
Einführung

1.1 Geschichte der Computeranimation

Eine Vielzahl von Verfahren, die auch heute noch in der Computeranimation angewendet werden, haben ihren Ursprung in den Techniken der traditionellen Zeichentrickanimation, die zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts entwickelt wurden. Als Vater der traditionellen Zeichentrickanimation kann Winsor McCay angesehen werden, der 1914 den ersten Zeichentrickfilm „Gertie the Trained Dinosaur“ (s. Abb. 1.1) produzierte. McCay zeichnete die ca. 10.000 Einzelbilder dieses Films per Hand, ohne dass er sich spezieller Techniken behalf. Im gleichen Jahr entwickelte Earl Hurd, Angestellter des John Bray Filmstudios, mit der sog. *Cel Animation* bereits ein Verfahren, das die manuelle Erstellung von Bildsequenzen erheblich erleichterte. Hierbei wurden Bildvordergrund und Bildhintergrund voneinander getrennt. Während die Erzeugung des statischen Bildhintergrundes nur einmal erfolgte, wurden

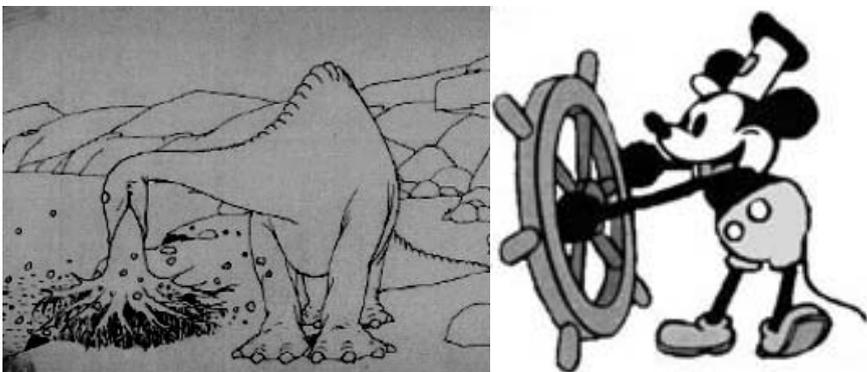


Abb. 1.1. Szenen aus den Kurzfilmen (links) „Gertie the Trained Dinosaur“, (rechts) „Steamboat Willie“ (aus [1])

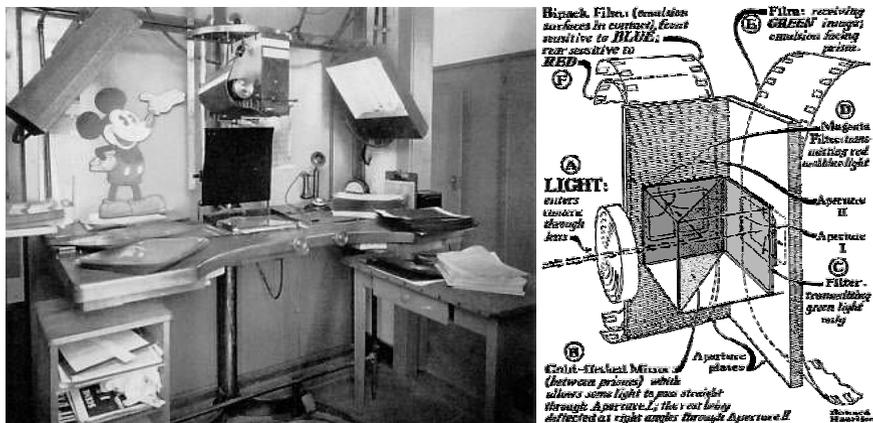


Abb. 1.2. Erste Farbkamera mit drei separaten Filmstreifen (aus [2])

die Vordergrundobjekte mit all ihren Bewegungsphasen auf transparente Celluliodfolien gezeichnet. Indem diese Folien über den Bildhintergrund gelegt und anschließend fotografiert wurden, konnte das wiederholte Zeichnen des gleichen Bildhintergrundes vermieden werden.

