

Facharbeit
aus dem Fach
Physik

Thema: Der Elektronenstoßversuch von Franck und Hertz
Aufbereitung als HTML-Dokument

Name: Markus Feineis
Leistungskurs: PH1
Kursleiter Str März
Abgabetermin: 01.02.2001

Abgabetermin beim Kollegstufenbetreuer:

Bewertung: Punkte: in Worten:

Note: in Worten:

Besprochen am:

.....
Unterschrift des Kursleiters

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Der Versuch	4
2.1	Einleitung	4
2.2	Aufbau	4
2.3	Durchführung	5
2.4	Auswertung	6
3	Über die HTML-Ausgabe meiner Facharbeit	8
3.1	Wahl des Themas	8
3.2	Warum gerade HTML?	8
3.3	Probleme mit HTML	9
3.4	Wahl des Editors	10
4	Erstellung der HTML-Seiten	11
4.1	Grundstruktur	11
4.2	Aufbau/Gliederung	12
4.3	Wahl der Kapitel	13
4.3.1	Die Physiker	13
4.3.2	Der Versuch	14
4.3.3	Aufgaben	14
4.3.4	Zur Facharbeit	14
4.3.5	Quellennachweis	15
4.4	Verwendung von multimedialen Elementen	15
5	Nachwort	17
6	Quellennachweis	18
7	Erklärung	18

... der Stoß von Elektronen auf Atome. Wir hatten ihn untersucht als ein Vorgang, der in der Gasentladung eine Rolle spielt, aber die Wechselwirkung zwischen Elektron und Atom ist natürlich ein Problem der Atomphysik, und der Versuch, der jetzt als Franck-Hertz-Versuch bekannt ist, der war das Ergebnis dieser Arbeiten, für den haben wir ja später auch den Nobelpreis bekommen. Das Ergebnis dieses Versuches war, daß die Elektronen am Quecksilberatome keine Energie abgeben beim Zusammenstoß, solange ihre Energie einen gewissen Schwellenwert nicht erreicht. Das wichtigste Resultat unserer Versuche war einmal, daß dieser Schwellenwert existierte, und zum anderen, daß er genau gleich dem Planckschen Energiequantum für die Resonanzlinie des Quecksilberdampfes war. Nun, das brauche ich hier nicht im Einzelnen auseinanderzusetzen. Wir deuteten es also in diesem Sinne. In Wirklichkeit war es eine wichtige Bestätigung der Grundannahmen der neuen Bohrschen Theorie des Atoms. Wir haben das selbst damals noch nicht voll verstanden, es hat sich dann kurz hinterher herausgestellt. Wir hätten es wahrscheinlich selbst auch gemerkt, aber damals wurden unsere Untersuchungen durch den Krieg unterbrochen und mußten also zunächst ruhen.¹

Gustav Hertz

1 Einführung

Im Jahre 1913 zeigten die beiden Physiker Gustav Hertz² und James Franck³ in einem eindrucksvollen Versuch, dass Atome Energien nur in Portionen aufnehmen können. Damit wiesen sie experimentell die Existenz diskreter Energiestufen nach und belegten das erste Bohrsche Postulat, nach dem Atome erst ab bestimmten zugeführten Energien ihren Zustand ändern können.

Für ihre Nachforschungen und den experimentellen Nachweis des Bohrschen Postulats wurden beide 1925 mit dem Nobelpreis der Physik ausgezeichnet. Dieser Elektronenstoßversuch wurde später unter dem Namen *Franck-Hertz-Versuch* bekannt und ist ein wichtiger Bestandteil des gymnasialen Lehrplans des 3. Semesters im Leistungskurs Physik.

Im Folgenden werde ich nun kurz den Versuch ansprechen und dabei Aufbau, Durchführung und Auswertung mit einbeziehen. Anschließend gehe ich auf die Erstellung der HTML-Ausgabe meiner Facharbeit ein und werde dabei u. a. wichtige Schritte bei der Erstellung der Arbeit und die dabei entstandenen Probleme erläutern.

¹Rede Gustav Hertz' in einem Dokumentarfilm

²1887-1975, bedeutender deutscher Physiker; Professor an mehreren dt. Universitäten, ab 1945 Atomforschung in der ehem. UdSSR

³1882-1964, deutscher Physiker, Professor an versch. Universitäten in Deutschland und den USA

2 Der Versuch

2.1 Einleitung

Niels Bohr postulierte 1913, dass Atome Energie nur in Quanten aufnehmen können, d. h. ein anregendes Teilchen muss zuerst einen Schwellenwert überwinden, um ein Atom auf ein höheres Energieniveau zu heben. Das Atom kann mit Energiebeträgen unterhalb dieses Schwellenwertes $E_{Schwelle}$ nichts anfangen, seine Energie bleibt somit unverändert.

In unserem Fall des Franck-Hertz-Versuchs stellen Elektronen den Stoßpartner von gasförmigem Quecksilber⁴ dar. Trifft ein Elektron auf das 370 000-mal schwerere Hg-Atom, so müsste es einen Teil seiner kinetischen Energie an das Hg-Atom verlieren. Dieser Vorgang sollte allerdings nur bei kinetischen Energien zu erkennen sein, die größer sind als eben dieser Schwellenwert. Denn niedrigere Energiebeträge ($E_{kin} < E_{Schwelle}$) kann das Atom, wie oben beschrieben, nicht aufnehmen – das Elektron muss also einen elastischen Stoß eingehen. Die innere Energie der Atome darf bei diesem Stoß nicht geändert werden, auch die Elektronen müssten ihre kinetische Energie fast vollständig beibehalten (da $m_{Hg} \gg m_{e^-}$).

Bei entsprechenden Energiebeträgen $E_{kin} \geq E_{Schwelle}$ sind unelastische Stöße möglich. Bei diesen Stößen müssten die Elektronen an kinetischer Energie verlieren; dieser Energieverlust entspräche genau der Anregungsenergie des Hg-Atoms, sodass bei unelastischen Stößen gelten muss: $\Delta E_{kin} = E_{Schwelle}$. Ob sich diese Aussage bestätigen wird, prüfen wir nun in den folgenden Kapiteln mit dem praktischen Experiment.

