nahrungsquellen zu nutzen, weshalb sie in unterschiedlichsten Lebensräumen und unter verschiedenen Umweltbedingungen überleben können. Die Form der Nahrungsaufnahme ist abhängig von der Art der Nahrung sowie dem Lebensraum, in welchem das Tier lebt. Insgesamt lassen sich die folgenden fünf weitverbreitetsten Techniken der Nahrungsaufnahme unterscheiden (vgl. Neub & Hofrichter, 1999; Guillemain et al., 2002; Gurd, 2006)

- **Gründeln:**

Viele Entenarten, insbesondere die sogenannten Gründelenten (wie z. B. Stockenten – *Anas platyrhynchos*), nehmen Nahrung auf, indem sie ihre Köpfe unter Wasser tauchen, während der Rest ihres Körpers an der Wasseroberfläche bleibt. Sie nutzen ihren Schnabel, um den Boden des Gewässers nach Pflanzen und kleinen Tieren zu durchsuchen. Diese Methode wird hauptsächlich in seichten Gewässern angewendet, wo die Tiere mit ihrem langen Hals leicht den Grund erreichen können.

- **Tauchen:**

Tauchenten (wie die Reiherente – *Aythya fuligula*) tauchen vollständig unter Wasser, um Nahrung zu suchen. Sie können mehrere Meter tief tauchen und verwenden ihre kräftigen Beine, um sich unter Wasser zu bewegen. Diese Form der Nahrungssuche wird in tieferen Gewässern angewendet, wo die Nahrung weiter unter der Wasseroberfläche liegt.

- **Filterieren/ Schnattern:**

Entenvögel filtern kleine Nahrungspartikel aus dem Wasser. Sie nehmen Wasser mit der Schnabelspitze auf und schließen ihn dann teilweise, wodurch das Wasser mit Hilfe ihrer Stempelzunge durch zwei Hornlamellen-Reihen an den Schnabelrändern gepresst wird. Hierdurch filtern sie pflanzliche und tierische Nahrungspartikel aus dem Wasser. Diese Technik wird auch als „Schnattern“ bezeichnet.

- **Abweiden:**

An Land und im flachen Wasser weiden Entenvögel, indem sie mit ihren Schnäbeln Gras, Kräuter und Wasserpflanzen abreißen. Dies wird oft an Uferbereichen oder auf Wiesen beobachtet.

- **Fischen und Jagen:**

Einige Entenarten, die auch tierische Nahrung wie Fische oder Amphibien fressen, jagen aktiv nach diesen Tieren. Sie nutzen ihre Schnelligkeit und Beweglichkeit im Wasser, um die Beute zu fangen.

3.2 Riesenseerose

Die Riesenseerosen (*Victoria*) sind eine Pflanzengattung aus der Familie der Seerosengewächse (*Nymphaeaceae*). Sie wurden von ihrem Entdecker, dem Botaniker Thaddäus Haencke, der sie im Jahr 1801 auf einer Forschungsreise ins Amazonasgebiet als erster beschrieb, nach der britischen Königin Victoria (1819-1901) benannt.

Die Riesenseerosen sind ausschließlich in den flachen Gewässern des Amazonasbeckens in Südamerika heimisch. Innerhalb der Pflanzengattung sind derzeit lediglich drei Arten bekannt: die Amazonas-Riesenseerose (*Victoria amazonica*), die Santa-Cruz-Riesenseerose (*Victoria cruziana*) und die *Victoria boliviana*.

Riesenseerosen bestehen, wie alle Pflanzen, aus den drei Grundorganen Wurzel, Sprossachse und Blättern. Die Wurzeln der Riesenseerosen sind als Rhizome ausgebildet und verankern diese im Grund des Gewässers. Über die bis zu acht Meter langen Sprossachsen sind sie bei diesen im Wasser lebenden Rhizomstauden mit den auf der Wasseroberfläche schwimmenden Blättern und Blüten verbunden (vgl. Mühlberg, 1980).



Abb. 6: Schwimmblätter und Blüte von *Victoria cruziana* (Mühlberg, 1980)

Die Blätter der Riesenseerosen können einen Durchmesser von 2-3 m erreichen und besitzen an der Unterseite kräftige hervorspringende bestachelte Blattnerve (siehe Abb. 7). Die Blattnerve dienen der Stabilität des Blattes, sodass es auch, wenn es bei Regen mit Wasser gefüllt wird, nicht untergeht. Um das Wasser abzuleiten, besitzt die

Blattspreite unzählige winzige Poren. Die Schwimmblätter sind epistomatisch, haben die Spaltöffnungen also nur auf der Oberseite.

