Inhalt

01 Max Planck

05 Ernest Rutherford

08 Niels Bohr

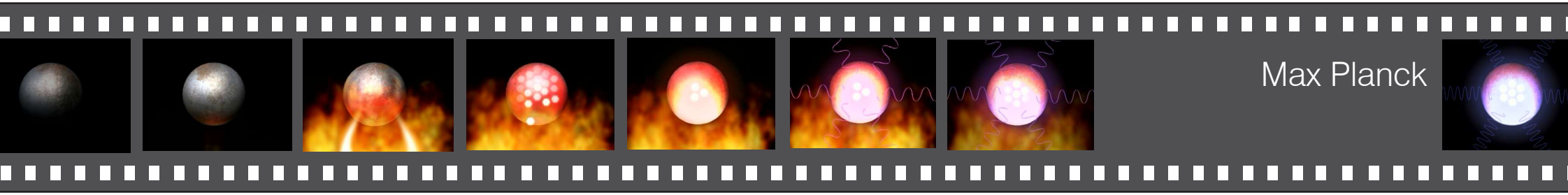
11 Victor de Broglie

13 Wolfgang Pauli

15 Erwin Schrödinger

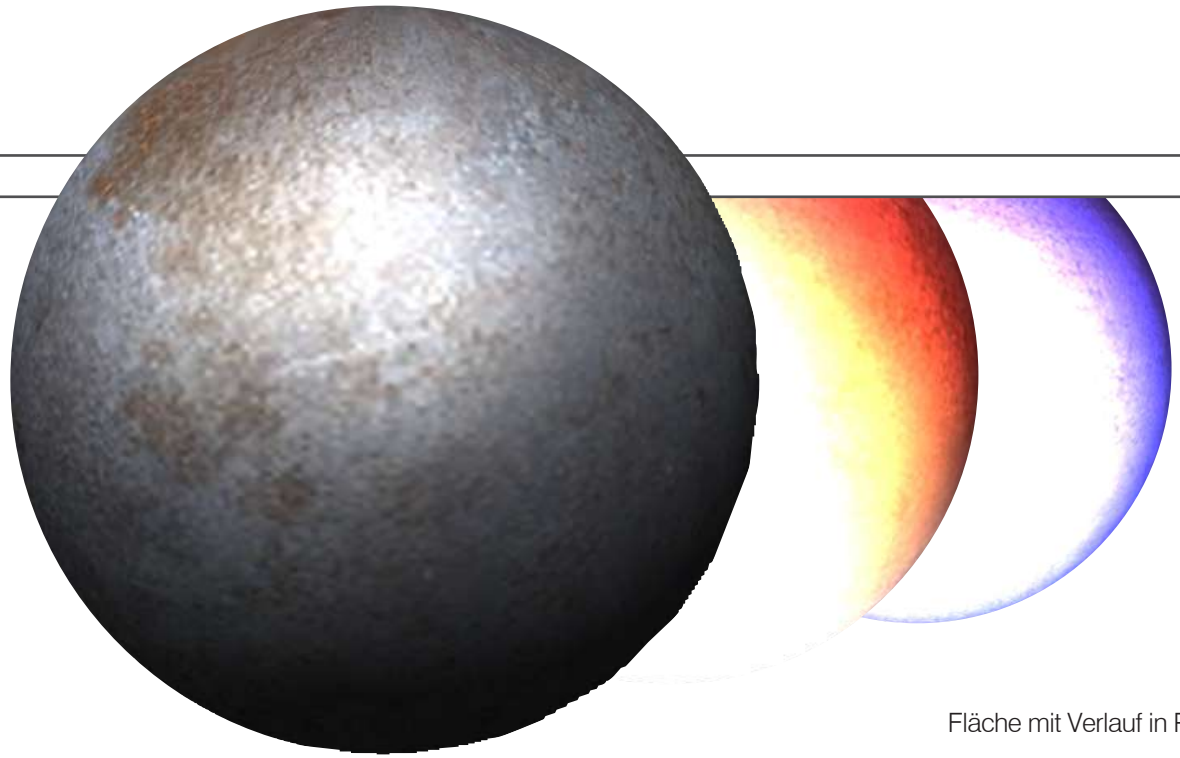
17 Werner Heisenberg

19 Anhang



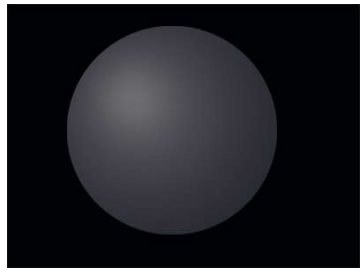
Max Planck

1901 untersuchte Max Planck das abgestrahlte Licht von glühendem Eisen.
Aus seinen Beobachtungen schloß er, daß die zugeführte Energie aus Mengen, sogenannten Quanten, besteht. Diese Quanten sind immer gleichgroß, doch ihre Anzahl beeinflußt die Frequenz des Lichts. Besteht ein Lichtstrahl aus wenigen Quanten, so ist die Frequenz niedrig und das Licht ist rot. Ist ein Körper jedoch stark geladen, so gibt er viele Quanten ab und es entsteht blaues Licht.

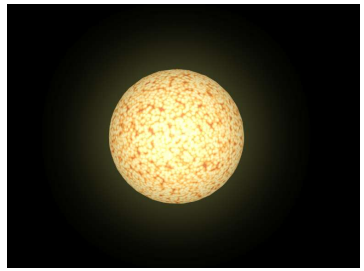


Kugel III
3D Animation mit Stahltextur,animierte Reflection-Map des Feuers, Glow-Effekt durch starke Beleuchtung

Kugel I
Fläche mit Verlauf in Photoshop



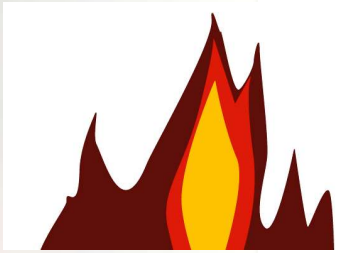
Kugel II
3D Animation mit mathematischer Textur erstellt in 3D Studio Max, Glow-Effekt (Rendering-Effekte)



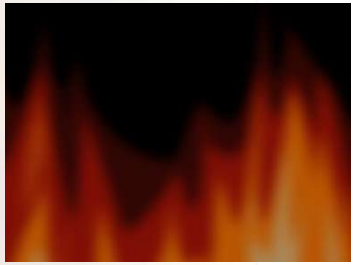
Die Stahlkugel
Bei der Arbeit an diesem Film stellte sich heraus, daß es schwierig ist, eine sich erhitzende Stahlkugel darzustellen. Es hängt viel von der richtigen Oberflächenstruktur ab. Erste Versuche mit Photoshop eine Kugel zu zeichnen zeigten, daß die Kugel dazu neigt wie ein Gummiball auszusehen. Die prozeduale Textur mit Glow-Effekt, die ich im nächsten Schritt verwendete, war zu gleichmäßig.
Als erfolgreicher stellte sich eine, in der zu 3DSMax gehörigen Bibliothek, existierende Textur heraus. Diese belegte ich zunächst mit einer schwachen Lichtreflektion. Um die Spiegelung der Flammen auf der Kugel zu erzeugen, erstellte ich dann einen QuickTime-Film vom Feuer. Nach mehreren nicht zufriedendtellenden Versuchen mit künstlich generierten Flammen und Flächen, auf die ich die animierte Flammentextur legte, sodaß sich diese in der Kugel spiegelten, entschied ich mich auf eine animierte Environment Map zurückzugreifen.