Ein weiterer Meilenstein in der Entwicklung der traditionellen Zeichentrick-Animation waren die ab 1916 von Otto Messner in den Pat Sullivan Studios geschaffenen Filme von „Felix the Cat“. Im Gegensatz zum Dinosaurier Gerti war Felix bereits ein sog. *Studio Character*, dem ein spezielles Persönlichkeitsprofil zugeordnet war, das beim Publikum breiten Zuspruch fand und dadurch den Pat Sullivan Studios über Jahre hinweg viel Geld in die Kasse brachte.

In den zwanziger Jahren begann auch Walt Disney mit der Erstellung von Zeichentrickfilmen, wobei sein bekanntester Cartoon „Mickey Mouse“ erstmals 1928 in dem Kurzfilm „Steamboat Willie“ (s. Abb. 1.1) mit einer Länge von sieben Minuten zu sehen war. „Steamboat Willie“ war der erste vertonte Trickfilm und damit ein weiterer Meilenstein in der Filmgeschichte, der zudem auch die Grundlage des geschäftlichen Erfolgs von Walt Disney wurde. Walt Disney setzte auch als erster Produzent das 3-Farben-Technicolor-Verfahren für Trickfilme ein. Disney’s erste farbige Zeichentrickfilme „Flowers and Trees“ und „Three Little Pigs“ entstanden 1932. Zur Bildaufzeichnung wurden Kameras mit drei separaten Filmstreifen eingesetzt, die mit entsprechenden Farbfiltern ausgestattet waren (s. Abb. 1.2). Die traditionelle Zeichentrickanimation erreichte 1937 mit dem Oskar-prämierten, abendfüllenden Spielfilm „Snow White and the Seven Dwarfs“ einen ersten Höhepunkt. Es folgten weitere Filme wie: „Fantasia“ und „Pinocchio“ (1940), „Lady and the Tramp“ (1955) oder „The Jungle Book“ (1967), die heute zu den Klassikern des Zeichentrickfilms gezählt werden.

Die Entwicklung der Computer Animation begann 1949. Am Massachusetts Institute of Technology (MIT) war der erste elektronische, noch mit Röhren ausgestattete Computer mit dem Namen „Whirlwind“ entstanden, der als Ausgabegerät ein Oszilloskop aufwies. Mit dem „Whirlwind-Computer“ entwickelte Charly Adams ein Programm, das einen springenden Ball in Echtzeit berechnen und darstellen konnte und das sowohl als erste Computergrafik, als auch als erste Computeranimation bezeichnet wird. In den nachfolgenden Jahren zeigte vor allem das Militär verstärktes Interesse an der Computergrafik, das vor allem an der Entwicklung des „SAGE“-Computersystems (s. Abb. 1.3) zum Ausdruck kam. Dieses System, das von 1951 bis 1955 von IBM zur Luftraumüberwachung entwickelt wurde, bestand aus 82 Grafikkonsolen und erlaubte das interaktive Arbeiten mit Hilfe eines sog. *Lightpen*, mit dem der Benutzer direkt am Bildschirm grafische Manipulationen, wie das Löschen oder Verschieben von Bildlinien, ausführen konnte.

Im militärischen Auftrag stellte Edward E. Zajac 1963 den ersten an einem IBM Großrechner erstellten Animationsfilm vor, um damit die Bewegungen und unterschiedlichen Ausrichtungen eines Erdsatelliten im Weltraum zu illustrieren (s. Abb. 1.4). Im gleichen Jahr präsentierte auch Ivan Sutherland mit seinem „Sketchpad“-System (s. Abb. 1.4) das erste interaktiv arbeitende CAD-System, dessen Konzept richtungsweisend für das gerade entstehende Fachgebiet Computergrafik werden sollte. Sutherlands „Sketchpad-System“ brachte auch den wissenschaftlichen Durchbruch der Computergrafik. So entstanden, beginnend mit dem 1968 gegründeten Computer Graphics Department an der Universität Utah, an zahlreichen Universitäten in den USA und Europa Forschungsaktivitäten auf dem neuen Gebiet der digitalen Grafik.