Die Stacheln der Blätter dienen als Schutz vor Fressfeinden. Eine weitere Funktion der erhabenen Blattnerve ist, dass sich zwischen ihnen Luft sammelt, die dem Blatt zusätzlichen Auftrieb verleiht. Für noch mehr Auftrieb lagern Riesenseerosen Luft in den Interzellularen ein. Die Blätter der Riesenseerose sind so stark, dass sie bei gleichmäßiger Belastung problemlos 50 kg tragen können. Um nicht von anderen Blättern überlagert zu werden und somit keine Photosynthese mehr betreiben zu können, besitzen die Schwimmblätter der Riesenseerosen einen bis zu 10 cm hohen, stabilen Blattrand (siehe Abb. 6) (vgl. Mühlberg, 1980; Lüttge et al., 1999, wissen.de).

Die Blüten der Riesenseerosen sind beeindruckende und komplexe Strukturen mit einzigartigen biologischen Eigenschaften. Die Knospen entwickeln sich unter Wasser und besitzen auf ihrer Hülle unzählige Stacheln. Sobald die Entwicklung abgeschlossen ist, wachsen sie an die Wasseroberfläche und beginnen, sich im Kreis zu drehen. Hierdurch werden Konkurrenzpflanzen verdrängt und die Knospe schafft ausreichend Platz für die Blüte, welche einen Durchmesser von bis zu 35 cm erreichen kann.



Abb. 7: hervorspringende Nerven der Blattunterseite bei *Victoria cruziana* (Mühlberg, 1980)

Die Blüten der Riesenseerosen sind an die Bestäubung durch Käfer angepasst. Da Riesenseerosen Nachtblüher sind, öffnen sich die Blüten am ersten Abend. Die Blüte ist während der ersten Nacht weiblich und empfängt Pollen von den durch einen starken Duft angelockten Bestäubern. Während dieser Phase ist die Blüte weiß (siehe Abb. 6) (vgl. Mühlberg, 1980; Kadereit et al.,

2021; Redaktion Pflanzenforschung.de, 2021; wissen.de).

Ein bemerkenswertes Merkmal der Victoria-Seerosenblüten ist ihre Fähigkeit zur Thermogenese, das heißt, sie können Wärme produzieren. Diese thermogene Aktivität trägt dazu bei, die Duftstoffe der Blüte zu verteilen und somit ihre Attraktivität für Bestäuber zu erhöhen. Des Weiteren bietet die Wärme der Blüte den Bestäubern einen komfortablen Aufenthaltsort und fördert damit die Verweildauer in der Blüte, was die Bestäubungseffizienz erhöht. Am darauffolgenden Morgen schließt sich die Blüte und die in ihr befindlichen Käfer werden eingeschlossen. Im Laufe des Tages wird die Blüte männlich. Sie produziert also ihre eigenen Pollen und verfärbt sich von weiß zu rosa bis rot. In der zweiten Nacht öffnet sich die Blüte erneut und die vorher eingeschlossenen Käfer, die nun mit Pollen bedeckt sind, werden freigelassen, um andere Blüten zu bestäuben. Im Anschluss an die zweite Nacht schließt sich die Blüte wieder und taucht unter. Die Samenreife erfolgt unter Wasser (vgl. Redaktion Pflanzenforschung.de, 2021; wissen.de).

In der Bionik sollen technische Probleme unter Berücksichtigung biologischer Phänomene gelöst werden. Die oben beschriebene besondere Stabilität der Blätter der Riesenseerose findet besonders in der Architektur und dem Leichtbau ihre Anwendung. Der Gartenarchitekt Joseph Paxton ließ sich im 19. Jahrhundert vom Rippengerüst der Victoria-Seerose beim Bau von Gewächshauskonstruktionen inspirieren. Sein berühmtestes Werk ist der Crystal Palace, der für die Weltausstellung 1851 in London gebaut wurde. Bei dieser revolutionären Bauweise der Glas- und Eisenkonstruktion des Daches wurden vorgefertigte Module nach dem Vorbild der radialen Blattrippen montiert. Hierdurch konnten sowohl die Bauzeit, als auch der Materialverbrauch minimiert werden. Besonders im Flugzeugbau ist es von entscheidender Wichtigkeit, bei der Konstruktion von Flugzeugtragflächen und -rümpfen möglichst leicht und trotzdem stabil zu bauen. Unter dem Vorbild der Riesenseerosen wird derzeit an einer Veränderung der aktuell verwendeten Wabenstruktur hin zu einer Verästelung gearbeitet. Ziel soll es sein, die Bauteile bei gleicher Stabilität leichter zu machen, um so Treibstoff und dadurch Kohlenstoffdioxid einzusparen. (vgl. Beste, 2016; Göbel, 2021)