2.2 Aufbau

Etwa eine halbe Stunde vor der Versuchsdurchführung erhitzt man das Franck-Hertz-Rohr⁵ mit dem eingebauten Ofen auf ca. 170°C, sodass das Quecksilber einen gasförmigen Zustand einnimmt⁶. Bei erreichter Temperatur legt man nun eine Gegenfeldspannung

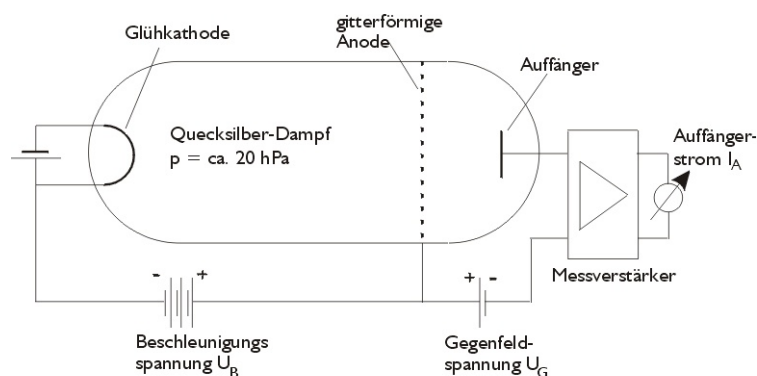


Abbildung 1: Skizze des Franck-Hertz-Rohres

⁴chemisches Zeichen: Hg ; Atommasse: 200,59

⁵siehe HTML-Seiten „Versuch/Versuchsaufbau“

⁶Der gasförmige Aggregatzustand ist deshalb nötig, da die Elektronen für einen Stoß frei bewegliche Hg-Atome benötigen (bei Raumtemperatur ist Quecksilber flüssig)

Abbildung 2: Foto des Versuchsaufbaus (Schulapparatur)

U_G von etwa 1,2 Volt zwischen Anode und Auffänger (die zwei von mir verwendeten Zellen des Akkumulators lieferten 2,58 Volt). Diese bewirkt, dass Elektronen, deren Energie nach einem unelastischen Stoß niedriger ist als $E = e \cdot U_G$, nicht zum Auffänger gelangen, sondern zurück zur Anode kehren und folglich nicht im Auffängerstrom I_A berücksichtigt werden. Damit aus der Kathode Elektronen überhaupt austreten können, muss an diese eine Heizspannung U_H von etwa 6,3 Volt gelegt werden. Nun kann die regelbare Beschleunigungsspannung U_B zwischen Kathode und Anode angelegt werden, mit der sich die Energie und damit die Geschwindigkeit der Elektronen regeln lässt. Empfohlen wird zusätzlich ein Schiebewiderstand (von mir wurden $R = 10k\Omega$ benutzt), um die Spannung U_B exakter regeln zu können.

Mittels eines BNC-Kabels wird der Auffängerstrom I_A zum Verstärkereingang des Messgeräts geführt. Dabei ist zu beachten, dass dieses Koaxialkabel während des Versuchs nicht bewegt wird, da ansonsten die Messung von I_A verfälscht werden könnte⁷.

2.3 Durchführung

Man erhöht die Beschleunigungsspannung U_B in kleinen Schritten und beobachtet gleichzeitig das Auffängerstrom-Messgerät. Ab einer gewissen Beschleunigungsspannung ist ein

⁷siehe HTML-Seiten „Zur Facharbeit/Probleme“

Anstieg des I_A zu erkennen. Bei weiterem Erhöhen der Spannung erreicht der Auffängerstrom ein Maximum und fällt anschließend wieder ab. Je nach verwendeten Bauteilen und Ofentemperatur kann das erste Maximum variieren, bei meiner Durchführung lag es bei etwa $6,5V$. Erhöht man die Spannung weiter, so tritt ein erstes Minimum auf, dem wieder ein Maximum folgt. Bei erneutem Erhöhen von U_B wiederholt sich dieser Effekt in immer stärker ausgeprägten Extrema. Ein Anstieg der „Trendlinie“ ist zu beobachten.

2.4 Auswertung

Überträgt man die Messwerte auf Millimeterpapier oder schließt man einen Plotter⁸ anstelle des Messgerätes an, so ergibt sich ein Graph, der abwechselnd, wie bereits bei der Versuchsdurchführung festgestellt, Maxima und Minima aufweist. Bevor man beginnt, diesen Graphen zu deuten, sollte man sich den Vorgang im Franck-Hertz-Rohr verdeutlichen. Alle aus der Glühkathode emittierten Elektronen besitzen annähernd⁹ die Energie $E = eU_B$. Wie bereits angesprochen, treten im Rohr zwei Arten von Stößen zwischen Elektronen und Quecksilberatomen auf. Zum einen ist dies der *unelastische*, zum anderen der *elastische* Stoß. Bei Letzterem verhalten sich die Elektronen ähnlich wie Kugeln, die auf eine Wand geschossen werden; sie prallen (nahezu) ohne Energie- und Geschwindigkeitsverlust wieder von der Wand zurück.