Ab Mitte der sechziger Jahre entstanden auch zahlreiche Firmen, deren Ziel es war, grafische Rechnersysteme zu entwickeln. So wurde 1965 die Firma Adage gegründet, die zwei Jahre später ihren ersten echtzeitfähigen Grafikrechner auf den Markt brachte. 1968 entstanden weitere Firmen, wie Evans & Sutherland, Calma, Computek, Houston Instruments und Imlac sowie Com-

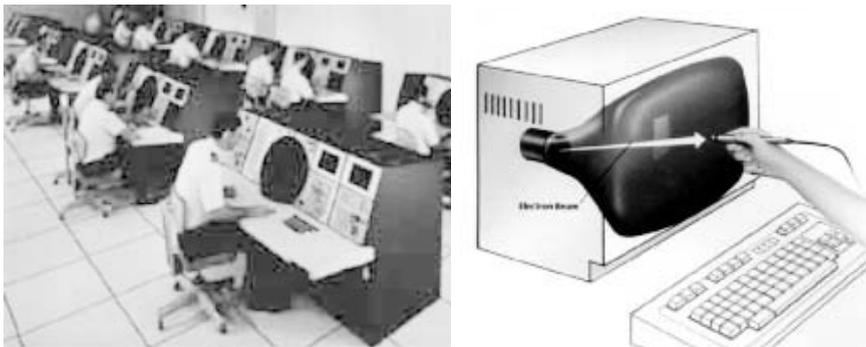


Abb. 1.3. (links) Sage-Luftraumüberwachungssystem, (rechts) Lightpen (aus [2])

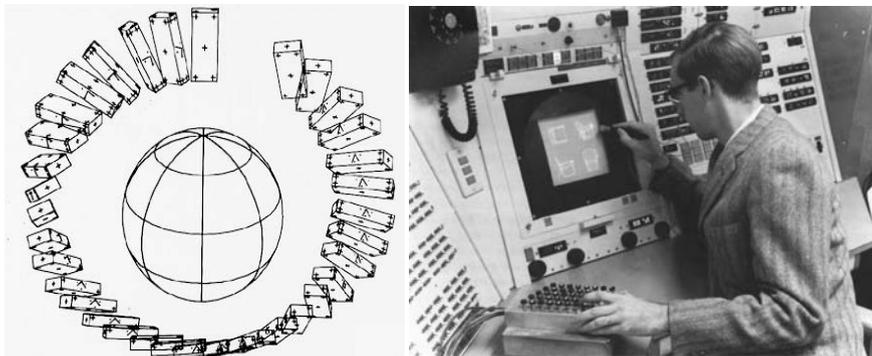


Abb. 1.4. (links) Zajac's Satellitensimulation, (rechts) „Sketchpad-System“ (aus [2])

puterVision, Applicon und Vector General, die 1969 gegründet wurden. Drei Jahre später, 1972, erfolgte die Gründung von Megatek und Summagraphics.

Ein Meilenstein war auch die Entwicklung eines echtzeitfähigen und voll farbächtigen Außensichtsystems des ersten interaktiven Flugsimulators der NASA, der im gleichen Jahr seinen Betrieb aufnahm. Von universitärer Seite wurden 1972 von Edwin A. Catmull die Animation einer Hand („Utah hand“) auf der Grundlage des skriptbasierten Animationssystems „MOVIE“, sowie die ersten Gesichtsanimationen von Frederic I. Parke präsentiert. Gemessen am damaligen Stand der Technik, waren die Arbeiten von Catmull und Parke sehr beeindruckend und wurden vielfach der staunenden, gerade entstehenden Grafikszenen in den USA und Europa vorgeführt.

Bereits im Jahr 1973 fand die erste SIGGRAPH Konferenz statt, die sich heute als eine der wichtigsten wissenschaftlichen Tagungen auf dem Gebiet der Computergrafik etabliert hat. Auch aus künstlerischer Sicht hinterlässt die Computeranimation ihre Spuren. Die von Peter Foldes produzierte Computeranimation „Hunger“ gewinnt 1974 auf dem Filmfestival von Cannes den Preis der Jury für Animationen. Foldes verwendete für diese Arbeit ein von Burtnyk und Wein entwickeltes zweidimensionales *Keyframing* Verfahren für Bilder.

Ende der achtziger Jahre entstanden am Jet Propulsion Lab mit den Arbeiten von Jim Blinn eine Serie vielbeachteter Computeranimationen, mit denen der Vorbeiflug der Voyager- und Pioneer-Raumsonden an den Planeten Jupiter und Saturn simuliert und veranschaulicht wurde. Für diese Animationen wurden erstmalig Texturierungsverfahren, wie das zuvor von Blinn entwickelte Bump-Mapping, eingesetzt, mit der eine bislang nicht erreichte Realitätsnähe erzielt wurde.