Literatur:

Beste, D. (2016). Der Riesenseerose unters Blatt geschaut. Online:

<https://www.springerprofessional.de/konstruktionslehre/additive-fertigung/der-riesenseerose-unters-blatt-geschaut/10913824>

Göbel, E. (2021). Victoria-Seerose – Stabilität durch Streben. Online: [https://tu-](https://tu-dresden.de/bg/standorte/dresden/transl/bionik/stabilitaet)

[dresden.de/bg/standorte/dresden/transl/bionik/stabilitaet](https://tu-dresden.de/bg/standorte/dresden/transl/bionik/stabilitaet)

Guillemain, M., Martin, G.R. and Fritz, H. (2002), Feeding methods, visual fields and vigilance in dabbling ducks (Anatidae). *Functional Ecology*, 16: 522-529. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00652.x>

Gurd, B. (2006). Filter-feeding dabbling ducks (*Anas* spp.) can actively select particles by size. *Zoology*, 109: 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2005.10.002>

Kadereit, J.; Körner, C.; Nick, P.; Sonnewald, U. (2021). *Strasburger - Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften*. Berlin: Springer Spektrum.

Lüttge, U.; Kluge, M.; Bauer, G. (1999). *Botanik*. 3. Auflage. Weinheim: WILEY-VCH Verlag.

Mühlberg, H. (1980). *Das große Buch der Wasserpflanzen*. Hanau: Verlag Werner Dausien.

Neub, Dr. M.; Hofrichter, Dr. O. (1999). *Lexikon der Biologie. Entenvögel*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. Online: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/entenvoegel/21471>

Neub, Dr. M.; Hofrichter, Dr. O.; Wild, Dr. R. (1999). *Lexikon der Biologie. Vögel*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. Online: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/voegel/69795>

Redaktion Pflanzenforschung.de (2021). *Kuriose Pflanzenwelt: Riesenseerosen. Trickreiche Königinnen unter den Wasserpflanzen*. Online:

<https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/kuriose-pflanzenwelt-riesenseerosen>

<https://www.wissen.de/bildwb/seerosen-leben-ueber-und-unter-wasser>

1. Experiment: Knete zum Schwimmen bringen

Bei diesem Experiment geht es darum, Auftrieb begreifbar zu machen. Es findet sich in vielen Büchern, weswegen es hier nur sehr kurz zusammengefasst wird.

Was wird benötigt?

- Ein Becken mit Wasser
- Eine Rolle Knete pro Kind

Durchführung:

Erst wird gemeinsam beobachtet, dass die Knete unter geht, wenn man die Rolle ins Becken gleiten lässt.

Dann sollen die Kinder die Knete so verformen, dass sie schwimmen kann.

Beobachtung:

Viele Kinder fangen sofort an, eine Schüssel zu formen, mache Kinder versuchen eine große Fläche zu erzeugen, wie bei einem Floß. Sobald die erste „Schüssel“ schwimmt, versuchen es alle Kinder mit dieser Lösung.

Erklärung:

Wenn ein Gegenstand ins Wasser eintaucht, verdrängt er so viel Wasser, wie in dem Volumen, dass er dort einnimmt vorhanden war.

Da Knete schwerer ist als das Wasser mit dem gleichen Volumen, sinkt sie.

Wenn die Kinder eine Schüssel formen, dann wird das Volumen der Knete größer, die Masse bleibt aber gleich. Die Schüssel enthält nicht nur die Knete, sondern auch Luft, die viel leichter ist als Wasser. Wenn die Schüssel so groß ist, dass das verdrängte Wasser so schwer ist wie die Schüssel (Knete + Luft), dann schwimmt sie.

2. Experiment: Schwerpunkt (Vorführexperiment)

Mit diesem Experiment wollen wir zeigen, dass Auftrieb alleine nicht reicht, wenn man ein Schiff bauen möchte. Ganz nebenbei wird hier auch offensichtlich, warum man nicht einmal bei Modell-Booten Styropor für den Rumpf verwendet. Dieses Experiment verläuft in zwei Phasen:

- In der ersten Phase wird, wie bei naturwissenschaftlichen Experimenten üblich, analysiert, was passiert.
- In der zweiten Phase folgt die Synthese, wo, ähnlich wie bei einem technischen Experiment, ein Mittel gesucht wird, das das Wunschergebnis liefert.

