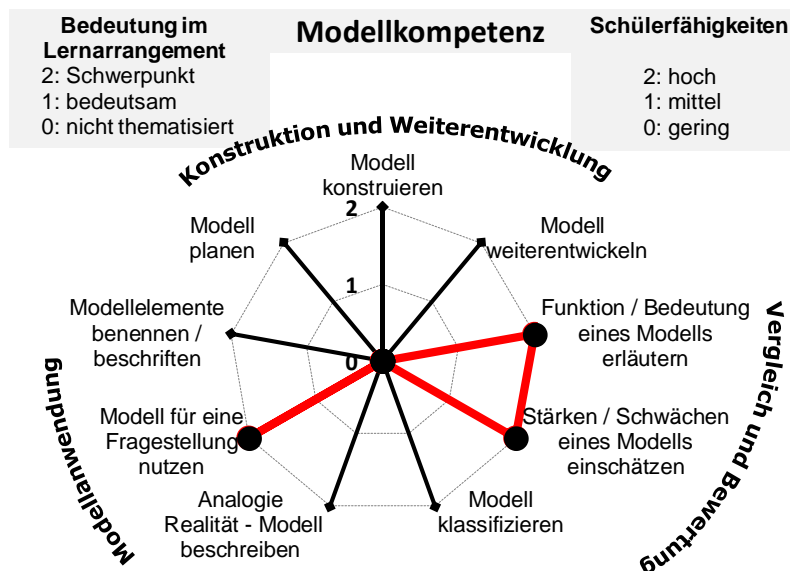


## Beispielaufgabe: Lernarrangement zur Elektrostatik

Das im Folgenden vorgestellte Lernarrangement ist ein Vorschlag für den Physikunterricht der Klassenstufe 10 (Themenbereich "Elektrostatik") unter besonderer Berücksichtigung der Förderung von Modellkompetenz. Die Ideen und Bilder entstammen Habben (1994) sowie dem HIPST-Projekt (Henke & Höttecke, 2010). Es bezieht sich auf die Forderung des Hamburger Rahmenplans (Gymnasium, Sekundarstufe I, Physik, S. 15), dass Schüler Phänomene beschreiben sollen und sie unter Verwendung von Analogien und Modellvorstellungen zur Wissensgenerierung auf physikalische Phänomene zurückführen sollen. Inhaltlich setzt das Lernarrangement daran an, dass die Schüler grundlegende elektrische Phänomene (Funkenschlag, Anziehung und Abstoßung, Elektrizität als Resultat von Reibung) bereits kennengelernt haben. Voraussetzung ist auch, dass die "Leydener Flasche" Unterrichtsgegenstand war. Die Leydener Flasche ist die älteste Bauform eines Kondensators und gilt in der Elektrizitätsforschung neben dem Elektrophor als einflussreichste Erfindung des 18. Jahrhunderts.

### Einordnung in das Kompetenzraster



Das Lernarrangement fördert die Fähigkeiten "Modell für eine Fragestellung nutzen" (Aufgaben 2 und 4), "Funktion/Bedeutung eines Modells erläutern" (Aufgaben 5) sowie "Stärken/Schwächen eines Modells einschätzen" (Aufgaben 1 und 3).

## Einleitender Schülertext



Benjamin Franklin führte viele (zum Teil sehr gefährliche) Experimente zur Elektrizität durch. Er gilt als Erfinder des Blitzableiters. (Abb. aus Figuiier, 1870)

Benjamin Franklin (1706 bis 1790) war ein bekannter Politiker und Geschäftsmann. Er war einer der Unterzeichner der Unabhängigkeitserklärung der USA und Präsident des Verfassungsgerichts. Daneben beschäftigte sich Franklin aber auch mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Sein besonderes Interesse galt den Phänomenen der Elektrizität, die im 18. Jahrhundert noch weitgehend ungeklärt waren.