Der erste Spielfilm, in dem Computeranimation ausgiebig eingesetzt wurde, war der in den Walt Disney Studios von 1980 bis 1982 produzierte Film „Tron“. „Tron“ enthielt ausschließlich synthetisch erzeugte Filmszenen in der

Länge von 15 Minuten sowie weitere sog. *Mixed-Media*-Filmsequenzen in gleicher Länge, in denen reale Schauspieler und synthetisch erzeugte Objekte kombiniert wurden. Dieses Filmprojekt wurde jedoch wegen seiner hohen Produktionskosten und des sehr geringen wirtschaftlichen Erfolges ein Desaster für den bereits erwarteten Siegeszug der Computeranimation in der Filmindustrie. Hollywood wandte sich für längere Zeit von der Computeranimation ab und setzte wieder ausschließlich auf manuelle Zeichentricktechnik. Computeranimationen wurden hingegen lediglich für kürzere Filmsequenzen eingesetzt. Beispiele hierfür sind Filme wie: „The Last Starfighter“ (1985), „The Abyss“ (1989), die „Star Wars“-Trilogie und in die „Star Trek“-Serienfilme. Besonders bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang der Film „Star Trek II - The Wrath of Khan“, in dem erstmalig für den „Genesis-Effekt“ Partikelsysteme eingesetzt wurden. Auch die synthetische Wasserkreatur aus dem Film „The Abyss“, die Gesichter der Mannschaft einer Unterwasserstation imitiert, gilt als Meilenstein der Computeranimation.

Ein großes Manko bei der Darstellung animierter virtueller Charaktere waren ihre unnatürlichen, roboterartigen Bewegungen. Jim Henson (Erfinder der „Muppets“) führte 1986 bei „Digital Productions“ ein Gerät namens „Waldo“ vor, das für die Fernsteuerung von Puppen entwickelt wurde. Die Ingenieure von „Digital Productions“ verbanden „Waldo“ mit ihren Rechner-Systemen und erzeugten einige Testanimationen. Es entstand eine Methode, um Bewegungen der mechanischen Eingabegeräte auf das Computermodell zu übertragen; eine Technik die später als *Performance Animation* bezeichnet wurde.

Vor allem in Kurzfilmen zeigten sich in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre die rasanten Fortschritte auf dem Gebiet der Computeranimation. Als Beispiele sind vor allem die von PIXAR produzierten Filme, wie „Luxo Jr.“ (1986), „Red’s Dream“ (1987) oder auch „Tin Toy“ (1988) zu erwähnen, wobei der letztgenannte Computeranimationsfilm sogar einen Oscar erhielt. Aufgrund dieser Erfolge erhielt Pixar 1991 von den Walt Disney Studios den Auftrag, den ersten vollständig computeranimierten Spielfilm „Toy Story“ zu erstellen, der 1995 fertig gestellt wurde. Für die Herstellung dieses Films mit einer Länge von 70 Minuten waren 800.000 Stunden Rechenzeit verteilt auf 177 Sun Sparc 20 Workstations erforderlich. Im Gegensatz zu Disney’s „Tron“ wurde „Toy Story“, der drei Oskar Nominierungen erhielt, ein Kassenerfolg.

Der wirtschaftliche Erfolg von „Toy Story“ war zugleich der Auslöser für die Produktion weiterer abendfüllender Computeranimationsfilme, wie „Toy Story 2“ (1999), „Shrek“ (2001), „Monsters Inc.“ (2001). In „Final Fantasy“ (2001) wurden erstmalig virtuelle Charaktere präsentiert, die von realen Schauspielern kaum noch zu unterscheiden waren. Zu den Hauptanwendungen der Computeranimation in der Spielfilmproduktion gehören allerdings die Spezialeffekte, die vielfach zu den geschäftlichen Erfolgen von Spielfilmen beitrugen. Einige Beispiele hierfür sind die Filme „Jurassic Park I-III“, „Titanic“, „Gladiator“, „A.I.“, „Harry Potter“, „Pearl Harbor“, „Lord of the Rings“ usw. Obgleich die Computeranimation heute einen sehr hohen technischen Stand

erreicht hat und zur Erzeugung von Spezialeffekten unverzichtbar geworden ist, konnte sich der manuell erstellte Zeichentrickfilm bislang behaupten. Das liegt vor allem an dem unverwechselbaren Erscheinungsbild der von Hand gezeichneten Bildsequenzen, das von vielen Freunden des Cartoon-Films den rein synthetisch erzeugten Computeranimationsfilmen vorgezogen wird [3]. Um den Eindruck eines handgezeichneten Trickfilms zu bewahren, werden oftmals die am Computer generierten Bildsequenzen in entsprechender Weise nachträglich manipuliert, um den gewünschten *Cartoon-Touch* zu erhalten.