Was wird benötigt?

- Ein Kunststoffbecher (Coffee-To-Go)
- Ein mit Wasser gefülltes Becken
- 10 Murmeln

Einstieg:

Die Lehrkraft fragt die Kinder, ob der Becher wohl schwimmen wird, wo der doch offensichtlich sehr viel Luft enthält.

Durchführung:

Der Becher wird vorsichtig auf die Wasseroberfläche gestellt. Daraufhin fällt er um, läuft voll Wasser und geht unter. Mit den Kindern wird überlegt, warum der Becher auf dem Wasser umkippt, und was man dagegen tun könnte.

Der Begriff „Schwerpunkt“ ist normalerweise noch nicht bekannt und die Kinder können die Ursache des Kippens schwer beschreiben. Oft kommt die Erklärung, dass der Becher zu hoch ist, oder oben größer als unten. Meistens kommen die Kinder selber auf die Idee, dass man etwas Schweres in den Becher tun könnte. Alle anderen Ideen sollte man aber ebenfalls ausprobieren. (Becher umdrehen).

Wenn kein Kind auf eine Lösung kommt, kann man fragen, was wohl passieren wird, wenn man 10 Murmeln in den Becher füllt. Dann füllt man die Murmeln in den Becher und stellt ihn wieder vorsichtig auf die Wasseroberfläche.

Beobachtung:

Der Becher mit den Murmeln schwimmt.

Erklärung:

Der leere Becher ist so leicht, dass sein Schwerpunkt weit über der Wasseroberfläche liegt, deshalb fällt er bei der leichtesten Bewegung um.

Durch das Gewicht der Murmeln wird der Becher schwerer und taucht so tief ins Wasser ein, dass sein Schwerpunkt unter die Wasseroberfläche sinkt. Dadurch kippt er nur noch bei sehr starken Wellen um und schwimmt stabil.

Was bedeutet das für die Konstruktion des Schiffes?

Der Schwerpunkt des Schiffes sollte unten in der Mitte, am besten unter der Wasseroberfläche liegen.

Das ist der wichtigste Grund, weshalb die Antriebsmaschinen von modernen Schiffen ganz unten im Rumpf sind. Historische Segelschiffe haben aus diesem Grund Steine oder andere schwere Gegenstände entlang des Kiels.

3. Experiment: Bewegliche Ladung

Mit diesem Experiment betrachten wir den Einfluß von beweglicher Ladung auf die Stabilität eines Schiffes.

Was wird benötigt?

- Der Metall-Deckel
- Die Murmeln
- Das mit Wasser gefüllte Planschbecken

Durchführung:

Die Kinder sollen vermuten, ob der Metall-Deckel schwimmt. Die meisten vermuten richtig, der Deckel schwimmt, wenn man ihn vorsichtig auf die Wasseroberfläche setzt. Anschließend sollen die Kinder schätzen, wie viele Murmeln dieser Deckel tragen kann, bevor er unter geht. Dann werden nach und nach immer mehr Murmeln in den Deckel gegeben, bis er versinkt.

Beobachtung:

Die erste Murmel rollt an den Rand, die zweite Murmel rollt zur ersten und bei der fünften oder sechsten Murmel sinkt der Deckel.

Erklärung:

Murmeln rollen sehr gut und wenn eine oberfläche schief ist, rollen sie immer zum tiefsten Punkt, den sie erreichen können. Dadurch taucht der Deckel an der Stelle, zu der die Murmeln rollen, so tief ein, dass Wasser über den Rand in den Deckel gelangt und dieser unter geht.

Ergänzung:

Hier kommt von Kindern häufig der Einwand, man müsse die Murmeln immer paarweise auf jeweils gegenüber auf den Deckel legen, dann würden sie nicht in eine Ecke rollen. Es lohnt sich, mit den Kinder alle Ideen auszuprobieren, wie man Murmeln am Wegrollen hindern kann.

Was bedeutet das für die Konstruktion des Schiffes?

Damit das Schiff stabil schwimmt, sollte bewegliche Ladung an der Bewegung gehindert werden.

VI Stundentafel und Unterrichtstabellen

Für die Unterrichtseinheit sollte im Idealfall mit 6 Schulstunden geplant werden. Aus der Tabelle wird der grundsätzliche Ablauf sichtbar.

