

6. Auftrieb und Schwimmen

- 6.1 Statischer Auftrieb: sinken, schweben, steigen, schwimmen
- 6.2 Dichtebestimmungen
- 6.3 Die schwimmende Erdkruste
- 6.4 Fortbewegung im Wasser
- 6.5 Biographie: Archimedes

Das Schwimmen ist seit prähistorischen Zeiten bekannt. Ältestes Zeugnis des Schwimmens ist ein Siegelzylinder aus Ton, der aus dem 9. bis 4. Jahrtausend v. Chr. stammt und in der Höhle der Schwimmer nahe von Wadi Sora in Ägypten gefunden wurde. Schriftliche Zeugnisse reichen bis 2000 v. Chr. zurück. Dazu gehören das Gilgamesch Epos, die Ilias und die Odyssee, Beowulf sowie die Bibel.

Aus griechischer und römischer Zeit sind Schwimmlehrer und Hilfsmittel wie Binsengürtel, luftgefüllte Schläuche oder Korkschwimmgürtel erwähnt. Um 310 v. Chr. wird von einer römischen Militärschwimmschule berichtet. Die Römer schwammen im Tiber oder in Fischteichen (Piscinae). In der Kaiserzeit (27 v. Chr. bis 476 n. Chr.) entstanden größere Schwimmbecken (natationes) innerhalb der Thermen. Vom Physikalischen gesehen ist Schwimmen jedenfalls das Schwimmen von unbelebten Gegenständen in Wasser ein recht einfaches Phänomen. Das erklärt eventuell, dass der vielleicht erste antike „Experimentalphysiker“ Archimedes schon die Gesetze des Auftriebs finden konnte.

6.1 Statischer Auftrieb: sinken, schweben, steigen, schwimmen.

Dass ein Körper, den man ins Wasser bringt, leichter wird, ist wohl allgemein bekannt. Schließlich nutzt man diese Tatsache bei Rehabilitationsmaßnahmen und Trainingsmethoden aus, bei denen Bänder und Gelenke geschont werden sollen. In einem Experiment wollen wir uns überlegen, wovon die scheinbare Gewichtsreduktion abhängen könnte.

Versuch: Gewicht eines Körpers in Luft und in Wasser

Ein Aluminiumquader mit den Maßen 5 cm x 5 cm x 10 cm ($V = 250 \text{ cm}^3$) wird an eine Federwaage gehängt, die ein Gewicht in Luft von 6,75 N anzeigt. Taucht man den Quader in Wasser, so geht die Anzeige der Federwaage um 2,5 N auf 4,25 N zurück.

Auf den eingetauchten Körper muss daher neben der Erdanziehung eine entgegengesetzte, also nach oben gerichtete Kraft wirken, die sog. Auftriebskraft oder kurz Auftrieb. Ihr Betrag ergibt sich aus der Differenz der von der Waage in Luft bzw. Wasser angezeigten Werte. In unserem Beispiel hat der Auftrieb den Wert 2,5 N, was dem Gewicht von 250 ml Wasser entspricht. Damit liegt die Vermutung nahe, dass die Auftriebskraft, die an einem in eine Flüssigkeit eingetauchten Körper wirkt, gleich der Gewichtskraft der durch den Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge ist. Dass diese Vermutung allgemeine Gültigkeit besitzt, hat schon Archimedes erkannt, weshalb die Aussage unter dem Namen Archimedisches Prinzip bekannt ist. Dieses Prinzip soll nun experimentell bestätigt werden. Hierzu verwenden wir einen unregelmäßig geformten Körper und eine beliebige Flüssigkeit, z.B. Alkohol.

Versuch: Experimentelle Bestätigung des Archimedischen Prinzips

Eine Tafelwaage, bei der auf einer Seite ein Galgen mit einem Stein sowie ein leeres Becherglas angebracht sind, wird durch entsprechende Gewichtsstücke ins Gleichgewicht gebracht. Neben der Waage ist ein bis zum Rand mit einer Flüssigkeit gefülltes Überlaufgefäß so aufgestellt, dass die auslaufende Flüssigkeit in das Becherglas auf der Wagschale fließt. Taucht man nun den Stein in die Flüssigkeit, so läuft davon soviel aus, dass die Waage im Gleichgewicht bleibt.