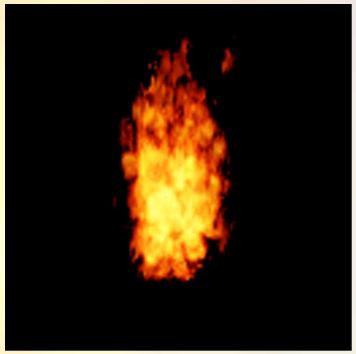
Das Feuer
Bei der Ausarbeitung des Storyboards im vergangenen Semester hatte ich daran gedacht Feuer mit einer Kamera aufzunehmen und das Videomaterial in meinem Film einzuarbeiten. Doch im Laufe des Projekts zeigte sich, daß ich ansonsten in keiner meiner Animationen Filmaterial verwendet hatte. Deswegen entschloß ich mich ein Piktogramm für die Darstellung des Feuers zu verwenden.
Piktogramme sind allerdings sehr starr und da ich mich mit der Stahlkugel in sehr realistisches Gebiet vorgewagt hatte, fehlte nun Farbe und Bewegung.
Also entschied ich mich Feuer selbst zu erzeugen. Ich legte vier verschiedene Farbebenen in Illustrator an, vervielfältigte diese und veränderte auf jeder Ebene die Form der Flamme. Dann importierte ich diese in After Effekts, wendete den Effekt Gaussian-Blur an und animierte die Ebenen. Dennoch besaß ich nicht genug Ebenen um einen flüssigen Ablauf im Film zu erzeugen. Außerdem besitzen Flammen eine sehr komplexe Form, die ich in der kurzen Zeit, die mir verblieb nicht imstande war realistisch nachzubilden.
Also verwendete ich auch hier Bildmaterial aus der 3DS Max eigenen Bibliothek. Die nun verwendete Flamme besteht aus sechs Frames. Aus den sechs Frames setzte ich einen zehn Sekunden-Film einer einzelnen Flamme zusammen, die ich später duplizierte und mit unterschiedlicher Transparenz zu einem größeren Feuer zusammensetzte.

Flamme I
Vektorgrafik in Adobe Illustrator,

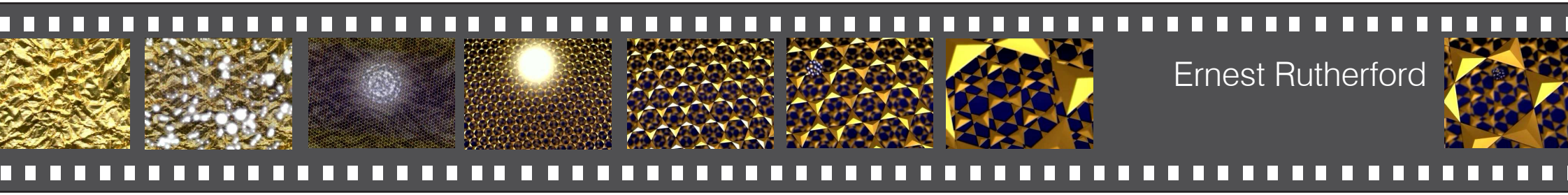


Flamme II
Flamme I in AAE importiert mit Gaussian-Blur-Effekt bearbeitet, Ebenen einzeln animiert





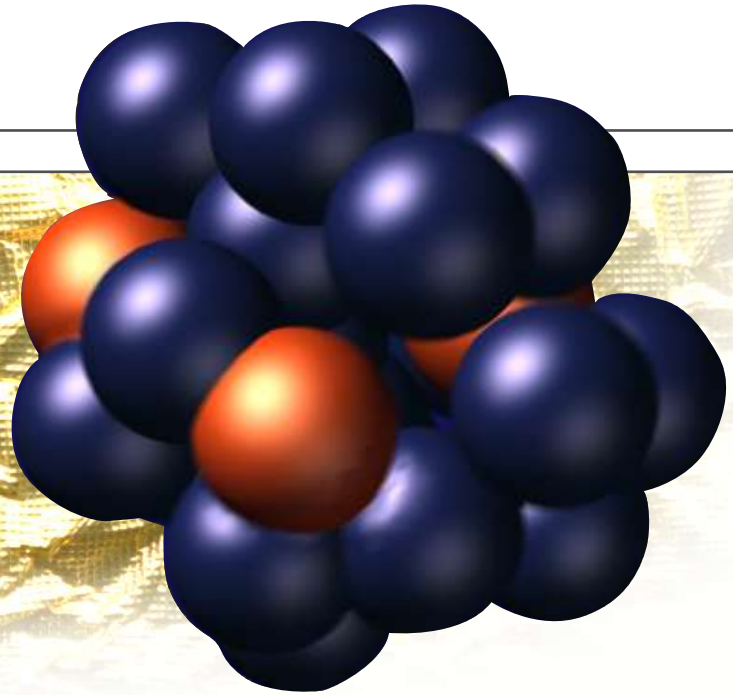
Feuer III
sechs Frames einer Flamme, in AAE Gaussian-Blur, in unterschiedlichen Transparenzen und Größen zu einem Feuer komponiert



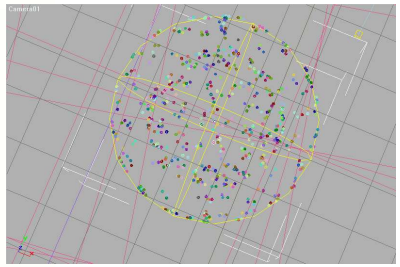
Ernest Rutherford

Die Experimente von Lord Ernest Rutherford bei denen er Atome auf hauchdünne Goldfolien schoß, zeigten, daß die Elektronen um einen Kern herumschwirren, der 100.000 mal kleiner ist als das Atom selbst. Atome bestehen also hauptsächlich aus Nichts.