Beim Betrachten der Minima des Graphens sieht man, dass nicht alle Elektronen den Auffänger erreichen, da der Graph sonst einen anderen Verlauf aufweisen müsste. Bei einigen Elektronen muss also eine Energieabnahme eingetreten sein. Der Energieverlust ist dadurch zu erklären, dass die Elektronen auf dem Weg zwischen

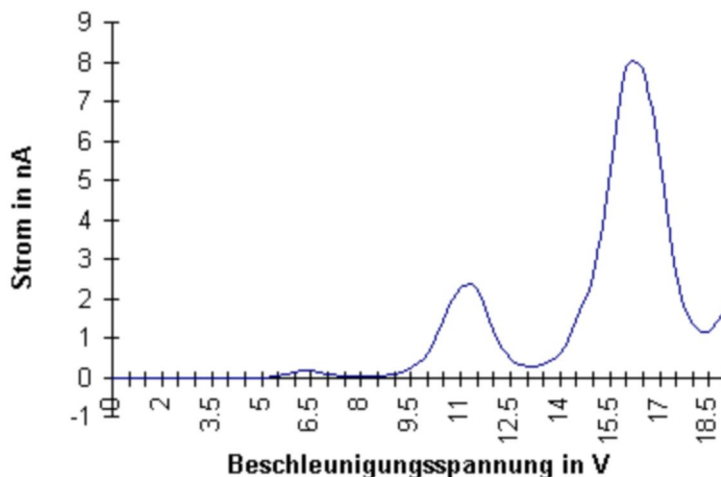


Abbildung 3: Diagramm mit meinen eigenen Messwerten

Kathode und Anode mindestens einen unelastischen Stoß erfahren haben. Beim Stoß mit einem Hg-Atom gibt das Elektron einen Teil seiner Energie ab, den das Hg-Atom

⁸meinen geplotteten Graphen habe ich deshalb nirgends in meiner Arbeit aufgenommen, da der x-y-Schreiber ein etwas älteres Modell gewesen ist und der Graph einige fehlerhafte Stellen aufwies

⁹Es kann nicht von **einer** Energie gesprochen werden, da die Elektronen nicht alle dieselbe Energie besitzen. Aufgrund verschiedener Effekte können die Elektronen voneinander abweichende Energien besitzen

aufnimmt.

Untersucht man nun die Spannungsdifferenz zwischen zwei benachbarten Extrema derselben Art, so fällt auf, dass diese für jede Ordnung in etwa denselben Wert von $\Delta U = 4,9V$ annimmt. Die Energiedifferenz zwischen zwei unelastischen, bzw. zwei elastischen Stößen beträgt also $\Delta E = e \cdot \Delta U = 4,9eV$. Daraus lässt sich schließen, dass diese Energiedifferenz gleich der abgegebenen Energie der Elektronen und gleich der aufgenommenen Energie der Hg-Atome ist. Hg-Atome können Energie also nur in Portionen, sogenannten Quanten, in Form von Anregungsenergie $E_{Anregung} = 4,9eV$ aufnehmen. Beim Zurückfallen eines bereits durch unelastischen Stoß angeregten Atoms in den Grundzustand wird vom Hg-Atom ein Lichtquant (Photon) der Wellenlänge

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} Js \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{4,9V \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} C} = 253,2nm$$

ausgesandt, das somit im UV-Bereich liegt und mit bloßem Auge nicht sichtbar ist¹⁰.

Der Franck-Hertz-Versuch stellt folglich eine experimentelle Bestätigung des ersten Bohrschen Postulats und damit auch der Existenz diskreter Energieniveaus dar.

¹⁰Der sichtbare Bereich für Licht liegt zwischen 400 und 700nm

3 Über die HTML-Ausgabe meiner Facharbeit

3.1 Wahl des Themas

Die Wahl dieses Themas fiel mir auf Anhieb recht leicht. Da ich mich auch in meiner Freizeit viel mit Computern beschäftige, war mir die Aufgabenstellung, den Elektronenstoßversuch von Franck und Hertz als HTML-Dokument¹¹ aufzubereiten, sofort ins Auge gefallen. Erst letztes Semester belegte ich den EDV-Grundkurs, in dem ich mich zum ersten Mal richtig mit HTML beschäftigte, sodass ich bereits ein wenig Erfahrung mit HTML gesammelt habe. Da mir die Arbeit, einen Chatterbot zu erstellen, vor allem die dabei angewandte Sprache JavaScript, gut gefallen hat, wusste ich bereits beim Lesen der ersten beiden Facharbeitsthemen, welches Thema ich wählen würde. Als mein LK-Leiter Herr März die Versuche knapp beschrieb, machte ich mir bereits Vorstellungen, wie ich die Facharbeit gestalten könnte. Auch die Möglichkeit, bei meinem Versuch POV-Ray-Animationen anzufertigen, verstärkte meine Entscheidung.

In der Aufgabenstellung hieß es weiterhin, dass die interaktiven Seiten später alternativ zum Physikunterricht eingesetzt werden sollen, sodass das Studium evtl. eine lehrplanmäßige Unterrichtsstunde desselben Themas ersetzen kann.

3.2 Warum gerade HTML?

Warum nicht eine andere ... ?

Sicherlich existieren einige Alternativen zu HTML, die sich allerdings bis heute noch nicht allzu sehr durchsetzen konnten. Zu diesen zähle ich z. B. auch das heute beliebte Flash von Macromedia, das sich jedoch nur mit einem Plugin für die Browser betrachten lässt. Eine weitere Möglichkeit wäre eine Präsentation beispielsweise mit MS Powerpoint gewesen, die allerdings wieder einen optionalen Viewer benötigt, der nicht auf allen Plattformen läuft. Außerdem eignet sich Powerpoint nicht unbedingt für eine solche komplexe Arbeit, da viele multimediale Elemente sich nicht so darstellen lassen wie mit HTML. Diese Alternative – falls man es überhaupt so nennen kann – bietet sich eher für ein kurzes Referat über den Franck-Hertz-Versuch an.

Weshalb ich nun zu HTML griff, lässt sich auch damit erläutern: mit dieser Internet-sprache ist garantiert, dass (m)ein Internetprojekt wirklich für jedermann lesbar wird, vorausgesetzt, man besitzt einen Internetaccount. Doch auch ohne einen solchen Inter-

¹¹laut Aufgabenstellung war es mir auch gestattet, eine alternative Lösung zu HTML zu verwenden; einzige Einschränkung: Die „Online-Facharbeit“ muss im Intranet des FKGs laufen

netzgang ist es möglich, dieses Projekt auf einem Rechner offline zu studieren. Ebenfalls existieren beinahe keine Probleme in Sachen Kompatibilität, da der Standard HTML nunmehr auf fast allen Betriebssystemen weit verbreitet ist.