Taucht man nun verschiedene Körper in derselben Flüssigkeit unter, so kann man 3 verschiedene Fälle unterscheiden: Manche Körper sinken in der Flüssigkeit nach unten, andere steigen auf und schwimmen an der Oberfläche, wobei sie nur teilweise eintauchen, und wieder andere schweben in jeder Tiefe der Flüssigkeit. Dieses Verhalten kann man auf das Verhältnis von Gewichtskraft zu Auftriebskraft zurückführen, und zwar verhält sich ein Körper in einer Flüssigkeit folgendermaßen:

- Er sinkt, wenn die Gewichtskraft größer als die Auftriebskraft ist,
- er schwebt, wenn beide Kräfte gleich groß sind, und
- er steigt, wenn der Auftrieb die Gewichtskraft übertrifft solange, bis die beiden Kräfte gleich sind und der teilweise aus der Flüssigkeit heraus ragende Körper schwimmt.

Die 3 Verhaltensformen sollen nun in einigen Versuchen demonstriert werden:

Versuche:

Drei Mineralwasserflaschen in Wasser

Die Inhalte der 3 Flaschen, die äußerlich gleich aussehen, unterscheiden sich nur unwesentlich voneinander. Während in Flasche 3 normales Leitungswasser enthalten ist, sind die Flaschen 2 und 1 mit Mineralwasser gefüllt, wobei Flasche 2 etwas mehr Inhalt hat als Flasche 1. Auf diese Weise können Sinken, Schweben und Steigen bzw. Schwimmen demonstriert werden.

Cola und Cola-Light

Eine Cola- und eine Cola-Light-Dose werden vorsichtig in ein Wasserbecken gegeben. Während die Coladose untergeht, schwimmt die Cola-Light-Dose.

Verhalten verschiedener Körper in Wasser

Holz und Eisenkugeln verschiedener Größe, massiv und hohl; Schwimmen einer Porzellantasche

Bislang wurden das Verhalten verschiedener Körper betrachtet; als Nächstes sollen noch alle 3 Verhaltensformen an einem Körper, einem sog. Flaschenteufelchen, gezeigt werden.

Cartesischer Taucher

Ein Schwimmkörperchen, das in seinem Innern eine kleine Luftblase enthält, wird in eine mit Wasser vollständig gefüllte Plastikflasche gegeben. Drückt man auf die Flasche, so sinkt der Taucher zu Boden, hört man mit dem Drücken auf, so steigt er wieder nach oben. mit ein wenig Übung kann man den Druck so dosieren, dass der Taucher schwebt,

Als Letztes soll gezeigt werden, dass ein Körper in verschiedenen Flüssigkeiten die drei verschiedenen Verhaltensformen zeigt:

Versuch: Ei in Wasser mit verschiedenem Salzgehalt

Drei Bechergläser sind mit Wasser von verschiedenem Salzgehalt gefüllt. Während 1 Glas reines Wasser enthält, ist in den beiden anderen jeweils eine Salzlösung verschiedener Konzentration. Ein frisches Hühnerei wird nacheinander in die 3 Gläser gegeben. Während es in reinem Wasser untergeht, schwimmt es in starker Salzlösung und schwebt bei geeignetem Salzgehalt des Wassers.

All diese Phänomene finden ihre Erklärung durch das sog. Archimedische Prinzip. Das Verhalten in einer Flüssigkeit hängt bei homogenen Körpern nicht von ihrer Größe oder Form ab, sondern nur von ihrer Dichte ρ , also dem Verhältnis von Masse zu Volumen.

Die durch die Erdanziehung bedingte Gewichtskraft F_G eines Körpers wird beim Eintauchen in eine Flüssigkeit teilweise oder vollständig durch die Auftriebskraft F_A kompensiert. Die Gewichtskraft $F_G = m_K \cdot g = \rho_K \cdot V_K \cdot g$ bestimmt sich aus der Masse m_K und der Erdbeschleunigung g . Nach Archimedes ist die Auftriebskraft F_A gleich der Gewichtskraft der durch den Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge $F_A = - \rho_F \cdot V_F \cdot g$. Falls der Körper vollständig eintaucht, ist $V_F = V_K$, falls der Körper schwimmt, entspricht V_F gerade dem Teil des Körpervolumens, der sich unter der Flüssigkeitsoberfläche befindet. Das Minuszeichen deutet an, dass die Richtung der Auftriebskraft der Richtung der Gewichtskraft entgegengesetzt ist. Wenn im Vakuum der Körper mit der Gewichtskraft F_G nach unten gezogen wird, so wirkt auf den in eine Flüssigkeit eingetauchten Körper die Kraft