1.2 Produktionsphasen eines Computeranimationsfilms

Bevor nachfolgend die Produktionsphasen eines Computeranimationsfilms diskutiert werden, soll in diesem Zusammenhang der enorme Aufwand, der für die Durchführung eines derartigen Projektes erforderlich ist, kurz erwähnt werden. Es ist ein Irrglaube anzunehmen, dass die am Computer erstellten Filme kostengünstiger sind. Zwar ist der Aufbau der Kulissen einfacher und virtuelle Schauspieler verlangen schließlich keine Gagen, aber für die erfolgreiche Durchführung eines derartigen Projektes ist eine wesentlich exaktere und damit auch zeitaufwendigere Produktionsplanung (Pre-Produktion) erforderlich. Weiterhin sind eine Vielzahl von Spezialisten sowie eine sehr umfangreiche Geräteausstattung und im Vergleich zu konventionellen Spielfilmen oftmals wesentlich längere Produktionszeiten notwendig. So kann die Produktion eines derartigen Films bis zu vier Jahre dauern, wobei in den Hauptproduktionsphasen neben dem Management bis zu 200 Computeranimatoren, Computerspezialisten, Techniker und Programmierer tätig sein können. Nachfolgend werden die Produktionsphasen eines Computeranimationsfilms diskutiert, die in großen Teilen mit denen eines traditionellen Zeichentrickfilms übereinstimmen. Der Produktionsprozess lässt sich grob in drei Stufen aufteilen: *Pre-Production*, *Production* und *Post-Production*. Von dem hier präsentierten Schema können in der Praxis durchaus Abweichungen auftreten.

1.2.1 Pre-Production

Von der Filmidee zum Storyboard. Am Anfang dieses Prozesses steht immer die Idee, die Geschichte und die darzustellende Handlung. Diese Filmidee wird als kurze Beschreibung der Handlung, die auch als Synopsis bezeichnet wird, fixiert. Sie ist in der Regel nicht länger als eine Seite. Auf der Grundlage der Synopsis wird das *Storyboard* erstellt, in dem die gesamte Handlung detailliert beschrieben ist.

Die Erstellung des *Storyboard* ist ein sehr aufwendiger Prozess, der als *Storyboarding* bezeichnet wird. Im *Storyboard* ist der Handlungsablauf detailliert in einzelne Szenen unterteilt, die bereits aus einer Reihe von Hand gezeichneten Schnappschüssen bestehen. Diese Handskizzen stellen die Schlüsselbilder



Abb. 1.5. Ausschnitt aus dem Storybook des Films „Jurassic Quark“

der Szenen dar und sind, wie in Abb. 1.5 dargestellt, mit entsprechenden Kommentaren und Dialogen versehen. Der zeitliche Ablauf der Handlung, einschließlich der Länge der einzelnen Szenen, sind nach der Fertigstellung des Storyboards hierin exakt festgelegt. Weiterhin werden in dieser Produktionsphase auch die *Sound-Effekte* und die Begleitmusik aufgezeichnet.

Während bei der Erstellung traditioneller Zeichentrickfilme die Bild- auf die Tonsequenzen abgestimmt werden müssen, besteht bei computeranimierten Filmen die Möglichkeit, Musik, Gesang oder akustische Effekte nachträglich an bereits bestehende Bildfolgen anzupassen. Wie bei der Drehbucherstellung wird das *Storyboard* ebenfalls iterativ in mehreren Durchläufen vom *Preliminary Storyboard* über das *Presentation Storyboard* bis zum *Production Storyboard* verfeinert.

Im *Preliminary Storyboard* werden die Bewegungen der Akteure, sowie der Kamera in ihrem zeitlichen Ablauf grob und skizzenhaft dargestellt.