Stunde	Inhalt
Stunde 1	Einstieg und Problemstellung mit den Piraten - weshalb schwimmen die Riesenseerose und die Ente auf dem Wasser?
Stunde 2	Versuche zum stabilen Schwimmen
Stunden 3 und 4	Konstruktionsaufgabe, Checkliste, Materialien & Konstruktionsbeginn und Überarbeitung der Boote
Stunden 5 und 6	Konstruktion, Fertigstellung, Test und Präsentation der Boote

VI Stundentafel und Unterrichtstabellen

Für die Unterrichtseinheit sollte im Idealfall mit 6 Schulstunden geplant werden. Aus der Tabelle wird der grundsätzliche Ablauf sichtbar.

Stunde	Inhalt
Stunde 1	Einstieg und Problemstellung mit den Piraten - weshalb schwimmen die Riesenseerose und die Ente auf dem Wasser?
Stunde 2	Versuche zum stabilen Schwimmen
Stunden 3 und 4	Konstruktionsaufgabe, Checkliste, Materialien & Konstruktionsbeginn und Überarbeitung der Boote
Stunden 5 und 6	Konstruktion, Fertigstellung, Test und Präsentation der Boote

Unterrichtstabelle 1. Stunde

Stunde 1: Weshalb schwimmen die Ente und Riesenseerosen auf dem Wasser?

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalte	Sozialform	Materialien
10 min	Einstieg	<p>Begrüßung</p> <p>Vorlesen der Geschichte „Mit den Piraten auf Schatzsuche“ (1. Teil).</p> <p>Zur visuellen Unterstützung werden die Bilder von Augenklappen-Aaron und Säbel-Selda in die Mitte gelegt.</p> <p>Sammeln von Vorerfahrungen und Vermutungen zu folgenden Leitfragen:</p> <p><i>Weshalb geht die Ente (auch bei Wellengang) nicht unter?</i></p> <p><i>Weshalb kann das Blatt der Riesenseerose so schwere Dinge tragen ohne unter zu gehen?</i></p> <p>Sammeln von Vorerfahrungen und Vermutungen.</p> <p>Kinder versuchen wie eine Ente zu gehen. Ggf. den Begriff, watscheln' klären.</p>	Stitzkreis/ Stuhlkreis	<p>Geschichte im Erfinderheft Seite 2 & 3</p> <p>Bilder von Augenklappen-Aaron und Säbel-Selda</p>
14 min	Erarbeitungsphase	<p>Das Erfinderheft wird ausgeteilt.</p> <p>Die Kinder werden in Kleingruppen eingeteilt, die Hälfte der Klasse liest den Text zur Riesenseerose, die andere Hälfte den Text zur Ente.</p> <p>Die Kinder tauschen sich in den Kleingruppen aus und versuchen die Leitfragen (Problemstellung) zu beantworten.</p> <p>Wichtige Stellen können im Text unterstrichen werden.</p>	Arbeitsteilige Gruppenarbeit	<p>Erfinderheft Ggf. eine Feder mit Vaseline einfetten und beobachten, wie das Wasser abperlt</p> <p>Fotos Ente, Riesenseerose (mit Stacheln, sichtbare Einkerbungen am Rand, Löcher im Blatt)</p>
8 min	Auswertungsphase	Die Kinder stellen sich gegenseitig ihre Ergebnisse vor und beantworten die Leitfragen.	Plenum	
8 min	Anwendungsphase	Die Kinder benatworten die Fragen zur Riesenseerose und zur Ente und ergänzen die Abbildungen.	Einzelarbeit	Erfinderheft Seite 6 & 7
5 min	Ergebnissicherung	Gemeinsame Besprechung der Ergebnisse oder Selbstkontrolle durch Lösungsblätter.	Plenum	Erfinderheft Ggf. Lösungsblätter