Franklin entwickelte ein Modell über das "generelle Wesen der Elektrizität", das er 1750 wie folgt beschrieb:

*"Durch die ganze körperliche Natur ist eine sehr subtile Materie verbreitet, welche den Grund und die Ursache aller elektrischen Erscheinungen enthält. Die Teile dieser feinen Materie, welche man nach Belieben Äther, Feuer, Licht und dergleichen mehr nennen kann, stoßen sich untereinander ab. Sie werden aber von den Teilen der normalen Materie, aus welchen die Körper bestehen, stark angezogen. Enthält ein Teil körperlicher Materie so viel von dieser feinen elektrischen Materie, wie er einnehmen kann, ohne dass dieselbe auf der Oberfläche mehr als im Inneren gehäuft liegen bleibt, so ist er im Hinblick auf die Elektrizität in "natürlichem Zustande". Ein Mehr macht ihn positiv oder plus, weniger aber negativ oder minus elektrisch. Alle elektrischen Erscheinungen entstehen durch den Übergang dieser Materie aus einem*



*Körper in den anderen und die dadurch hervorgebrachte ungleiche Verteilung derselben in den Körpern."* (Aussage von Benjamin Franklin aus dem Jahr 1750).

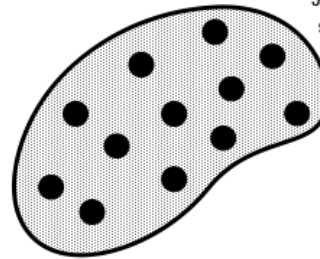
Der schottische Naturphilosoph Robert Symmer forschte ebenfalls im Bereich der Elektrizitätslehre und entwickelte ein anderes Modell über das Wesen der Elektrizität. Da Symmer nicht eine derart einflussreiche Person war, ist über ihn nur wenig bekannt. Sein Geburtsjahr wird zwischen 1703 und 1707 angegeben. Er wurde in Galloway (Schottland) geboren und starb 1763 in London. Über sein Elternhaus und sein Privatleben ist nichts bekannt. Er studierte bis 1735 Naturphilosophie im schottischen Edinburgh und vertrat die grundlegende und damals sehr verbreitete naturphilosophische Meinung, dass jede Wirkung in der Natur ein entsprechendes Gegenstück besitzt und sah dies auch als fundamental für die Elektrizität an. Da Symmer in Schottland keine Arbeit fand, ging er 1752 nach London und wurde Zahlmeister am königlichen Hof. Dadurch bekam er Kontakt zu wissenschaftlichen Kreisen und wurde schließlich in deren Kreis der "Royal Society" aufgenommen. Dies gab ihm die Möglichkeit in der einflussreichen und unter Wissenschaftlern viel gelesenen Zeitschrift "Philosophical Transactions" vier Artikel über seine Ideen zum Wesen der Elektrizität zu veröffentlichen. Franklins Modell hatte zu diesem Zeitpunkt übrigens bereits viel Anerkennung erlangt. Franklins Modell hatte aber einen Schwachpunkt: Es konnte nicht erklären, dass zwei gleich geladene Körper sich gegenseitig abstoßen. Doch lassen wir Symmer seine Idee erklären:

*"Meine Vorstellung ist es, dass die Vorgänge der Elektrizität nicht von der Kraft eines einzigen Fluidums abhängen gemäß der allgemeinen (Franklins) Vorstellung, sondern von zwei verschiedenen positiven und aktiven Kräften, welche durch ihre Verschiedenheit und ihr Entgegenwirken die unterschiedlichen Phänomene der Elektrizität hervorbringen, und dass es sich weder bei einem Körper, von dem gesagt wird, er sei positiv elektrisiert, um einen solchen handelt, der einfach einen größeren Anteil an elektrischer Materie besitzt als einer im natürlichen Zustand, noch bei einem als negativ elektrisiert bezeichneten, um einen solchen, der weniger an elektrischer Materie besitzt. Sondern im ersten Fall besitzt der Körper eine größere Menge einer der aktiven Kräfte und im anderen Fall eine der anderen aktiven Kraft. Dass ein Körper im natürlichen Zustand unelektrisch erscheint, beruht auf dem Gleichgewicht dieser zwei Kräfte in ihm."* (Symmer, 1759)

## Franklins Modell

Es gibt nur **EINE** Art von Elektrizität

- 1) Man soll sich die Elektrizitätseinheiten als kleine Teilchen vorstellen
- 2) Die Elektrizitätseinheiten **stoßen sich gegenseitig ab:** 
- 3) Normale Materie **zieht Elektrizitätseinheiten an:** 



Jeder Körper hat seinen eigenen **neutralen** Zustand

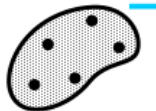
**Überschuss** an Elektrizitätseinheiten stellt man sich so vor:

Man sagt:  
Der Körper ist **positiv** geladen (+ **elektrisch**)



**Mangel** an Elektrizitätseinheiten stellt man sich so vor:

Man sagt:  
Der Körper ist **negativ** geladen (- **elektrisch**)





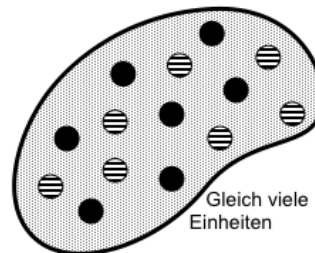
**Abstoßung & Anziehung:**



## Symmers Modell

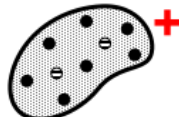
Es gibt **ZWEI** Arten von Elektrizität

- 1) Man soll sich die Elektrizitätseinheiten als kleine Teilchen vorstellen
- 2) Gleichartige Elektrizitätseinheiten **stoßen sich gegenseitig ab:** 
- 3) Verschiedenartige Elektrizitätseinheiten **ziehen sich gegenseitig an:** 



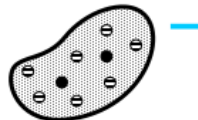
Gleich viele Einheiten

**Mehr** von der **einen Art** stellt man sich so vor:



**Mehr** von der **anderen Art** stellt man sich so vor:

Man sagt dann:  
Der Körper ist **negativ** geladen (- **elektrisch**)



**Abstoßung & Anziehung:**

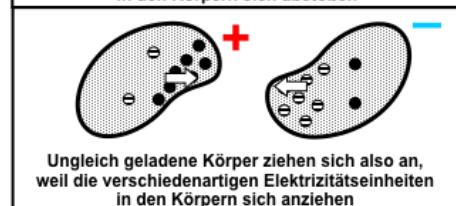
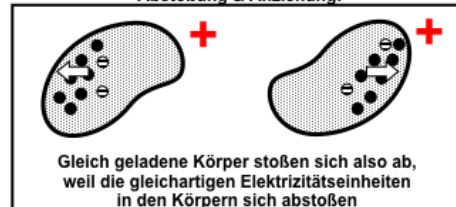


Abb. aus Henke & Höttecke (2010)

## Aufgaben

- 1) Worin unterscheiden sich Franklins und Symmers Modelle?
- 2) Erkläre mit Hilfe des Modells von Franklin das Phänomen der Leydener Flasche!
- 3) Wieso ist es mit Hilfe von Franklins Modell nicht möglich Abstoßungsprozesse elektrisch geladener Gegenstände (z. B. Konfetti) zu erklären?
- 4) Wie lassen sich diese Abstoßungsprozesse hingegen mit Symmers Modell erklären?

Trotz der offensichtlichen Schwäche von Franklins Modell erhielt Symmers Modell unter Wissenschaftlern kaum Zuspruch. Er wurde sogar verlacht. Deshalb suchte er ständig experimentelle Bestätigungen für sein Modell. Aber auch Symmers Modells hatte ein grundlegendes Problem: Bei Funken zwischen geladenen Körpern müssten die Ladungen in beide Richtungen fließen. Also müssen Funken immer von beiden Seiten aus starten. Wenn man genau beobachtet, ist das aber nie der Fall, sondern der Funke startet immer nur von einem Körper aus hin zum anderen (*das sollte man als Demonstrationsexperiment im Unterricht vorführen*).

Der deutsche Professor für Experimentalphysik Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799) regte die Wissenschaftlerkollegen zu einer sachlichen Diskussion über Franklins und Symmers Modelle an.

- 5) Die folgenden Fragen wurden von Lichtenberg als Grundlage für eine solche sachliche Diskussion der Modelle formuliert. Bereite dich auf eine Diskussion in der Klasse vor, indem du dir über diese Fragen eine Meinung bildest und deine Argumente stichpunktartig aufschreibst.
  - a) Wann sollten Wissenschaftler ein Erklärungsmodell verwerfen?
  - b) Reicht ein einziges Problem zum Verwerfen des Modells aus?
  - c) Spielt es eine Rolle, WER das Modell konstruiert hat?
  - d) Ist es ok, Zusatzannahmen zu machen, damit das Modell seine Gültigkeit besitzt?
  - e) Was ist, wenn ein "besseres Modell" gleichzeitig so kompliziert ist, dass viele es nicht mehr verstehen können?