3.3 Probleme mit HTML

Doch auch wenn ich für meine Facharbeit HTML gewählt habe, so heißt dies nicht unbedingt, dass ich von dem Können dieser „Internetsprache Nummer 1“ überzeugt bin. Gerade als aktiver Verfasser von HTML-Code stößt man auf einige Probleme, die sich mit der Verwendung von HTML ergeben und die so manch interessierter Leser der HTML-Ausgabe meiner Facharbeit später (hoffentlich!) gar nicht bemerkt.

Es ist mit HTML eben kaum möglich, gleichzeitig einen hohen Bedienkomfort und kurze Ladezeiten zu erreichen und trotzdem ein ansehnliches Projekt ins Internet zu stellen. Einer Homepage wird vom User vieles abverlangt. Es werden zum Einen viele Interaktivitäten respektive multimediale Elemente erwartet, gleichzeitig soll die Seite allerdings nicht zu überladen wirken. Natürlich stellen sich einem Autor so einige Hindernisse in den Weg. So auch mir bei der Erstellung meiner HTML-Seiten. Größere Schwierigkeiten hatte ich z. B. mit den Frames in HTML. Betrachtet man die Arbeit



Abbildung 4: unschöne Darstellung von Frames

mit einem Browser unter untypischen Seitenverhältnissen – damit sind Auflösungen gemeint, die vom 4:3-Standard (z. B. 800x600) abweichen – so werden die Frames teilweise stark verschoben, sodass hässliche Kanten in den Bannergrafiken entstehen. Dieser Effekt lässt sich wahrscheinlich darauf zurückführen, dass ich die Banner alle als Hintergrundgrafiken deklarierte, um unschöne Ränder zu vermeiden, statt diese als `` einzufügen. Um dieses Problem zu beheben wäre eine Alternative mit Tabellen in Betracht gekommen, doch ist es Surfern unzumutbar, die Bannergrafiken auf jeder Seite allesamt neu zu laden. Kann man dies im Intranet noch verkraften, so führen diese zusätzlich anfallenden 50kB im Internet doch zu einer verlängerten und vermeidbaren Ladezeit.

Dennoch bleibt dem Autor, der seine Arbeit jedem Interessierten zugänglich machen möchte, beinahe keine andere Möglichkeit, die ebenso verbreitet wäre wie HTML. Natürlich kann HTML auch mit einigen Besonderheiten trumpfen, vorangestellt das für

HTML typische *Hypertext*, das ein strukturiertes Projekt erst ermöglicht. Als weiterer Pluspunkt gilt die Möglichkeit, Bilder und multimediale Bestandteile wie Animationen, und JavaScript-Elemente wie z. B. die auch von mir oft verwendeten `onmouse...`-Befehle in Text „einbetten“ zu können. Auf die Verwendung dieser werde ich später im Kapitel 4.4 eingehen.

3.4 Wahl des Editors

Im Folgenden werde ich über meine Entscheidung, bewusst auf einen WYSIWYG-Editor zu verzichten, eingehen und diese auf meine Arbeit beziehen. Einer der Hauptbeweggründe dafür, einen reinen Text-Editor¹² zu verwenden, war für mich, dass ich mich zuvor bereits mit diesem beschäftigte, jedoch noch keinerlei Erfahrungen mit den grafischen Alternativen gesammelt hatte. Auch finde ich die Möglichkeit wichtig, alle Einzelheiten von Hand zu ändern, was erst durch den Quellcode richtig ermöglicht wird. Bei JavaScript hat meiner Meinung nach ein Text-Editor mehrere Vorteile, da ich den Code selbst anpassen kann und nicht an eventuell vorhandene Eingabefenster oder sogar Radiobuttons gebunden bin. Da ich mich zuvor einige Zeit¹³ mit HTML beschäftigte, kannte ich bereits viele grundlegende Ausdrücke, sodass mir die Erstellung des HTML-Codes keine großen Schwierigkeiten offenbarte.

Handgeschriebener Code hat – wie bei meiner Arbeit der Fall – vor allem bei einem eher komplexeren Aufbau viele Vorteile. Die in der Arbeit verwendeten Frames werden meist über eine JavaScript-Anweisung der Art

```
<body onload="javascript:parent.bannerauswahl.location.href='banner_auswahl_versuch.html'">
```

aufgerufen – in gleicher Weise ändert sich auch die Button-Leiste beim Überfahren mit der Maus. Dies mit einem grafischen Editor zu realisieren wäre sicherlich einfacher, doch nicht immer auf individuelle Bedürfnisse anpassbar gewesen.

Da ich nicht alle Shortcuts und Menüoptionen des oben genannten Editors nutzen konnte, hätte ich auch einen Text-Editor in Erwägung ziehen können. Überzeugend war für mich jedoch vor allem der Grund, dass dieser Editor Freeware ist, über Syntax-Highlighting verfügt und die deutschen Umlaute automatisch in den HTML-Standard übersetzt.