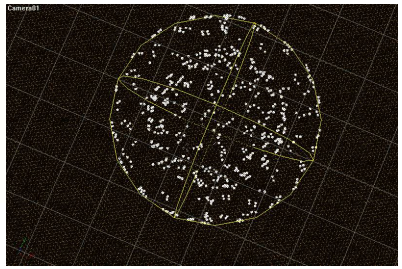
Ernest Rutherford



Das Atom
Obwohl ich dieses Projekt nicht beenden konnte, war die Arbeit an diesem entscheidend dafür, daß ich die anderen Filme zu meiner Zufriedenheit beenden konnte. Da ich zuvor keine Kenntnisse von 3DSMax besaß, nutze ich den Bau der Szene für den Rutherford-Film, um das Modelling von 3D-Objekten, das animieren von dreidimensionalen Szenen und den Einsatz von Effekten zu üben.
Mein erstes Objekt war der Atomkern, den ich später für das Schrödinger-Projekt benutzte. Da ich für den Rutherford-Film einen Kameraflug durch das Atom geplant hatte, entwickelte ich ein Atom, das hauptsächlich aus umherkreisenden Lichtpunkten bestand. Dafür benutzte ich zuerst eine Kugel aus wenigen Polygonen, die ich mit einer weißen Textur belegte, die dem Effekt Glow zugewiesen wurde. Ich vervielfältigte diese Kugel, sodaß mehrere Kugeln einen Kreis um den Kern bildeten. Diesen Kreis animierte ich anschließend, sodaß er sich in alle Richtungen um sich selbst drehte. Dann benutzte ich die Funktion Array in 3DS Max, die selbstständig Objekte kopiert und verteilt, um eine Kugel aus Elektronen zu erzeugen.

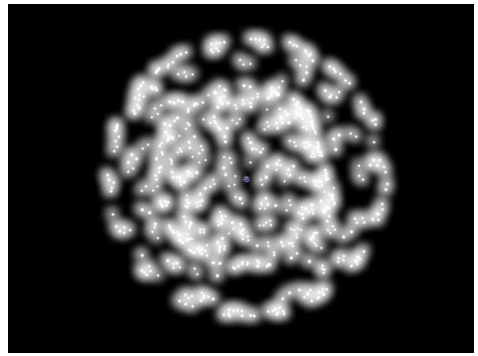


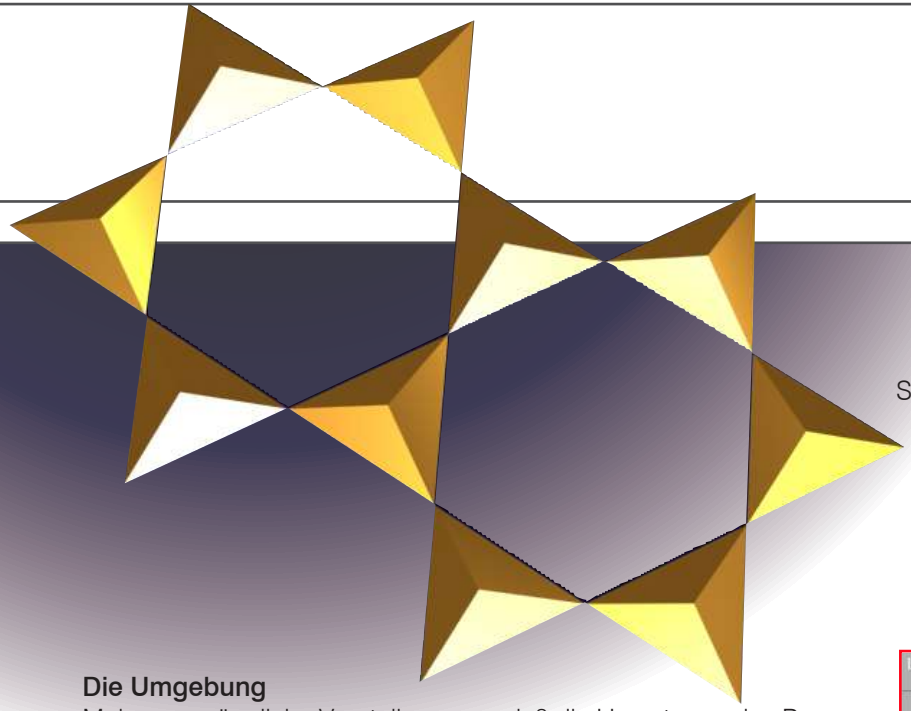
Atom
als wireframe Ansicht in 3D Studio Max



als smooth&highlight-Ansicht

Das Atom mit Glow-Effekt gerendert

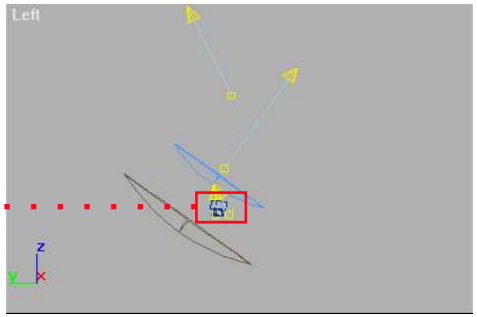




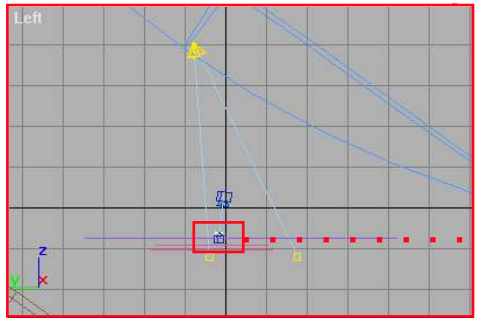
Die Umgebung

Meine ursprüngliche Vorstellung war, daß die Umsetzung des Projekts haupsächlich auf zweidimensionalen, in Photoshop oder in Illustrator erstellten Grafiken basieren sollte. Ich entschied mich aber nun für eine Umsetzung des Atoms in 3D, da ich so einen Kameraflug durch das Atom, vorbei an dem sich drehenden Atomkern, leichter umsetzen konnte. Zunächst renderte ich also die Szene mit dem Atom und setzte es nun in After Effekts vor einen goldenen Hintergrund. Doch da das Atom überwiegend aus Kugeln mit Glow-Effekt, also Farbverläufen, besteht, und beim Rendern mit Alpha-Kanal in den Übergangsbereichen keine ausblendende Transparenz erzeugt wird, bildeten sich um die einzelnen Elektronen-Punkte dunkle Flächen, die sich vom goldfabenen Untergrund stark abhoben. Das Atom wirkte wie ein dunkler Fleck.
Deshalb entschloß ich mich alles in 3DSMax zu animieren. Doch nachdem ich die Szene gebaut und größtenteils animiert hatte, war der eigentliche Arbeitsbereich im Verhältnis zur gesamten Szene so klein, daß die Millimetergenauigkeit beim animieren mathematischen Rundungsvorgängen in 3DSMax zum Opfer fiel. Dadurch konnte ich die Kamera nicht mehr gezielt bewegen.

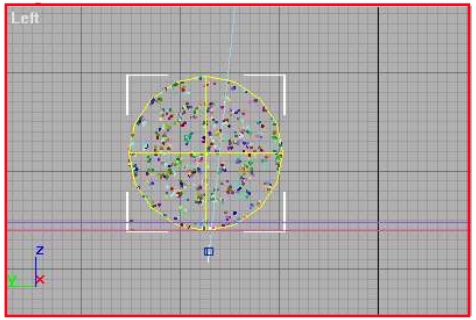
Szene-Rutherford fern
damit der Anflug des Atoms mehrere Sekunden dauern konnte mußte ich die Szene sehr groß aufbauen.