$$F_G + F_A = (\rho_K \cdot V_K - \rho_F \cdot V_F) \cdot g.$$

Ist die Massendichte des Körpers größer als die der Flüssigkeit, dann überwiegt die Gewichtskraft, der Körper sinkt vollständig in die Flüssigkeit ein. Ist sie kleiner, so taucht er nicht vollständig ein, sondern „schwimmt“.

An dieser Stelle wollen wir noch die Frage stellen, ob man auch ein Boot in einem Aquarium ohne Wasser schwimmen lassen kann. Die Antwort hierauf wird durch folgendes Experiment gegeben.

Versuch: Alu-Boot schwimmt auf Gas

Bringt man ein quaderförmiges Boot (25 cm x 25 cm x 10 cm) aus Aluminiumfolie ($m \approx 5$ g) in ein vorher mit Schwefelhexafluoridgas gefülltes Aquarium, so schwimmt es. Schöpft man dann das schwere Gas mit einem Becherglas und entleert das Glas in das Boot, so sinkt das Boot.

6.2 Dichtebestimmungen

Das Phänomen des Auftriebs kann man nun in verschiedener Weise zur Bestimmung von Dichten nutzen: Man kann entweder das Volumen eines kompliziert geformten Körpers und damit seine Massendichte ρ_K bestimmen oder man kann die Dichte der Flüssigkeit ρ_F messen.

Als Beispiel für die Bestimmung der Dichte von festen Körpern möchten wir zunächst das Archimedes zugeschriebene Goldkronenexperiment vorstellen. Als Archimedes den Goldgehalt der Krone des Königs Hieron prüfen sollte, ohne sie jedoch zu beschädigen, hängte er die Krone auf die eine Seite und dasselbe Gewicht in Gold auf die andere Seite einer Balkenwaage. Als er die beiden Körper ins Wasser tauchte, neigte sich die Seite mit dem Gold, wodurch erwiesen war, dass die Krone eine kleinere Massendichte hatte und daher nicht aus reinem Gold gefertigt war.

Versuch: Goldkronenexperiment mit unedlen Metallen

Zwei 200 g-Massestücke, das erste aus Eisen, das zweite aus einem unbekanntem Metall, werden an die beiden Enden einer Balkenwaage gehängt. Taucht man beide in Wasser, so senkt sich die Waage auf der Seite des zweiten Massestücks. Dieses muss also aus einem edleren Metall bestehen.

Um zu untersuchen, um welches Metall es sich handelt, soll seine Dichte mit Hilfe des Auftriebs bestimmt werden.

Versuch: Dichtebestimmung bei einem Festkörper mit Hilfe des Auftriebs

Um eine gute Genauigkeit zu erhalten, wird zur Bestimmung der Masse und des Auftriebs eine Analysenwaage benutzt. Auf der Waage steht ein Becherglas mit Wasser, in das das Massestück zunächst nur eingetaucht wird, ohne dass es den Boden berührt. Die Waage zeigt eine Masse m_A an, womit man die Auftriebskraft $F_A = m_A g$ erhält. Setzt man dann das Massestück auf den Boden des Becherglases, so misst man seine Masse m_K .

Das Volumen des Körpers erhält man aus der Auftriebskraft, die gleich der Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeitsmenge ist. Es ist also: $V_K = V_F = F_F / (\rho_F g) = F_A / (\rho_F g) = m_A / \rho_F$. Schließlich ergibt sich für die Dichte des Massestücks: $\rho_K = m_K / V_K = (m_K / m_A) \rho_F$.

Aus den gemessenen Werten erhält man $\rho_K = 8,3 \text{ g/cm}^3$, das Massestück ist aus Messing.