¹²Ulli Meybohm's HTML EDITOR Phase 5² (<http://www.meybohm.de/>)

¹³Schulprojekt „Chatterbot“

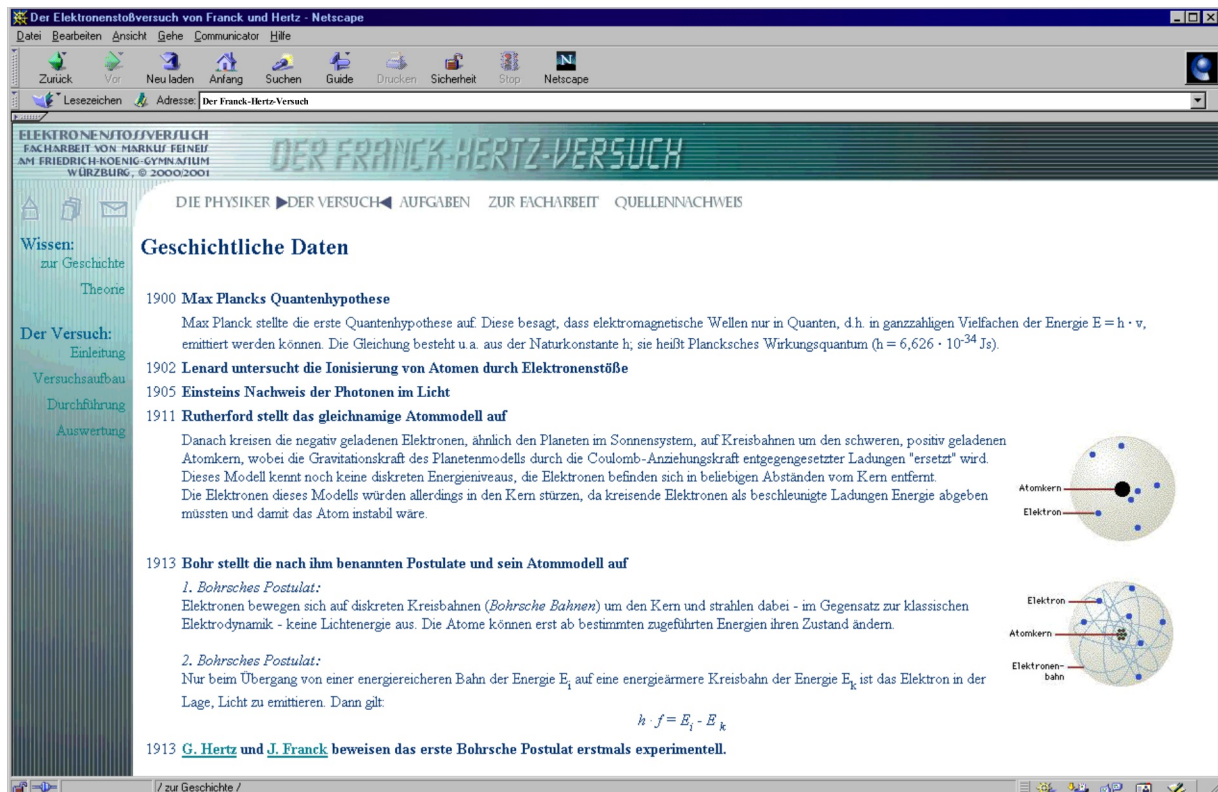


Abbildung 5: Screenshot meiner Facharbeit

4 Erstellung der HTML-Seiten

Die Erstellung der HTML-Seiten möchte ich hier nicht als zusammenhängenden Text bearbeiten, da ich gerade bei der Objektauswahl¹⁴ nicht hierarchisch vorgegangen bin. Während des Schreibens einer bestimmten Seite kamen mir öfter Ideen, wie ich zum Beispiel eine weitere Seite gestalten könnte. Auch innerhalb einer Seite blieben die anfangs positionierten Objekte keineswegs statisch, sondern wurden von mir unzählige Male versetzt, um eine ansprechende Optik zu erreichen. Ich versuche deshalb im Folgenden, die Erstellung der Seiten nach Teilen der Facharbeit zu ordnen, ohne mich dabei auf eine bestimmte Reihenfolge festzulegen.

4.1 Grundstruktur

Für eine solche wissenschaftliche Arbeit ist es sinnvoll, sich eine durchdachte Struktur der Seiten zu überlegen. Mir persönlich erscheint es am sinnvollsten, dem Projekt einen sternförmigen Aufbau zu geben. Gerade in Homepages, in denen ein schneller Zugriff auf alle Bereiche, um etwas nachzuschlagen, erwünscht ist, fällt es dem User leichter, in einer

¹⁴gemeint sind Grafiken, Querverweise, Animationen, ...

solchen sternförmigen Umgebung zu navigieren. Ihm wird ermöglicht, direkt zu einem bestimmten Kapitel zu springen, ohne zuvor eine Reihe anderer Seiten durchblättern zu müssen, wie es zum Beispiel bei einem linearen Aufbau der Fall wäre.

Es gäbe sicherlich auch Gründe, die für einen linearen Aufbau sprechen würden; dem Projekt könnte eine logische Struktur gegeben werden, die einen User nur dann zum nächsten Kapitel wechseln lässt, wenn er das vorige gelesen und evtl. verstanden hat. Damit ergäbe sich aber wieder oben genanntes Problem der schnellen Navigation.

4.2 Aufbau/Gliederung

Den Aufbau meiner Seiten gestaltete ich folgendermaßen: Durch die Wahl eines Kapitels wie zum Beispiel *Der Versuch* gelangt der Benutzer nur zu den Seiten, die auch wirklich in Verbindung mit dem Versuch stehen. Diese kann er in Form von Links auswählen und anschließend auch lesen. Möchte er beispielsweise nun

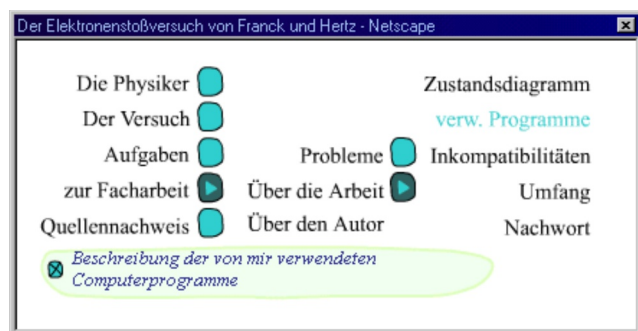


Abbildung 6: Sitemap des Projekts

schnell den *Quellennachweis* aufrufen, so kann er dies durch einmaliges Anklicken des entsprechenden Buttons erreichen. Der User kann also jederzeit zu jedem Kapitel springen (siehe Kapitel 4.1).