Unterrichtstabelle 2. Stunde

Stunde 2: Versuch zum stabilen Schwimmen

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalte	Sozialform	Materialien
10 min	Einstieg	<p>Fortsetzung der Geschichte. Beim Vorlesen erfahren die Kinder, dass Augenklappen-Aaron bei der Abfahrt vergessen wurde und nun ein schwimmfähiges Gefährt bauen muss, um den anderen Piraten hinterher zu segeln.</p> <p>Sammlung der Vorerfahrungen zum Bau eines Bootes mit folgenden Leitfragen:</p> <p><i>Welche Materialien, die er auf der Insel finden kann, eignen sich zum Bau?</i></p> <p><i>Worauf muss beim Bau geachtet werden, dass das Boot nicht kentert?</i></p>	Stitzkreis/ Stuhlkreis	<p>Geschichte im Erfinderheft Seite 8</p> <p>Bild von Augenklappen-Aaron als visuelle Unterstützung</p>
25 min	Erarbeitungsphase	<p>Die Kinder erarbeiten sich handlungsorientiert Eigenschaften des stabilen Schwimmens.</p> <p>Lehrkraft demonstriert, dass ein Stück bzw. eine Kugel Knete im Planschbecken sinkt.</p> <p><i>Problemstellung: Wie bringen wir die Knete zum Schwimmen?</i></p> <p>-> Kinder sollen erkennen, dass die Knete durch Umformung der Knete zu einer Schale, schwimmt.</p> <p>Der Bezug zum Seerosenblatt wird hergestellt.</p> <p><i>Problemstellung: Warum geht aber der Becher unter, obwohl er ebenfalls wie eine Schale geformt ist und Luft enthält?</i></p> <p>-> Kinder sollen erkennen, dass ein schwimmfähiges Gefährt seinen Schwerpunkt unten in der Mitte haben sollte, um nicht zu kentern. Der Bezug zur Ente wird hergestellt.</p> <p>Lehrkraft lässt die Kinder vermuten, wie viele Murmeln in der Plastikschale transportiert werden können.</p>	Sitzkreis	<p>Kleines Planschbecken mit Wasser</p> <p>1 Knete-Stange pro Kind</p> <p>Bild: Riesensee-rose</p> <p>Plastikbecher, Bild Ente</p> <p>Murmeln, Schraubdeckel</p>

		<p><i>Problemstellung: Worauf muss beim Verteilen der Ladung geachtet werden?</i></p> <p>->Kinder sollen erkennen, dass bewegliche Ladung in eine Ecke rollen und ein Boot zum kentern bringen kann.</p> <p>Als lebensweltlicher Bezug wird auf die Verteilung von Fahrzeugen auf einer Fähre eingegangen.</p>		
10 min	Ergebnissicherung	Kinder bearbeiten die Aufgabe im Erfinderheft: Worauf muss beim Bauen eines Bootes geachtet werden?	Einzelarbeit	Arbeitsblatt im Erfinderheft Seite 9

Unterrichtstabelle 3. & 4. Stunde

Stunden 3 und 4: Erstellen der Checkliste und Konstruktion der Boote

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalte	Sozialform	Materialien
5 min	Einstieg	<p>Anknüpfen an die voran gegangene Stunde. Dabei wirkt das Bild von Augenklappen-Aaron, der dem Piratenschiff nachschaut, als stummer Impuls.</p> <p>Kinder äußern sich dazu und formulieren die Problemstellung:</p> <p><i>Worauf muss Aaron beim Bau des Bootes achten?</i></p>	Plenum	<p>Bild: Augenklappen-Aaron, der dem Piratenschiff nachschaut. Evt. Dokumentenkamera</p>
15 min	Erarbeitungsphase/ Planung	<p>Das Erstellen einer Checkliste mit den Hauptfunktionen, die das Boot von Aaron erfüllen muss. Klärung der Funktion einer Checkliste und der Begriffe „Hauptfunktionen“ und „Zusatzfunktionen“.</p> <p>Das Boot muss:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Auch bei Wellengang stabil schwimmen ● Mit Wind angetrieben werden ● Kokosnüsse transportieren können <p>Das Boot darf:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Eine Kajüte haben? ● Platz für die Ente haben? ● Schön sein <p>Das Arbeitsmaterial und das Werkzeug aus der Erfinderkiste werden vorgestellt.</p> <p>Die Konstruktionsregeln werden besprochen.</p>	Plenum	<p>Erfinderheft Seite 10</p> <p>Erfinderkiste mit Werkzeug/ Materialien, kleinem Holzpirat, Murmeln als Ladung</p> <p>Erfinderheft Seite 11</p>
~ 40min	Erarbeitungsphase/ Konstruktionsphase	<p>Kinder wählen am Materialbuffet die gewünschten Materialien aus und entwickeln ihre Ideen. Sie beginnen mit dem Bauen.</p> <p>Möglicher Impuls: <i>„Schau dir an, was zum Bauen der Box zur Verfügung steht und überlege, was du wie daraus bauen könntest. Wenn du eine Idee hast, dann nimm, was du brauchst.“</i></p> <p>Bauphase – wichtige Regeln:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Fehler dürfen gemacht werden. 	Einzel-, Partner-, oder Gruppenarbeit	<p>Erfinderkiste mit Werkzeug/ Materialien, kleinem Holzpirat, Murmeln als Ladung mitgebrachte Alltagsmaterialien</p> <p>kleines Planschbecken mit Wasser</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Fehler dürfen selbst analysiert werden. (Warum geht es so nicht?) • Das Schiff darf jederzeit getestet werden • Ideen und Lösungsansätze dürfen zwischen Gruppen ausgetauscht werden. 		
15 min	Auswertungsphase	<p>Präsentation der ersten Ergebnisse Mögliche Impulsfragen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wie weit bist du mit deinem Bauvorhaben gekommen? • Was hat gut geklappt? • Womit hattest du Probleme und wie hast du sie gelöst? • Wie willst du weiter bauen? <p>Kinder dürfen Fragen stellen und ggf. Tipps zum Weiterbau etc. geben.</p> <p>Klärung der Frage, ob weitere Materialien benötigt werden.</p>	Stitzkreis/ Stuhlkreis	Konstruktionen der Kinder
10 min	Aufräumen und Ausblick	Werkzeug und benutzbares Material kommt an seinen Platz, Wasser im Planschbecken wird von der Lehrkraft ausgeleert. Konstruktionen der Kinder kommen an einen definierten Platz.	Dies ist nur nötig, wenn nicht am gleichen Tag weiter gebaut wird. Es empfiehlt sich, das Schiffe bauen immer als ganztätiges Projekt zu machen.	Erfinderkiste mit Werkzeug/ Materialien