Da die Auftriebskraft von der Dichte der Flüssigkeit ρ_F , in die der Körper eintaucht, abhängt, lässt sich bei bekannten Eigenschaften des Körpers die Flüssigkeitsdichte bestimmen. Dies kann schnell und bequem nach dem obigen Verfahren durchgeführt werden:

Versuch: Messung von Flüssigkeitsdichten

In eine unbekannte Flüssigkeit wird das oben benutzte Massestück von 200 g getaucht, wobei eine Auftriebskraft von $F_A = m_A g$ gemessen wird. Daraus ergibt sich $\rho_F = (m_A / m_K) \rho_K$. Im untersuchten Fall: $\rho_F = 0,78 \text{ g/cm}^3$, es handelte sich um Äthanol.

Ein speziell für die Messung von Flüssigkeitsdichten konstruiertes Gerät ist das sog. Aräometer. Die heute gebräuchlichen Aräometer bestehen meistens aus Glas und besitzen einen dicken Auftriebskörper mit einer eingegossenen, genau definierten Menge Bleischrot und einem dünnen Stiel, in dem sich eine geeichte Skala befindet. Je nach der Dichte der Flüssigkeit sinkt das Aräometer verschieden tief ein, die Dichte lässt sich an der Skala ablesen.

Versuch: Kontrolle der Flüssigkeitsdichte mit einem Aerometer

6.3 Die schwimmende Erdkruste

Auch bei der Untersuchung der Erde findet das Auftriebsprinzip Anwendung. Man weiß heute, dass die äußere Kruste der Erdkugel aus festen Schollen mit einer Dicke von 30 bis 50 km und einer Dichte von $\rho \approx 2,7 \text{ g/cm}^3$ besteht. Die darunter liegende Schicht, der Erdmantel, hat eine Dichte von $\rho \approx 3,1 \text{ g/cm}^3$, eine Temperatur von einigen hundert Grad Celsius und verhält sich wie ein zähflüssiger Brei (säkularplastisch). Die Erdkruste schwimmt auf diesem Brei. Die Erdkruste enthält Meere, Ebenen und Gebirge. An den Stellen, wo Gebirge sind, hat die Erdkruste ein größeres Gewicht. Das führt dazu, dass an dieser Stelle die Kruste soweit in den Mantel einsinkt, bis auch an dieser Stelle das hydrostatische Gleichgewicht erreicht

ist. Unter den Gebirgen wird deshalb die Erdkruste tiefer reichen. Unter dem höchsten Gebirge, dem Himalaya ist die Erdkruste z.B. 70 km dick. Man kann nun mit Hilfe des Echolots die Dicke der Erdkruste an allen Orten messen und aus der Höhe der Gebirge und der darunter liegenden Verdickung der Kruste auf die Dichte des Erdmantels schließen. Die Erdkruste wirkt also wie ein riesiges Aräometer.

Versuch: Simulation der Erdkruste,

In einem Aquarium wird die Wasseroberfläche mit einer Plastikfolie abgedeckt, Legt man auf diese Folie dann Holzklötze verschiedener Größe, so kann man erkennen, dass sie verschieden tief einsinken. (Kamera)

6.4 Vorwärtsbewegung im Wasser

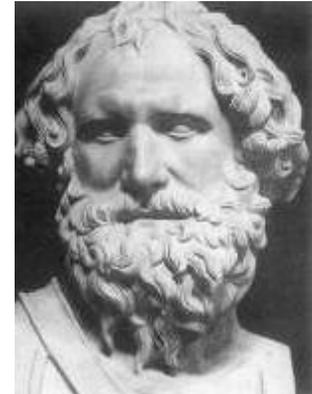
Bisher haben wir nur das Phänomen des Auftriebs behandelt, d.h. die Frage, unter welchen Bedingungen ein Körper in einer Flüssigkeit sinkt, schwebt oder nur teilweise eintaucht. Wenn man sagt, ein Schiff schwimme, so meint man, dass der Schiffskörper nur teilweise eintaucht und das unabhängig davon, ob das Schiff in Ruhe ist oder fährt. Wenn man von einem Menschen sagt, er schwimme, so ist das etwas komplizierter. Denn die mittlere Dichte eines Menschen liegt ganz nahe bei der Dichte von Wasser, zwischen $\rho = 0,98$ und $1,02 \text{ g/cm}^3$ je nachdem, wie viel Luft der Mensch eingeatmet hat. Abhängig von der aktuellen Dichte taucht der menschliche Körper also fast vollständig ins Wasser ein oder sinkt sogar langsam nach unten. In beiden Fällen ist der Kopf unter Wasser und der Mensch kann nicht atmen. Nur durch geeignete Bewegungen verschafft er sich im Wasser zusätzlichen Auftrieb, womit ein Teil des Körpers, insbesondere der Kopf, über der Wasseroberfläche bleibt. Wenn diese Bewegungen nicht nur eine senkrecht nach oben gerichtete Kraft erzeugen, sondern auch eine Komponente in Vorwärtsrichtung, bewegt der Schwimmer sich fort. Wenn man vom menschlichen Schwimmen spricht, meint man im Grunde diese Art der Fortbewegung im Wasser. Die geeigneten Schwimmbewegungen muss der Mensch lernen. Es könnte sein, dass ganz kleine Kinder durch recht weitgehend ungerichtete Bewegungen es schaffen, sich wenigstens über Wasser zu halten, sie kommen aber nicht voran.