Ich versuchte, diese Kapitel der Wichtigkeit, bzw. dem Verständnis nach zu gliedern. Es macht keinen Sinn, über den Versuchsaufbau zu sprechen, bevor der Leser weiß, was der Franck-Hertz-Versuch überhaupt ist. Deshalb gliederte ich meine HTML-Seiten nach nebenstehendem, mir recht logisch erscheinenden Schema (Erläuterung in dem folgenden Kapitel).

Der User kann auch direkt über eine Sitemap zum gewünschten Kapitel springen. Diese hat den Vorteil, dass alle Seiten sofort verfügbar sind und hilft dem Benutzer, den logischen Aufbau meiner Facharbeit schneller zu erschließen. Damit das Prinzip der Sitemap auch Sinn macht, ist sie von jeder Seite aus erreichbar und öffnet in einem extra Fens-

1. Die Physiker
 - (a) Gustav Hertz
 - (b) James Franck
2. Der Versuch
 - (a) Wissen
 - i. Zur Geschichte
 - ii. Theorie
 - (b) Der Versuch
 - i. Einleitung
 - ii. Versuchsaufbau
 - iii. Durchführung
 - iv. Auswertung
3. Aufgaben
4. Zur Facharbeit
 - (a) Probleme
 - (b) Über die Arbeit
 - (c) Über den Autor
5. Quellennachweis

Abbildung 7: HTML-Gliederung

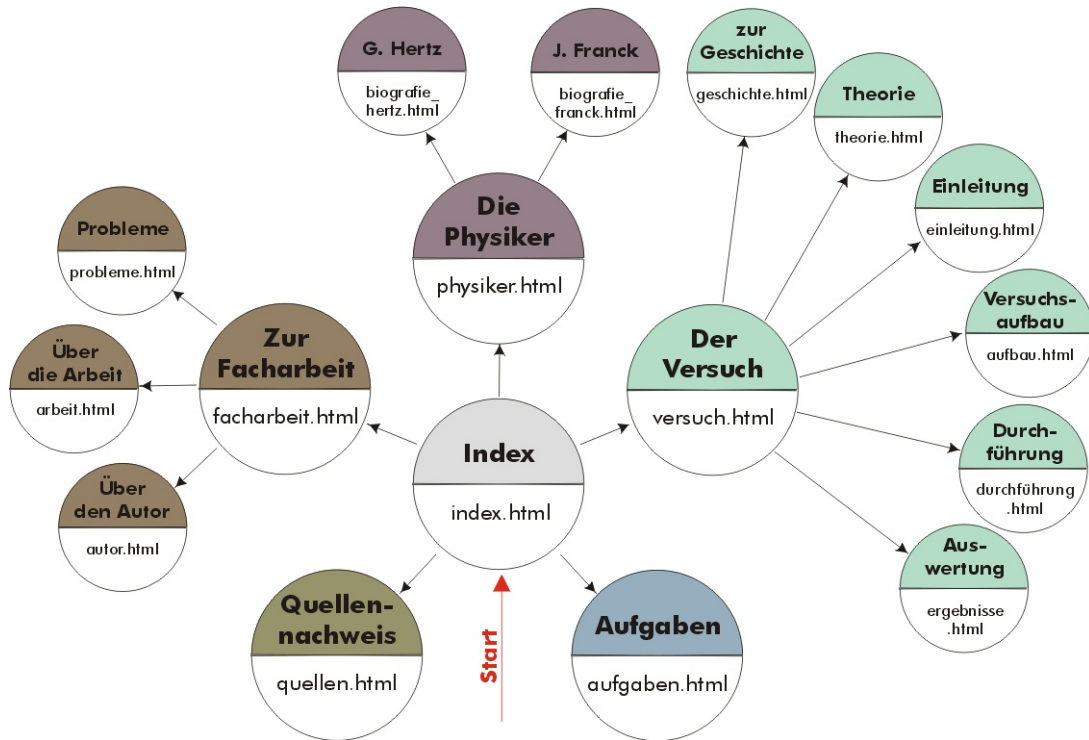


Abbildung 8: Zustandsdiagramm der HTML-Seiten

ter. So hat der Leser die Sitemap und gleichzeitig, je nach Wahl, die erscheinende Seite vor Augen. Die Sitemap weist selbstverständlich denselben sternförmigen Aufbau wie die HTML-Seiten auf und wurde dynamisch gestaltet.

4.3 Wahl der Kapitel

In diesem Kapitel werde ich kurz auf die einzelnen – im Kapitel 4.2 bereits angesprochenen – Untergliederungen der HTML-Ausgabe meiner Arbeit eingehen.

4.3.1 Die Physiker

Dieses Kapitel, das eine Kurzbiografie der beiden Physiker enthält, wählte ich als Einstiegskapitel, um einen kurzen Einblick in die Arbeiten und wichtigsten wissenschaftlichen Etappen der Physiker zu bekommen. Es werden dem Leser einige Bilder der Physiker dargestellt, darunter auch eine Gedächtnisbriefmarke Hertz' aus der ehemaligen DDR, die die Bedeutung dieses Physikers – nicht nur in der ehemaligen DDR – erahnen lässt. Ebenso wichtig für das Verständnis der Wichtigkeit dieses Versuchs ist der Hinweis und Link auf den 1925 von beiden Physikern erhaltenen Nobelpreis.

4.3.2 Der Versuch

Im Kapitel *Der Versuch* wird der Versuch an sich besprochen. Ich untergliederte dieses Kapitel nochmals, einem besseren Verständnis wegen, in zwei Abschnitte:

Wissen In diesem Unterkapitel werden *geschichtliche* Daten aufgezeigt, die jedoch nicht unbedingt notwendig sind um den Versuch zu verstehen. Dort erwähnte ich vor allem die Entwicklung der Atommodelle zu Beginn des 20. Jahrhunderts¹⁵. Im *Theorieteil* wird das beschrieben, was durch diesen Versuch gezeigt werden soll.