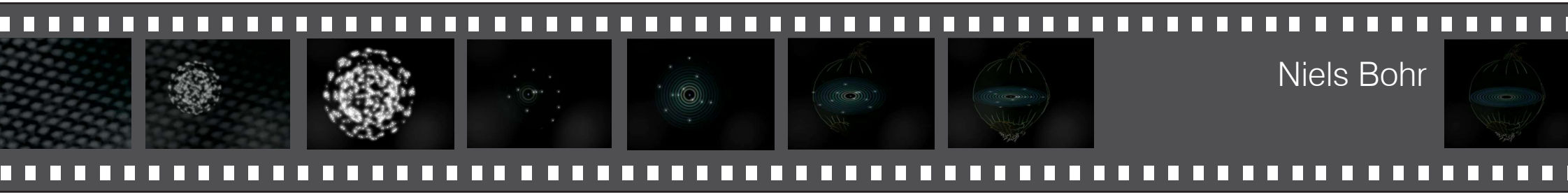


Szene-Rutherford mittel
damit die Ebenen mit dem Goldgitter am “Horizont” ausblendeten, war ich gezwungen diese immer mehr auszuweiten.



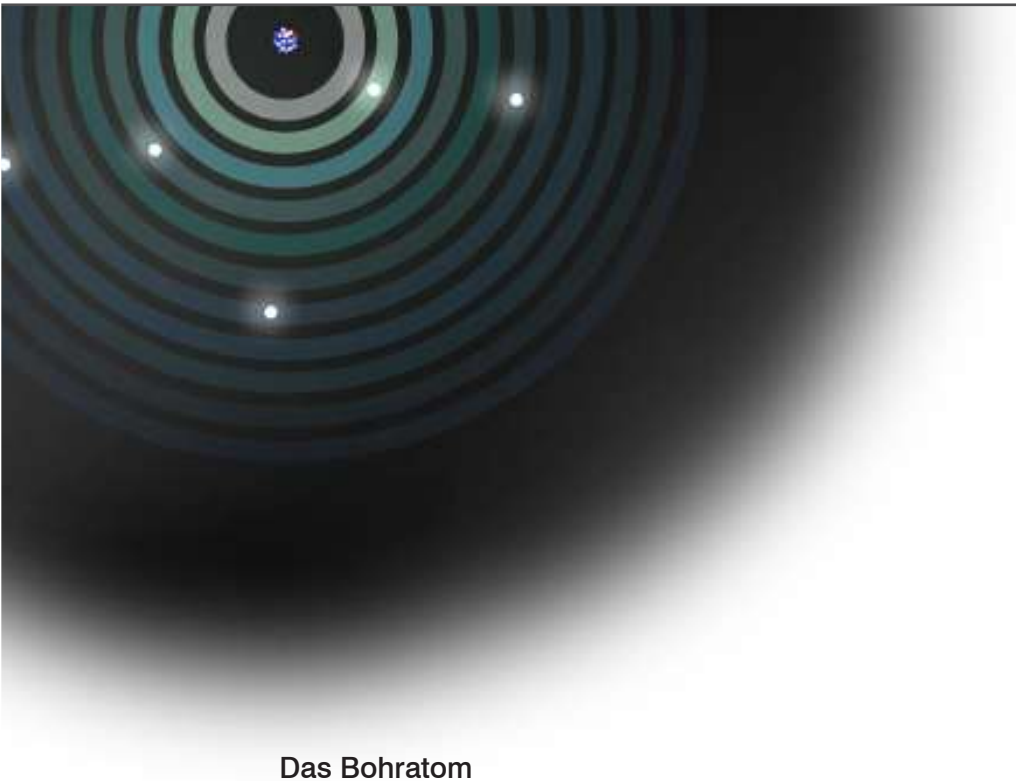
Szene-Rutherford nah
dadurch geriet das Atom viel zu klein und in einen Maßeinheitenbereich, den 3DSMax nicht mehr verarbeiten konnte.
Als ich nun versuchte die Kamera in kleinen Schritten zu bewegen sprang diese unkontrolliert in die nächstgrößere Einheit.

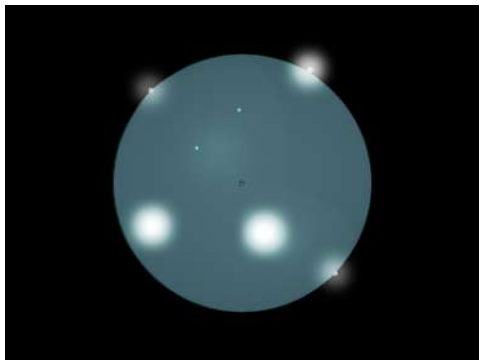




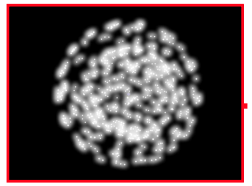
Niels Bohr

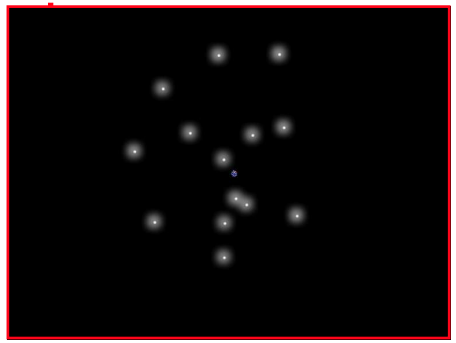
Nur zwei Jahre später, 1913, war auch diese Vorstellung überholt. Inspiriert durch die Theorien von Planck und Einstein entwickelte Nils Bohr ein Schalenmodell, welches an den Aufbau einer Zwiebel erinnert. Bei diesem Modell bewegen sich die Elektronen nur noch auf festen Bahnen.





Bohratom I
3D-Kugel auf der einige Kugeln mit Glow-Effekt kreisen





Bohratom II
Zwei in 3DSMax gerenderte Filme mit Alpha-Kanal. Überblendung in After Effekts

Das Bohratom

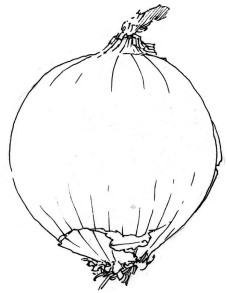
Da ich ein Atom mit wild umherschwirrenden Elektronen am Anfang des Filmes zeige, modellierte ich zunächst in 3DSMax eine Kugel mit Atomkern, um die herum ich die Elektronen willkürlich animierte. Doch weder war die Dreidimensionalität erkennbar noch, daß dies das Atom darstellen sollte. Deshalb griff ich auf das, im Rutherford-Film erstellte, Atommodell zurück.
In einer weiteren Szene animierte ich ein paar Elektronen auf einer gleichmäßigen Bahn mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. In After Effekts überblendete ich dann vom ersten zum zweiten Film.