Physikalisch sind die Kräfte, die man bei Schwimmen benutzt, Rückstoßkräfte, die durch die Reibung zwischen Körper und Wasser vermittelt werden.. Der Schwimmer zieht seine ausgebreiteten Arme mit einer Geschwindigkeit v durch das Wasser und spürt dabei eine Widerstands- oder Reibungskraft der Form $F_R = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$, worin A die Querschnittsfläche der Arme in Bewegungsrichtung, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ die Dichte des Wassers und c_w der Widerstandsbeiwert sind. Man spricht auch von Newtonscher Reibung. (Newtonsche Reibung entspricht dem Rückstoß: Wenn die Kraft F_R in einer Sekunde über eine Länge L ausgeübt wird, wird eine Masse Wasser $M_W = \rho \cdot A \cdot L$ auf die Geschwindigkeit v gebracht.) Die Kraft, mit der sich der Schwimmer sozusagen am Wasser abstößt, kann er benutzen, um seinen Kopf aus dem Wasser zu halten und sich voran zu bringen. Eine Abschätzung ergibt $F_R = 100 \text{ N}$, wenn $A = 0,2 \text{ m}^2$, $v = 1 \text{ m/s}$ und $c_w = 1$. Wenn man die Dichte des menschlichen Körpers mit 1020 kg/m^3 annimmt, wird ein Körper von 50 kg mit einer Restschwerkraft (Schwerkraft minus Auftriebskraft) von 10 N nach unten gezogen. Man sieht, dass die Schwimmbewegung diese Restschwerkraft leicht auffängt und auch noch Kraft für die Vorwärtsbewegung übrig bleibt.

6.5 Biographie: Archimedes (etwa 287 - 212 v.Chr.)

Archimedes lebte vor mehr als 2000 Jahren. Damit ist es nicht einfach, genaue Daten über sein Leben zusammenzustellen.

Woher wissen wir etwas über ihn? Einmal aus seinen Büchern, die zum großen Teil erhalten sind. Zum anderen aus den Werken des griechischen Philosophen und Historikers Plutarch (um 50 - 125 n.Chr.) und des römischen Geschichtsschreibers Livius (59 v.Chr. - 17 n.Chr.). Eine Biographie über Archimedes, die von einem Zeitgenossen geschrieben wurde, ist leider verschollen.



Sicher ist, dass Archimedes nach der Einnahme von Syrakus durch die Römer im Jahre 212 v.Chr. von einem Soldaten getötet wurde. Da der römische Feldherr Marcellus die Bürger der Stadt verschonen wollte, stellt sich die Frage, warum gerade ein so angesehener Mann wie Archimedes getötet wurde. Hierzu gibt es verschiedene Versionen. Eine besagt, dass Archimedes, der gerade über geometrische Probleme nachdachte und hierzu Figuren in den Sand gemalt hatte, dem eintretenden Soldaten sagte, er solle seine Figuren nicht zerstören ("Noli turbare circulos meos."), worauf dieser so wütend wurde, dass er ihn erschlug.