Unterrichtstabelle 5. & 6. Stunde

Stunden 5 und 6: Weiterarbeit an den Booten, Fertigstellung und Reflektion

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalte	Sozialform	Materialien
5 min	Einstieg	Anknüpfen an die voran gegangene Stunde und Verbindung zur Geschichte. Wiederholung der Checkliste.	Plenum	Bild: Augenklappen-Aaron, der dem Piratenschiff nachschaut. Erfinderheft Seite 10
55 min	Erarbeitungsphase/ Konstruktionsphase	Individuelle Weiterarbeit am Boot. Lehrkraft unterstützt die Kinder bei der Umsetzung der Konstruktionsideen. Kinder die fertig sind, überprüfen ihre Konstruktion und optimieren sie. Differenzierung: <ul style="list-style-type: none"> ● Unterstützung anderer Kinder ● Zeichnung des eigenen Bootes anfertigen und Materialauswahl beschreiben 	Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit	Erfinderkiste mit Werkzeug/ Materialien, kleinem Holzpirat, Murmeln als Ladung mitgebrachte Alltagsmaterialien kleines Planschbecken mit Wasser Erfinderheft Seite 12
10 min	(Zwischenbesprechung, falls notwendig) Während, nicht nach der Konstruktionsphase	Wenn viele Kinder an ähnlichen Problemen feststecken, kann die Konstruktionsphase für einen Sitzkreis unterbrochen werden. Plenumsdiskussion rund um das Problem: <i>Welche Lösungsideen gibt es?</i>	Stuhlkreis/ Sitzkreis	Konstruktionen der Kinder
20 min	Auswertungsphase/ Präsentation der Endergebnisse	Ausgewählte Kinder präsentieren ihre Konstruktionen. Eventuelle Extras und Vorzüge der Innenausstattung können ebenfalls präsentiert werden. Mögliche Leitfragen: <ul style="list-style-type: none"> ● Was hast du gebaut? ● Was ist besonders gut gelungen? ● Was funktioniert noch nicht? ● Hast du alle Hauptfunktionen erfüllt? ● Welche Probleme hattest Du beim Bauen? 	Stuhlkreis/ Sitzkreis	Konstruktionen der Kinder Kleines Planschbecken mit Wasser

		<ul style="list-style-type: none"> ● Wolltest Du von Anfang an so bauen, oder hast Du etwas verändert? <p>Ggf. auch:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Was möchtest du noch bauen und wie? ● Möchtest du Vorschläge/ Ideen aus der anderen Klasse haben? <p>Zum Abschluss wird das Ende der Geschichte vorgelesen.</p>		<p>Erfinderheft Seite 13 Evt. Dokumenten- kamera</p>
10 min	Aufräumen	<p>Werkzeug und benutzbares Material kommt an seinen Platz, Wasser im Planschbecken wird von der Lehrkraft ausgeleert. Konstruktionen der Kinder kommen an einen definierten Platz und dürfen von den Kindern am Ende mit nach Hause genommen werden</p>	Erfinderkiste mit Werkzeug/ Materialien	