Der Versuch Dieses Kapitel handelt den gesamten Versuch ab; von der Einleitung bis hin zur Auswertung des Versuchsergebnisses. Diese Unterteilungen sollten der Reihe nach bearbeitet werden, um alle Zusammenhänge gut verstehen zu können. Durch ein Studium der Paragraphen *Versuchsaufbau* und *Durchführung* sollte ein Aufbau und eine Durchführung des Versuches ermöglicht werden, sodass man dieselben Effekte, wie sie in der *Auswertung* ausführlich behandelt sind, erkennen kann.

4.3.3 Aufgaben

Nach Durcharbeiten des Versuches kann der Interessent sein Wissen durch Multiple-Choice-Fragen testen. Ich habe hier fünf Fragen zusammengestellt, die nur dann richtig zu beantworten sein sollten, wenn zuvor das Kapitel *Der Versuch* studiert wurde. Ich verzichtete gezielt auf eine Gesamtauswertung der Fragen, sondern ermöglichte individuelle Verbesserungen zu jeder Antwort. So wird dem User bei einer falschen Antwort sofort ein Fingerzeig gegeben, wie er auf die richtige Antwort kommen kann. Bei der Eingabe einer richtigen Antwort (es sind teilweise mehrere Antworten möglich) erscheint im rechten Textfenster noch eine kurze Information, weshalb diese Antwort die richtige ist.

4.3.4 Zur Facharbeit

Hier kann der Leser Informationen zur Facharbeit nachlesen, bzw. diese auf seinen Computer zum Lesen herunterladen. Ich stellte hier alle bei der Durchführung meines Versuches aufgetretenen Probleme zusammen und gebe für diese eine Erklärung, bzw. falls machbar, Möglichkeiten um diese Probleme zu umgehen. Desweiteren erteile ich hier Auskunft über die von mir verwendeten Computerprogramme, mit denen ich die HTML-Seiten

¹⁵siehe hierzu auch Abbildung 5

anfertigte, z. B. für die Erstellung von Quelltext¹⁶, Grafiken oder Animationen. Schließlich beinhaltet dieses Kapitel noch einige Bilder von mir bei der Versuchsdurchführung.

4.3.5 Quellennachweis

Als Letztes folgt noch der Quellennachweis, in dem ich meine gesamte verwendete Literatur auflistete. Dieser Nachweis der HTML-Seiten stimmt mit dem dieses Ausdruckes überein.

4.4 Verwendung von multimedialen Elementen

Weniger als 10% aller Web-Benutzer schauen sich mehr als die ersten Zeilen einer Seite an ...

Jakob Nielsen (Sun Microsystems)

Heutzutage wird man mit einer statischen Homepage wohl nicht mehr sehr viele Internet-User gewinnen können. Ein Großteil der Leser erwartet eine ansprechende und durchdacht gestaltete Homepage. Gerade in einer Facharbeit wie meiner, die einen Versuch behandelt, sind multimediale Elemente unverzichtbar. Denn noch so viele Worte können ein gelungenes Bild des Versuchsaufbaus nicht ersetzen. Auch wenn man einen Versuch nicht durch eine Animation ersetzen kann (und auch nicht sollte), so hilft einem diese doch, den Versuchsablauf zu verstehen. Insbesondere bei meinem Versuch bietet sich eine Verwendung von Animationen regelrecht an. Mittels dieser kann der – mit bloßem Auge nicht sichtbare – Vorgang in der Franck-Hertz-Röhre gut veranschaulicht werden. Im Folgenden werde ich auf die von mir verwendeten Elemente eingehen.

Bilder Die auf meinen HTML-Seiten befindlichen Bilder wurden während der Versuchsdurchführung am Friedrich-Koenig-Gymnasium in Würzburg zum Teil digital, zum anderen Teil „herkömmlich“ fotografiert. Neben den Fotos meines Versuchs fertigte ich noch einige JPG-Grafiken an, die den Aufbau näher beschreiben sollten. Es ist schließlich bewiesen, dass Bilder einen größeren und besseren Eindruck auf den Leser hinterlassen als reiner Text. Ich persönlich vertrete die These, dass ein Bild mehr sagen kann als unzählige Worte. Die Verwendung von Bildern darf allerdings – ebenso wie bei anderen Elementen – nicht übertrieben werden, die Seite nicht zu überfüllt wirken.

¹⁶siehe auch Kapitel 3.4

GIF-Animationen Wie oben bereits genannt, helfen Animationen dem Leser, das Thema besser zu verstehen und lockern die HTML-Seiten ein wenig auf. Da mit POV-Ray sehr schöne Bilder und Animationen leicht zu erstellen sind, benutzte ich diesen Raytracer für meine animierten¹⁷ GIF-Einzelbilder. Ich probierte viele verschiedene Möglichkeiten aus, um schließlich eine Auswahl der mir am geeignetsten erscheinenden zu treffen. Einige Modelle verwarf ich sofort wieder, da sie entweder nicht einleuchtend genug waren, oder mir nicht gefielen.

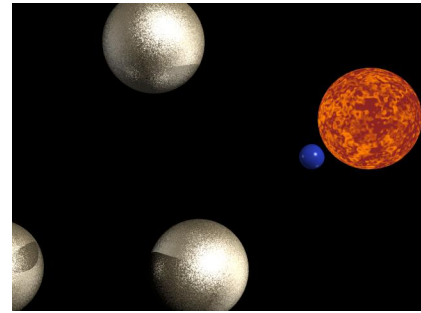


Abbildung 9: Einzelbild aus der Animation zum unelastischen Stoß

Flash-Animation Die im obigen Zitat angesprochene „Unsitte“ der Web-Benutzer veranlasste mich dazu, die erste Seite möglichst ansprechend zu gestalten, da die folgenden Seiten doch relativ viel Text enthalten. Ich muss hier wohl nicht darauf eingehen, dass man Leser nur dann gewinnen kann, wenn man ihnen etwas (besonderes) bietet – und die erste Seite einer Homepage (egal ob Firmenhomepage, eine private oder wie hier eine wissenschaftliche Homepage) ist nun mal der erste Eindruck des Users. Aus diesem Grund habe ich diese bereits genannte Startseite und noch eine Sitemap mit Flash erstellt, da mit diesem Programm von Macromedia komplexe Abläufe durch wenige Anweisungen erreicht werden können. Einer Realisierung z. B. mit Java(-script) stünde gerade diese Komplexität im Wege, welche einem java-unerfahrenen Programmierer eine Umsetzung, wie sie mit Flash erreicht werden kann, verbietet.