Man nimmt an, dass Archimedes ungefähr 75 Jahre alt war, als er starb, so dass sein Geburtsjahr etwa auf 287 v.Chr. datiert wird. Von ihm selbst wissen wir, dass sein Vater Phidias bzw. Phaidias ein Astronom am Hof in Syrakus war. Ob Archimedes sein ganzes Leben in der westgriechischen Stadt Syrakus auf Sizilien verbrachte oder ob er zu Studien in Alexandria gewillt hat, ist nicht sicher. Auf jeden Fall kannte er sich in der Euklidischen Geometrie bestens aus und hatte ein freundschaftliches Verhältnis zu den dortigen Wissenschaftlern. (Euklid hatte im 4./3. Jahrhundert v. Chr. in Alexandria gelehrt.)

Archimedes wird als herausragender Mathematiker, Physiker und Ingenieur des Altertums bezeichnet. In der Mathematik beschäftigte er sich nicht nur mit geometrischen Problemen, sondern leistete wesentliche Beiträge zur Berechnung von Inhalten krummlinig begrenzter Flächen sowie von Volumina verschiedenster Körper. Dazu schätzte er die heute als Kreiszahl π bekannte Zahl sehr genau ab, in dem er den Umfang eines Kreises durch um- und einbeschriebene 96-Ecke annäherte. Ein weiteres Ergebnis war, dass sich der Rauminhalt einer Kugel zu dem eines umbeschriebenen Zylinders wie 2:3 verhält. Hiervon war er so begeistert, dass er verfügte, diese Erkenntnis auf seinen Grabstein zu setzen. Auf Grund dieses Merkmals war es Cicero vergönnt, im Jahre 75 v. Chr. das Grab wiederzufinden und zu restaurieren. Archimedes schuf weiterhin eine exponentielle Schreibweise zur Darstellung sehr großer Zahlen (bis zu 10^{64}). Ausgangspunkt hierzu waren Fragestellungen folgender Art: „Wie viele Sandkörner sind wohl an allen Stränden der Erde zu finden?“ und „Wie viele Körner würde man benötigen, um das gesamte Universum mit Sand zu füllen. Diesen Überlegungen ging er in einer Abhandlung mit dem Titel "Über schwimmende Körper und die Sandzahl" nach, die oft auch als "Sandrechner" bezeichnet wird. Und er fand heraus, dass im Universum etwa 10^{64} Sandkörner Platz

hätten, wobei dem Universum in der damaligen Zeit etwa die Größe unseres Sonnensystems gegeben wurde.

Obwohl Archimedes' Arbeiten grundlegend für die spätere Entwicklung der Integralrechnung waren, hatten sie in der Antike längst nicht den Bekanntheitsgrad wie die Werke des Euklid. Das änderte sich erst, nachdem Eutocius im 6. Jahrhundert n.Chr. einen Teil von Archimedes Arbeiten neu herausgab und mit Kommentaren versah.

Das Leben von Archimedes fiel in die Zeit der beiden ersten Punischen Kriege, in denen die Römer mit den Karthagern (Puniern) um die Vorherrschaft im westlichen Mittelmeer kämpften. Hierbei ging es auch um die Kontrolle über Sizilien, wobei die Stadt Syrakus des öfteren die Fronten wechselte. Nachdem Syrakus den griechischen Herrscher Pyrrhos vertrieben hatte, war Hieron im Jahre 269 zum König erklärt worden. Im ersten Punischen Krieg (264 - 241) verbündete sich Syrakus zunächst mit Karthago, unterschrieb jedoch schon bald einen Friedensvertrag mit Rom, nachdem die Römer die Stadt bedroht hatten. Am Ende waren die Römer siegreich, die verbündeten Städte an der Ostküste Siziliens wurden selbständige Bundesgenossen, die übrige Insel erste Provinz außerhalb Italiens.