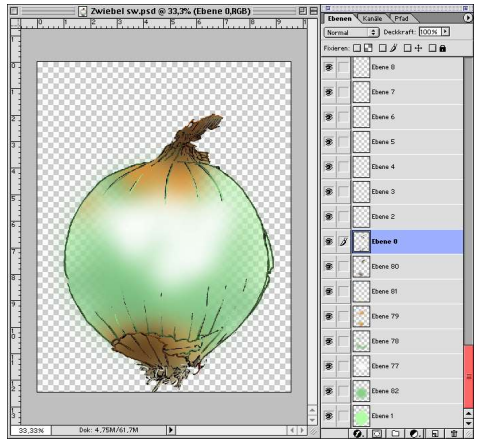
Zwiebel I
Vektorgrafik in Illustrator, mit Farbverläufen in Photoshop überarbeitet

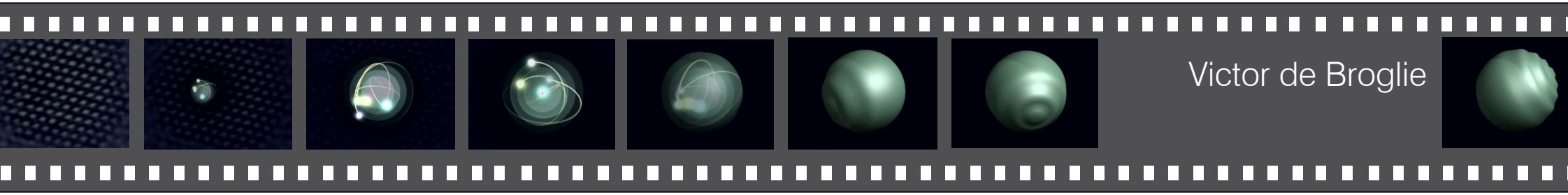
Das Zwiebelschalenmodell

Für das Storyboard hatte ich eine aufgeklappte Zwiebel mit Illustrator als Vektorgrafik gezeichnet und diese dann in Photoshop überarbeitet.
Als ich dieses Modell in meinem Film einarbeitete mußte ich feststellen, daß sie in dieser Form zu plump wirkte und außerdem kaum zu erkennen war. Also entschied ich mich eine geschlossene Zwiebel als Strichzeichnung zu nehmen. Ich scannte die Zeichnung ein und wählte die einzelnen Striche Stück für Stück mit dem Zauberstab aus um sie in eine neue Ebene zu kopieren und in den entsprechenden Farben zu kolorieren. Später fügte ich die Photoshop-Komposition in After Effekts ein und belegte jede Ebene mit einer Maske, die ich animierte.

Zwiebel I
Vektorgrafik in Illustrator, mit Farbverläufen in Photoshop überarbeitet

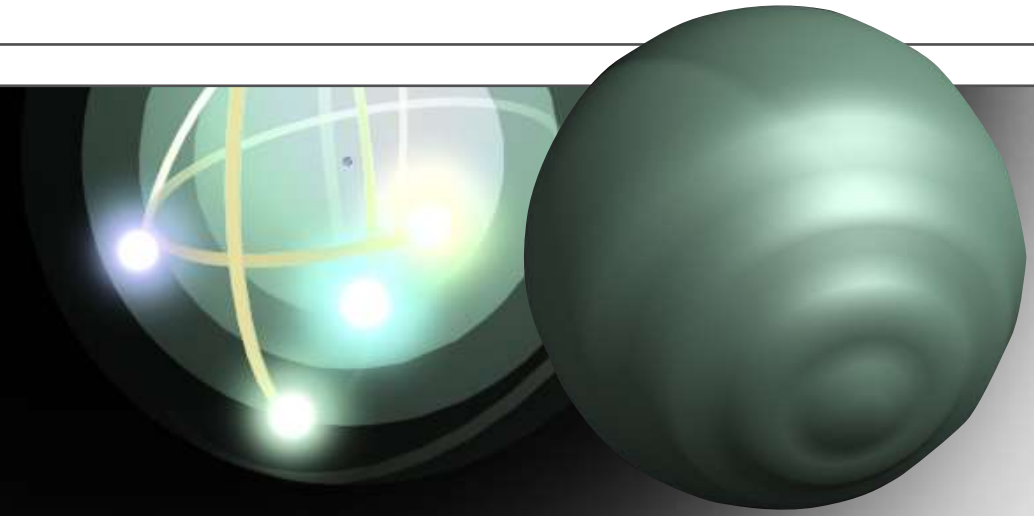




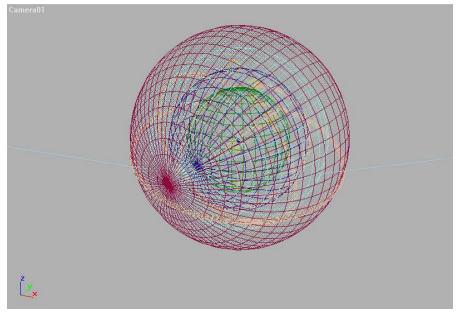


Victor de Broglie

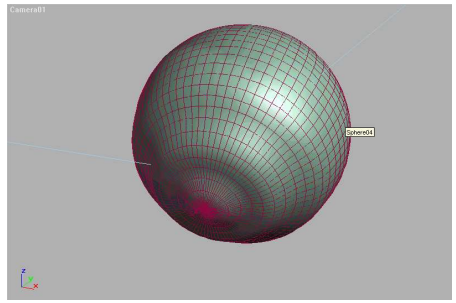
1924 ergänzte Victor de Broglie dieses Modell, indem er sich die Elektronen als eine stehende den Kern umgebende Welle vorstellte.



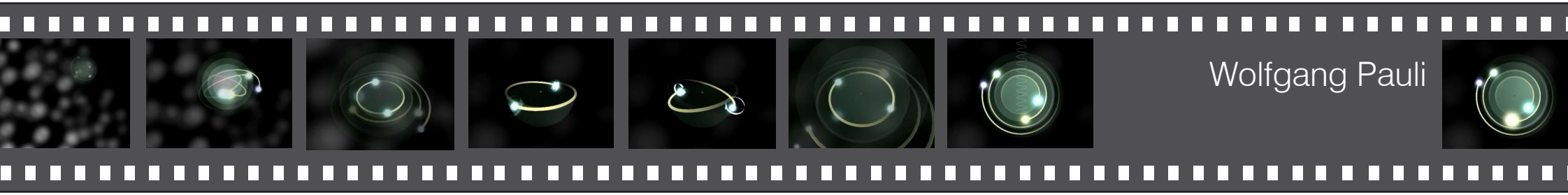
Teilchen-Atommodell
Mehrere halbtransparente Kugeln, Omni Lights mit verschiedenfarbigen Glow-Effekten bewegen sich gleichmäßig um alle Achsen



Wellen-Atommodell
Eine opaque Kugel wurde mit dem Modifier Ripple belegt, der zusätzlich zur Drehung der Kugel animiert wird