Links Natürlich darf man keinesfalls die für HTML typischen Hyperrefs, oder auch Links genannt, vergessen. Gerade diese erlauben erst eine interaktive Seite, da sie eine Struktur und Logik ermöglichen. Ohne diese Links hätte ich vieles nicht realisieren können, angefangen bei meinem gegliederten Aufbau der Seiten, aus dem sternförmigen wäre eher ein linearer Aufbau geworden. Diesen hätte ich genausogut auch mit einer Powerpoint-Präsentation erreicht.

¹⁷wie aus den Einzelbildern animierte GIFs wurden, siehe HTML-Seiten: Zur Facharbeit/Über die Arbeit/Verwendete Programme

5 Nachwort

Im Nachhinein möchte ich anmerken, dass mir diese Facharbeit sehr viel Spaß bereitet hat, besonders auch aus den in Kapitel 3.1 angesprochenen Gründen. Sowohl die Versuchsdurchführung mit Protokollierung der Messwerte als auch die Erstellung der HTML-Seiten gestalteten sich sehr interessant für mich und brachten mir neue Erfahrungen. Zwar kann ich heute sagen, dass ich die Themawahl niemals bereute, doch bin ich mir unsicher, ob ich ein Thema ähnlichen Umfangs (gemeint ist vor allem die Umsetzung als HTML-Ausgabe) wieder wählen würde, da doch sehr viel Aufwand vor allem hinter der Planung und Erstellung der interaktiven Seiten steckt, der mir im Voraus nicht so sehr bewusst gewesen ist. Gerade am Computer nimmt man sich vor, „schnell mal etwas zu machen“, was sich dann allerdings auf mehrere Tage ausbreiten kann; dies bemerkte ich bei meiner Arbeit vor allem beim Erstellen der Banner und Animationen.

Als besonders schwierig empfand ich die Erfahrung, mich als schon fast „Elektro-nenstoßversuch-Profi“ in eine Person hineinzusetzen, die noch keinerlei Ahnung vom Franck-Hertz-Versuch hat, um ihr den Versuch plausibel zu machen. Bereits die Grundlagen zu vermitteln stellte sich als Knackpunkt heraus, da man als Autor selbst schon alle Zusammenhänge kennt. Ebenso problematisch erwies sich im Allgemeinen die Umsetzung des Versuchs als HTML-Dokument. Es fällt schwer, einen Versuch mittels Animationen darzustellen, sodass der Leser alle Vorgänge verstehen kann. Denn keine noch so gelungene Animation soll und kann einen echten Versuch ersetzen. Sie soll eher als eine Art Begleitung zum Versuch angesehen werden, um die – mit bloßem Auge teilweise unsichtbaren – Vorgänge anschaulich darzustellen bzw. „sichtbar“ zu machen. Daher sollte man niemals denken man verstehe alle Einzelheiten des Versuch, wenn man nur diese Animationen und den Text hierzu kennt. Vielmehr gehört noch eine anschauliche Betrachtung dazu, um den Versuch wirklich zu verstehen; diese ist jedoch nur durch einen echten Versuch gewährleistet.

Auch wenn ich das heute noch nicht mit 100%iger Gewissheit sagen kann, so denke ich doch, dass ich durch die Bearbeitung dieses Themas eine Menge an Erfahrung für meine zukünftige berufliche Laufbahn gewonnen habe. Da ich höchstwahrscheinlich ein Studium in Informatik angehen werde, ist es beinahe schon vorprogrammiert, dass ich in meinem späteren Leben noch häufiger mit HTML konfrontiert werde, sodass ich in diesem Gebiet nun schon Vorkenntnisse mitbringen kann.

6 Quellennachweis

Atom- und Quantenphysik – Haken-Wolf

(Einführung in die experimentellen und theoretischen Grundlagen)

6. Auflage, erschienen im Springer-Verlag

Physik – Leistungskurs 3. Semester – Müller, Leitner, Dilg

Theorie der Wärme / Atomphysik

7. Auflage (1989), erschienen im Ehrenwirth Verlag

PHYWE Bedienungsanleitung

zu Franck-Hertz-Rohr komplett (Bestellnummer 09086.93)

Encarta 99

Die Große Microsoft Encarta 99 Enzyklopädie

Homepages der Universität Basel:

<http://www1.physik.unibas.ch/phys/fh/fh.html>

<http://www.unibas.ch/phys-ap/vers32/abs32.htm>

Homepage der Universität Duisburg

<http://www.uni-duisburg.de/FB10/DDPH/mitarb/litschke/Tutorium/FranckHertz.html>

Homepage der Universität Erlangen

http://www.physik.uni-erlangen.de/Didaktik/Grundl_d_TPh/MSM_WirkQ/MSM_WirkQ_Zus1.html

Homepages der Universität Tübingen

<http://www.pit.physik.uni-tuebingen.de/praktikum/nwhtml/FrHtz.html>

<http://homepages.uni-tuebingen.de/student/david.komma/home/franck.htm>

<http://homepages.uni-tuebingen.de/student/tilman.vogel/teil2/franckhertz/node1.html>

<http://www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~elster/prak/node93.html>

Andere Homepages

<http://homepages.compuserve.de/agaumann/a-praktikum/node139.html>

<http://www.falk-schuch.de/physik/frherz.html>

7 Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benützt habe.

Waldbüttelbrunn, 2001