VII Beurteilung der Leistungen

Das Vorgehen von Kindern beim Konstruieren ist sehr unterschiedlich, abhängig von Erfahrung, handwerklichem Geschick und Persönlichkeit. Es gibt nicht die eine richtige Arbeitsweise, so wie es auch nicht die eine richtige Lösung für eine Konstruktionsaufgabe gibt. Dennoch gibt es Kriterien, die für das Konstruieren wichtig sind und eine Bewertung ermöglichen. Die vorgeschlagenen Bewertungsfelder unterteilen sich in die Bereiche des Konstruktionsprozesses, der entstandenen Konstruktion (=Produkt) und der Reflexion.

Fertigungsprozess	Das Produkt	Reflexion
<p>Der Schüler/die Schülerin</p> <ul style="list-style-type: none"> • arbeitet zielstrebig • unterscheidet zwischen wichtigen und unwichtigen Funktionen • erkennt eigene Fehler • löst Probleme selbständig 	<p>Beurteilung anhand der notwendigen Funktionen der Checkliste und Bonuspunkte für Originalität</p>	<p>Der Schüler/Die Schülerin</p> <ul style="list-style-type: none"> • kann sein Produkt präsentieren • kann Stärken und Schwächen identifizieren • kann Verbesserungsmöglichkeiten benennen

Abb. 8: Bewertung auf drei Ebenen

Auch wenn bei den Konstruktion die Funktionalität im Vordergrund steht, könnte durchaus bis zu drei Bonuspunkte für Originalität vergeben werden. Einigen Kindern ist es einfach wichtig, dass auch die Ausstattung und/oder das Design gewürdigt wird. Dem wollen wir gerne entsprechen. Hierbei handelt es sich um Zusatzpunkte.

Aus den Bewertungsfeldern haben wir eine Bewertungstabelle entwickelt, die sowohl als Kopiervorlage als auch als Excel-Datei auf unserer Webseite zur Verfügung steht. Die maximal zu erreichende Punktzahl, einschließlich der Bonuspunkte, beträgt 39 Punkte.

Beurteilung der Leistungen

Kategorien	Punkte		
Der Konstruktionsprozess	1	2	3
Der Schüler / Die Schülerin arbeitet zielstrebig an seiner /ihrer Konstruktion.			
Der Schüler / Die Schülerin unterscheidet wichtige und unwichtige Funktionen.			
Der Schüler / Die Schülerin erkennt eigene Fehler.			
Der Schüler / Die Schülerin löst Probleme selbstständig und / oder kann Impulse selbstständig umsetzen.			
Das Produkt...	1	2	3
... ist fertig.			
... schwimmt.			
kippt auch bei Wellengang nicht um.			
... hat ein Segel.			
... hat Platz für mindestens 6 Murmeln.			
Bonus für Originalität			
Reflexion	1	2	3
Der Schüler / Die Schülerin kann sein Produkt präsentieren.			
Der Schüler / Die Schülerin kann Stärken und Schwächen identifizieren.			
Der Schüler / Die Schülerin kann Verbesserungsmöglichkeiten benennen.			
Summe			

Punkte	Note
39	1
37 - 38	1-
35 - 36	1-2
33 - 34	2+
31 - 32	2
29 - 30	2-
27 - 28	2-3
25 - 26	3+
23 - 24	3
21 - 22	3-
19 - 20	3-4
17 - 18	4+
<17	4

Vorschlag einer Notenskala anhand der Punkteverteilung

1. Materialien für den Bau eines Schiffs

Diese Inhalte sowie das Erfinderheft stehen im Mitgliederbereich zum Download zur Verfügung:

<https://www.startlearning.info/begleitmaterialien-schiffe>

Material, das gesammelt werden sollte

- Leere Tetrapaks (gut ausgespült!)
- Leere Plastik-Verpackungen (von Margarine, Frischkäse,...)
- Leere, kleine Flaschen aus Plastik (z.B. von Trinkjoghurt)
- Stoffreste
- Stöcke, Baumrinde

Niemand muss alles dabei haben. Es wird ein Tisch mit allen Baumaterialien aufgebaut, an dem sich alle Kinder gleichermaßen bedienen dürfen.

Es darf auch gerne Material mitgebracht werden, das nicht auf der Liste steht (nur Styropor ist verboten), solange es nicht extra dafür gekauft wird.