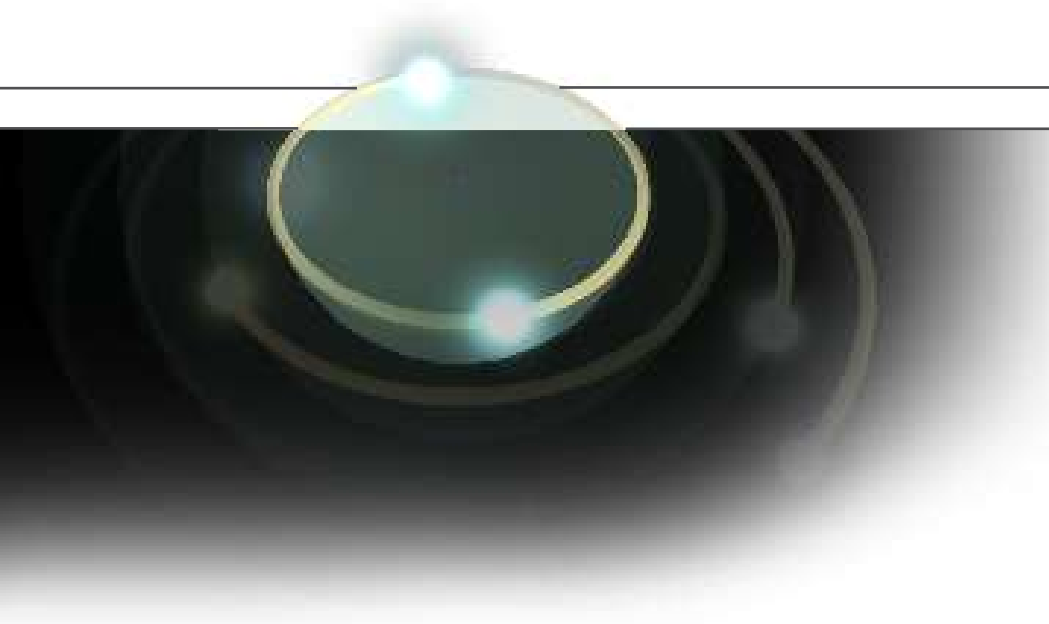


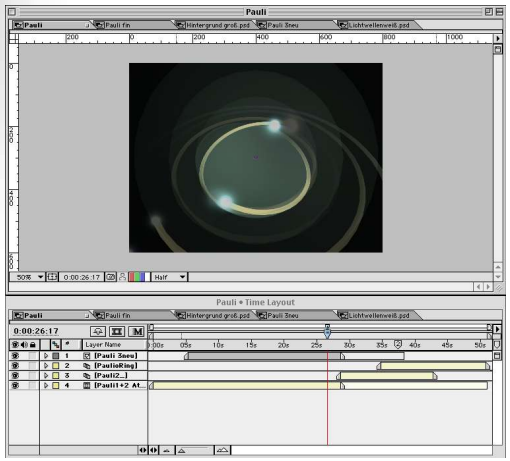
Teilchen-Welle
Das Teilchen-Atommodell hatte ich schon im vergangenen Semester für das Storyboard modeliert, sodaß ich für die Animation nur noch auf die schon vorhandene Szene zurückgreifen brauchte.
Doch bei der Animation der Welle hatte ich letztes Semester an eine in Photoshop erzeugte Welle gedacht, die ich größer und wieder kleiner zu skalieren gedachte um eine Bewegung zu simulieren. Da ich mit dem Ergebnis nicht zufrieden war, entschied ich mich, einige Zeit darauf zu verwenden in 3DSMax eine geeignete Anwendung zu finden. Mit dem Modifier Ripple konnte ich die Kugel entsprechend deformieren um auch bei einer Drehung der Kugel Wellen am Profil zu erkennen.



Wolfgang Pauli

1925 entwickelte Wolfgang Pauli die Vorstellung, daß alle Elektronen einen unterschiedlichen Energiezustand einnehmen müssen. Durch eine Eigenrotation der Elektronen, die er Elektronenspin nannte, verschieben sich die zwei Elektronen eines Energieniveaus gegeneinander.
Ab 1927 klärte er die Abhängigkeit zwischen der, dem Elektron zugeführten Energie und dem Sprung in ein höheres Energieniveau mithilfe seines Ausschließungsprinzips.





Elektronenspin und Atommodell
Zusammen in After Effekts

Elektronenspinmodell

Um das Prinzip des Elektronenspin zu erläutern benötigte ich zwei Elektronen auf einer Bahn. Doch für den zweiten Teil des Films plante ich ein ganzes Atommodell zu zeigen. Also mußten im Laufe des Films mehrere Kugeln mit Elektronen ein- und ausblenden. Da Effekt- und Materialeigenschaften in 3DSMax schwierig zu animieren sind, entschied ich mich zwei Filme mit identischen Kameraeinstellungen zu animieren und die Überblendung in After Effekts zu bearbeiten.

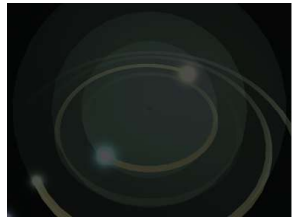
Deswegen ist der Film in mehrere Phasen aufgeteilt:

Anfangssequenz: Die Ringe des Bohratommodells schwenken in die Horizontale

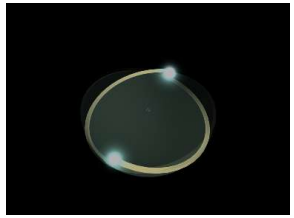
Elektronenspinsequenz: Zoom auf die innere Schale, Elektronenspinmodell sowie Raus-Zoom wurden in zwei Versionen gerendert.

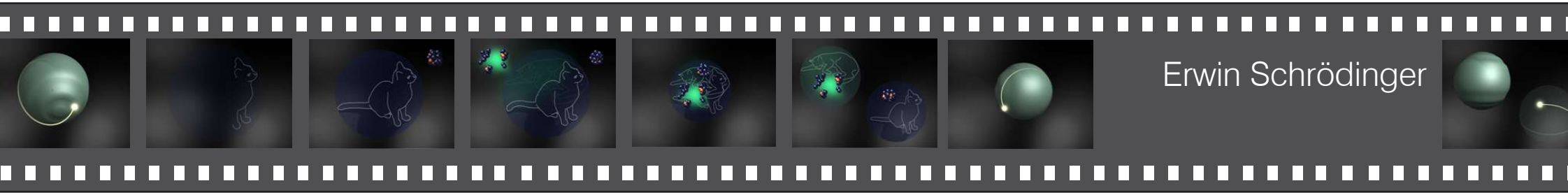
Elektronensprung: Diese Szene wurde teilweise mit allen Elektronen und dann mit einem Elektron ausgeblendet gerendert.