Das *Presentation Storyboard* stellt eine Zusammenfassung der geplanten Filmproduktion dar. Es enthält bereits großformatige, farbige Bildarstellungen von den wichtigen Schlüsselszenen und dient letztendlich als Hilfe für den Produzenten, Auftrags- oder Geldgeber, Entscheidungen über die Fortführung des Projektes zu treffen.

Das *Production Storyboard* ist das verbindliche Dokument, an dem sich die Filmproduktion zu orientieren hat. Es enthält in detaillierter Form Anweisungen über die einzelnen Aktionen, Bewegungs- und Zeitabläufe einschließlich der Schnitthanweisungen, sowie der Beleuchtungs- und Kameraparameter. Im *Production Storyboard* ist jedes *Frame* nummeriert und mit Zeitparametern versehen. Weiterhin sind in jedem Bild Anweisungen für die Kamerabewegung und den Schnitt vorhanden.

Character Sheets. Zusätzlich zum *Storyboard* werden auch die sog. *Character Sheets* erstellt. Hierin wird die Persönlichkeit der einzelnen virtuellen Charaktere beschrieben, sowie Anweisungen für ihre Animation gegeben.

Ein sorgfältiger und wohl überlegter Entwurf der handelnden Charaktere ist für den wirtschaftlichen Erfolg eines Computeranimationsfilms von entscheidender Bedeutung. Vor allem ist es notwendig, den virtuellen Charakteren glaubwürdige Persönlichkeiten zu verleihen. Dies bedeutet, dass ein Charakter die Emotionen vermitteln muss, die seine Rolle innerhalb der Filmhandlung ausdrücken soll. Hierzu sind eine Vielzahl von Charakter- und Bewegungsstudien erforderlich, um mit unterschiedlichen Posen und Gesichtsmimiken die Ausdrucksfähigkeit des virtuellen Akteurs zu überprüfen. Gegebenenfalls muss dessen Erscheinung korrigiert oder auch völlig neu entworfen werden.

Von gleichrangiger Bedeutung sind auch produktionstechnische Aspekte. So ist beispielsweise die 3D-Animation, sowie das *Rendering* eines Zauberers mit langem Bart, langen Haaren und einem zerfurchten Gesicht, der zudem noch einen wallenden Umhang trägt, viel aufwendiger als die Darstellung eines Charakters mit eng anliegender Kleidung, kurzen Haaren und glattem Gesicht.

Weiterhin ist die erforderliche Gelenkigkeit der Figur für die Animation von großer Bedeutung. So ist auch die Skelettstruktur eines Charakters einschließlich der Freiheitsgrade seiner Gelenke, sowie die Einschränkungen der Gelenkwinkel in den *Character Sheets* vorzugeben und an die geforderte Ausdrucksfähigkeit anzupassen.

Wichtig ist, dass beim Entwurf der virtuellen Akteure das zur Verfügung stehende Produktionsbudget streng beachtet wird. Ein zu komplexer Charakterentwurf kann den Produktionsaufwand, das heißt den Aufwand für die spätere Animation und das *Rendering*, extrem steigern, somit verteuern und letztendlich das gesamte Projekt gefährden.

Modellierung. Während beim traditionellen Zeichentrickfilm nach dem *Storyboarding* von erfahrenen Animatoren, den sog. *Senior Animators* die *Keyframes* und von den *Junior Animators* die Zwischenbilder, die *Inbetweens*, gezeichnet werden, sind bei der dreidimensionalen Computeranimation die virtuellen Charaktere erst als Modelle zu erzeugen. Neben den Charakter-Modellen, sind natürlich auch die Modelle der Hintergrundszenen anzufertigen, welche innerhalb der Filmhandlung vorkommen. Ein wirtschaftlicher Nebeneffekt ist, dass die einmal erzeugten Modelle beliebig oft für andere Produktionen verwendbar oder auch vermarktbar sind. So hat sich hierfür bereits ein Markt entwickelt, der im stetigen Wachsen begriffen ist.