Nach der Niederlage verlegten die Karthager ihre Interessen nach Spanien, wo es reiche Silbervorkommen gab. Man arrangierte sich mit den Römern, so dass der Ebro die Grenze der Interessensphären bildete. Als die Römer die südlich des Ebro liegende Stadt Sagunt in ihre Bundesgenossenschaft aufnahmen, zerstörte der junge karthagische Feldherr Hannibal die Stadt. Dies war der Ausbruch des 2. Punischen Krieges (218 - 201), in dessen Verlauf Hannibal die Alpen überquerte und den Römern 216 bei Cannae die gewaltigste Niederlage beibrachte, die sie bis dahin erlitten hatten. Nachdem Syrakus 214 zu Karthago übergetreten war, wurde es von den Römern zwei Jahre lang belagert und schließlich völlig zerstört und ausgeraubt. Hierbei ist auch Archimedes ums Leben gekommen. Letztendlich siegte Rom in diesem Krieg, im Friedensvertrag von 201 musste Karthago Spanien und die Mittelmeerinseln abtreten, so dass Rom nun das westliche Mittelmeer beherrschte.

Die physikalischen Erkenntnisse, die auf Archimedes zurückgehen, sind insgesamt nicht sehr umfangreich, stellen allerdings einen Wendepunkt in der Naturerkundung und -beschreibung dar. Er gehörte zu den ersten, die neue Phänomene auf bereits bekannte zurückführte und der versuchte, Fragestellungen experimentell zu klären. Er entdeckte u.a. die Hebelgesetze und erfand den Flaschenzug. Wohl am bekanntesten ist jedoch das sog. Goldkronenexperiment. König Hieron, dem er freundschaftlich (und eventuell auch verwandtschaftlich) verbunden war, hatte aus einem Goldbarren eine Krone anfertigen lassen. Als der Goldschmied die Krone ablieferte, hatte Hieron jedoch Zweifel, ob sie aus reinem Gold sei. Er bat nun Archimedes herauszufinden, ob der Goldschmied das reine Gold oder eine Gold-Silber-Mischung für die Krone verwendet habe. Hierbei durfte Archimedes die Krone allerdings nicht beschädigen. Bei seinen Überlegungen kam ihm eine Idee, als er ein Bad nahm und das Wasser beim Einsteigen in die Wanne überlief. Mit den Worten "Heureka" (Ich hab's gefunden) soll er splitternackt auf die Straße gelaufen sein. Auf Grund seiner Idee entwickelte er das später so genannte Archimedische Prinzip, wonach die Gewichtskraft eines Körpers beim Eintauchen in eine Flüssigkeit um die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit reduziert wird. Archimedes hängte also die Krone und einen gleichschweren Barren aus reinem Gold an die beiden Balken einer Waage, die in Luft

Gleichgewicht anzeigte. Tauchte er jedoch beide Seiten in Wasser, so senkte sich die Waage auf der Seite des reinen Goldes. Der Goldschmied war als Betrüger entlarvt und soll diesen Betrug mit dem Leben bezahlt haben.

Archimedes beließ es oft nicht bei der reinen Untersuchung von Naturvorgängen, sondern wendete seine Erkenntnisse auch technisch an. Bekannt sind die nach ihm benannte Schraube, mit der man auch heute noch im Orient Wasser hebt, und etliche Kriegsmaschinen, mit deren Hilfe Syrakus zwei Jahre den Angriffen der Römer standhielt. Dies waren insbesondere Katapulte, mit denen man gewaltige Felsbrocken über größere Distanzen schleudern konnte. Ferner wird von Greifarmen und Kränen berichtet, die ganze Schiffe hochheben und zerstören konnten, und von Brennsiegeln, mit deren Hilfe das Sonnenlicht so auf die Schiffe gelenkt wurde, das sie Feuer fingen und in Flammen aufgingen. Etliche Versuche - auch in neuerer Zeit - solche Spiegel nachzubauen, scheiterten jedoch und verweisen diese Erfindung in das Reich der Fabel.

Quellen:

1. <http://de.wikipedia.org/wiki/Archimedes>
2. <http://www.mathe.tu-freiberg.de/~hebisch/cafe/archimedes.html>
3. <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Archimedes.html>
4. <http://www.anderegg-web.ch/phil/archimedes.htm>
5. <http://www.lgl.lu/Departements/Physique/histoire-des-sciences-lgl/exposes-2000-2001/archimedes.htm>
6. Plutarch: Lebensbeschreibungen II, Goldmanns Gelbe Taschenbücher, Wilhelm Goldmann Verlag, München 1964
7. Titus Livius: Der Punische Krieg 218 - 201, Alfred Kröner Verlag, Stuttgart 1968