Atommodell



Elektronenspin

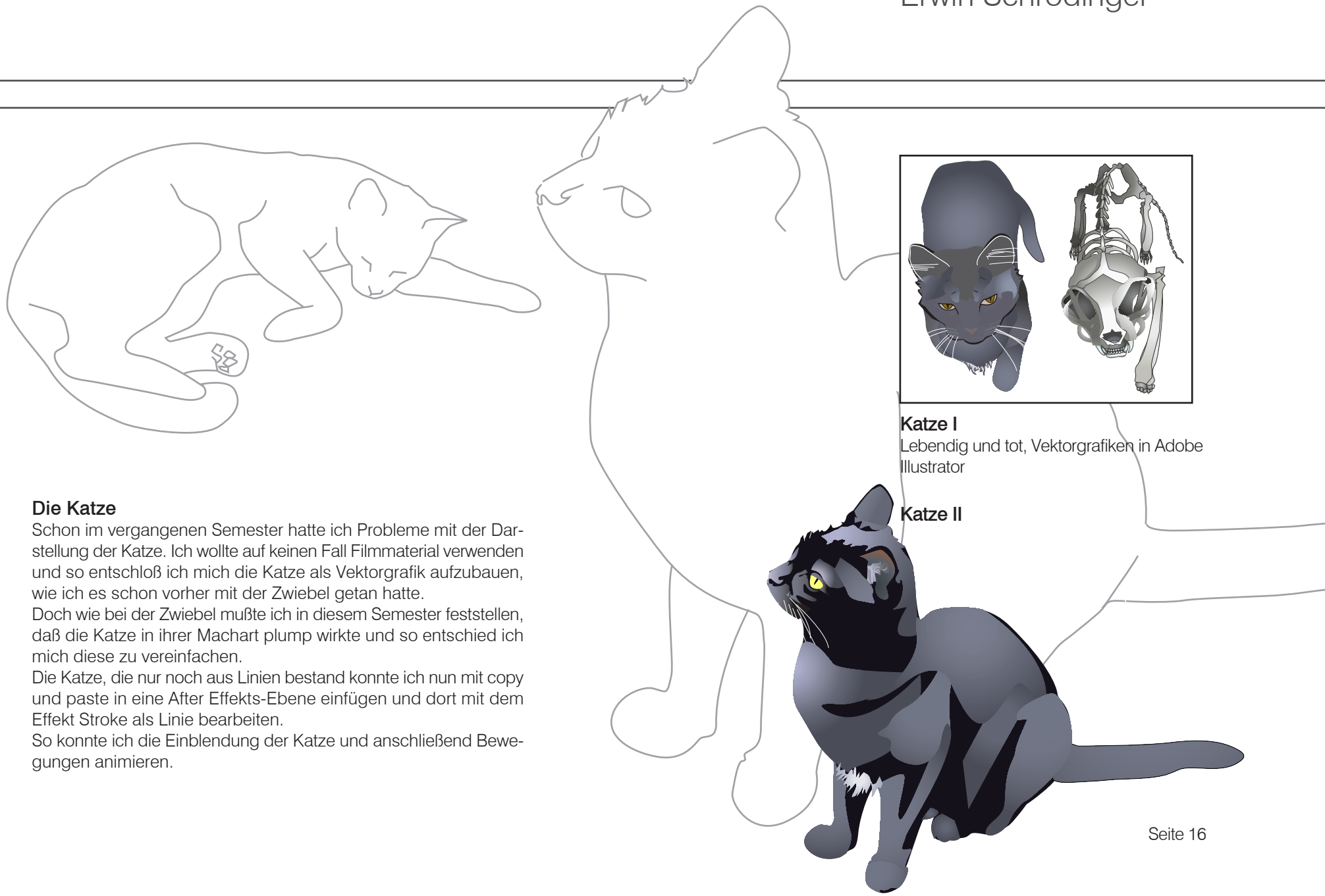




Erwin Schrödinger

Im Jahr 1926 brachte Erwin Schrödinger De Broglies Ideen zum Teilchen-Welle Dualismus in eine mathematische Form. Zur Erklärung des Verhaltens von Elektronen bringt er sein Gedankenexperiment der Schrödinger - Katze ein.
Eine Katze wird in eine Kammer gesteckt. Und ein Atomkern, der zu 50% zerfallen oder nicht zerfallen könnte, würde beim Zerfall einen Mechanismus auslösen, der in der Kammer Giftgas freisetzt. Dadurch befindet sich die Katze in einem Überlagerungszustand von tot und lebendig. Doch wenn ein Betrachter die Kammer öffnet liegt nur ein Zustand vor.

Dieses gilt für Elektronen in der Quantenwelt, die gleichzeitig in zwei Zuständen sind, Teilchen und Welle. Werden diese Elektronen jedoch gemessen, so liegen sie im Moment der Messung nur in einem Zustand vor.

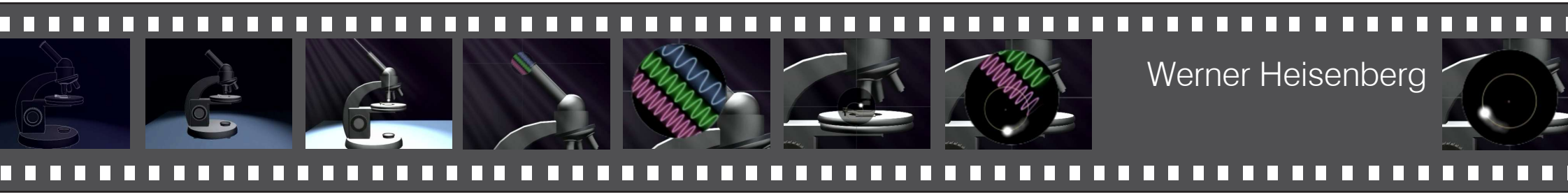


Katze I
Lebendig und tot, Vektorgrafiken in Adobe Illustrator

Katze II

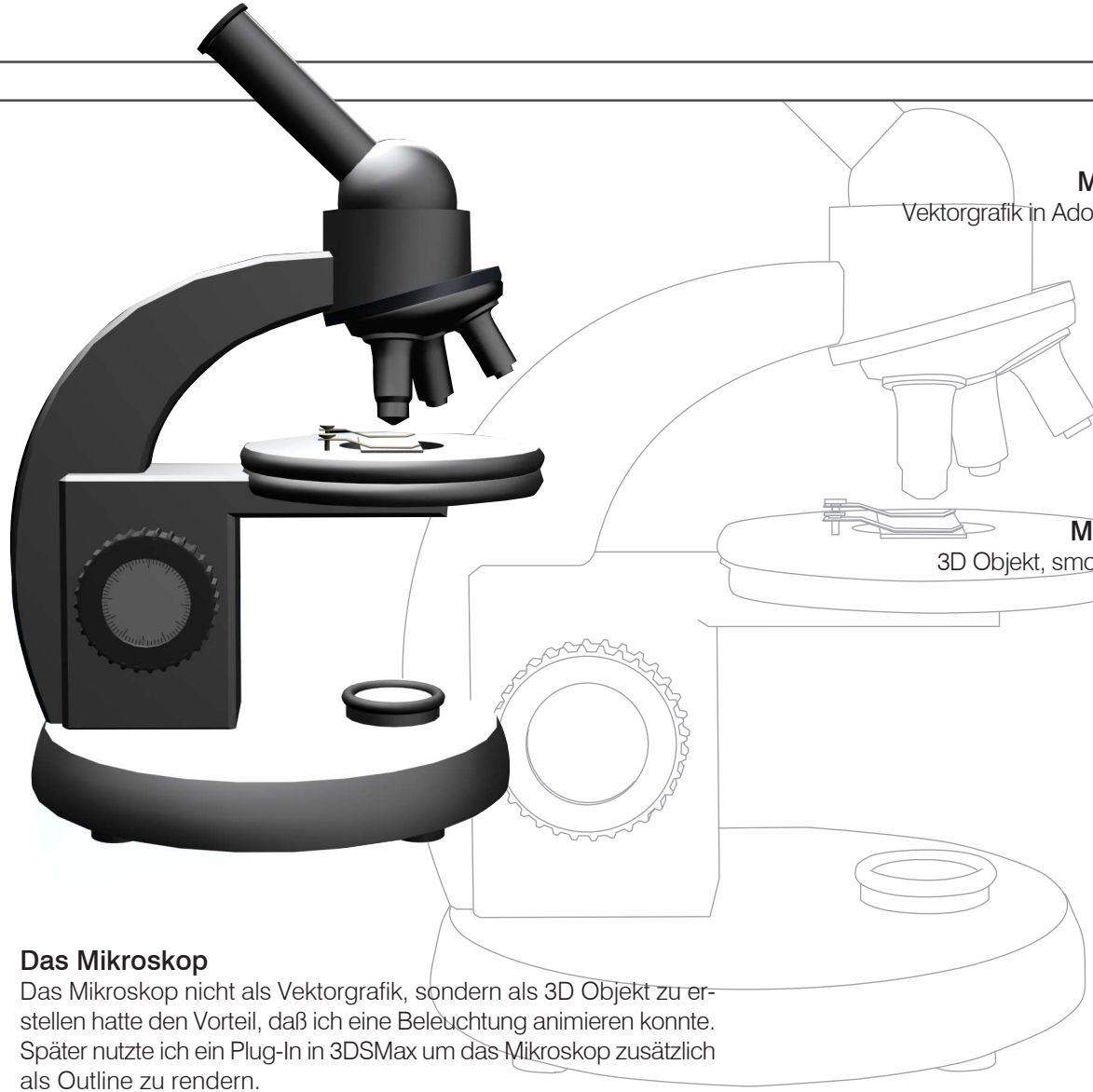
Die Katze

Schon im vergangenen Semester hatte ich Probleme mit der Darstellung der Katze. Ich wollte auf keinen Fall Filmmaterial verwenden und so entschloß ich mich die Katze als Vektorgrafik aufzubauen, wie ich es schon vorher mit der Zwiebel getan hatte.
Doch wie bei der Zwiebel mußte ich in diesem Semester feststellen, daß die Katze in ihrer Machart plump wirkte und so entschied ich mich diese zu vereinfachen.
Die Katze, die nur noch aus Linien bestand konnte ich nun mit copy und paste in eine After Effekts-Ebene einfügen und dort mit dem Effekt Stroke als Linie bearbeiten.
So konnte ich die Einblendung der Katze und anschließend Bewegungen animieren.

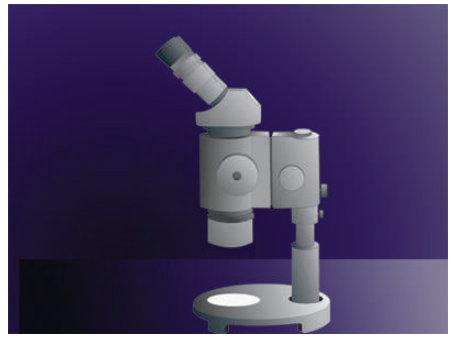


Werner Heisenberg

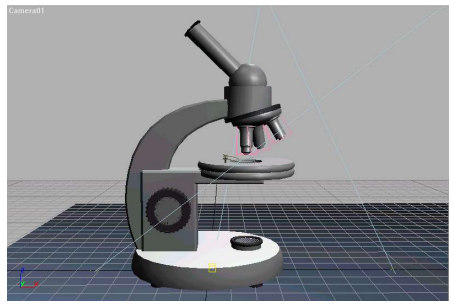
1927 entwickelte Werner Heisenberg seine Unschärferelation, die erklärt, warum Ort und Bewegung eines Teilchens sich nicht gleichzeitig genau messen lassen. Zur Messung von Elektronen wird Licht benötigt. Das Licht stößt die Elektronen an, sodaß diese in Bewegung geraten und als verschmierte Wellen erscheinen.



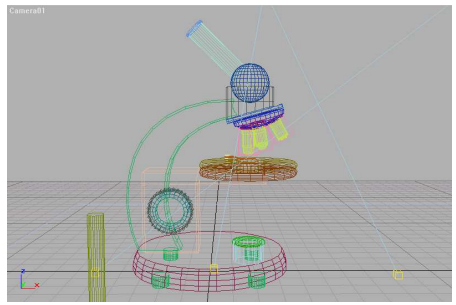
Mikroskop I
Vektorgrafik in Adobe Illustrator



Mikroskop II
3D Objekt, smooth shading



wireframe



Das Mikroskop
Das Mikroskop nicht als Vektorgrafik, sondern als 3D Objekt zu erstellen hatte den Vorteil, daß ich eine Beleuchtung animieren konnte. Später nutzte ich ein Plug-In in 3DSMax um das Mikroskop zusätzlich als Outline zu rendern.

Anhang

Technische Daten

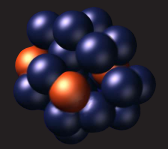
Apple Power Macintosh G4, 400mHz, 512 MB Ram, 80 Gb HDD	Photoshop 6, Illustrator 9, After Effekts 4
Intel Pentium II, 233 mHz, 384 MB Ram, 5GB HDD	3D Studio Max 3.1, Creative Wave Studio 4, Xitami Server (für Datenaustausch mit G4)

Diese Dokumentation erläutert die Projektarbeit im Sommersemester 2003 bei Frau Cordula Hesselbarth im Fachbereich Design der Fachhochschule Münster. Zu dem Projekt “Die wichtigsten Theorien der ersten Quantenphysiker” gehören sieben Kurzfilme, ein Storyboard aus dem WS 02/03, die Dokumentation WS02/03 und diese Dokumentation.

Hellen Charlotte Schmidt
Hummelbachtal 7
48301 Nottuln
Tel.:02502/901520
hellen_schmidt@hotmail.com
Matrikelnummer:385040
9.Semester

Die Quantentheorie

Die wichtigsten Theorien der ersten Quantenphysiker



Dokumentation
zur Umsetzung von sieben Kurzfilmen