1.2.2 Production

Animation. Nach der Modellierung kann der eigentliche Animationsprozess erfolgen, wobei in der Regel zwischen Primär- und Sekundäranimation unterschieden wird. Unter der Primäranimation ist die Animation weiträumiger Bewegungsabläufe wie beispielsweise Lauf- oder Kampfbewegungen zu verstehen. Die Sekundäranimationen sind zwar den Primäranimationen überlagert, sie können jedoch völlig autonom ausgeführt werden. Beispiele sind das Ver-

zerren des Gesichtes während eines Kampfvorgangs oder die Atmung eines virtuellen Läufers.

Die Festlegung der primären Bewegungsabläufe erfolgt in der Regel mit sehr stark vereinfachten Geometriemodellen, wobei auch einfache Rendering-Verfahren verwendet werden. Oftmals sind, um bestimmte Bewegungssequenzen zu erzeugen, viele Versuche erforderlich. Der hierzu notwendige Aufwand wird durch die große Anzahl der Animatoren deutlich, die bei großen Featurefilm-Produktionen, wie „Shrek“ oder „Final Fantasy“, zwischen 20 und 30 liegen kann.

Die Animation der in der Filmhandlung agierenden virtuellen Figuren und Objekte kann mit einer Anzahl unterschiedlicher Techniken erfolgen, die nachfolgend beschrieben werden.

Stop-Motion-Technik. Eine häufig verwendete Methode ist die *Stop-Motion-Technik*. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass die Positionen und Orientierungen der Glieder eines Charakters schrittweise verändert werden, wobei die Animations- und Rendering-Schritte wechselseitig ausgeführt werden. Die Ausführung der Objektbewegungen erfolgt hierbei mit kinematischen Verfahren. Die Anwendung der *Stop-Motion-Technik* erfordert sehr viel Sorgfalt und Erfahrung. Da sich einzelne Bewegungsschritte nicht mehr nachträglich korrigieren lassen, ist es im Fall einer fehlerhaften Animation notwendig, den gesamten Bewegungsablauf eines Charakters neu zu erstellen.

Motion Capturing. *Motion Capturing* ist eine Methode, um sehr natürlich wirkende Bewegungssequenzen zu erzeugen. Hierbei gibt ein Darsteller, an dessen Körper Sensoren angebracht sind, den gewünschten Bewegungsablauf vor. Die Sensorpositionen werden hierbei fortlaufend mit mechanischen, optischen, elektromagnetischen oder akustischen Verfahren aufgezeichnet. In der Regel ist eine Nachbearbeitung der Bewegungsdaten erforderlich, bei der neben der Glättung und der Ergänzung der Koordinatensequenzen auch eine Anpassung an die Geometrie des virtuellen Charakters erfolgt. Anschließend stehen die Bewegungsdaten zur Steuerung des virtuellen Akteurs zur Verfügung. Entsprechend den Geometriemodellen werden auch die beim *Motion Capturing* gewonnenen Bewegungsdaten zum Zweck der Wiederverwendung in Bibliotheken archiviert und auch vielfach vermarktet.

Prozedurale Animation. Die prozedurale Animation dient zur Erzeugung spezieller Animationen, bei der ein Bewegungsablauf von einer Prozedur vorgegeben ist oder durch ein System von Regeln bestimmt wird. Beispiele für eine einfache prozedurale Animation ist der klassische, mit Hilfe von Partikelsystemen erzeugte Genesis Effekt im Film „Star Trek II - The Wrath of Khan“ aber auch die Massenkampfszenen in „Lord of the Rings“, wo sogar den einzelnen Rittern ein individuelles, regelbasiertes Bewegungsrepertoire zur Ausführung von Kampffaktionen [4] zugeordnet wurde.

Physikalisch-basierte Animation. Der dynamische Bewegungsablauf vieler Objekte in der realen Welt, beispielsweise durch Einwirkung externer Kräfte, wird durch die Gesetze der Physik bestimmt. Damit auch virtuelle Objekte, wie beispielsweise Gelenksysteme, plausible Bewegungen ausführen können, sind die physikalischen Gesetzmäßigkeiten zu berücksichtigen. Die physikalisch-basierte Modellierung ist jedoch, ähnliche wie bei der prozeduralen Animation, auf eine sehr begrenzte Anzahl von Anwendungen eingeschränkt, da der Aufwand für eine physikalisch korrekte Beschreibung komplexer Szenarien sehr hoch ist.

Spezialisierte Animationsverfahren. Hierunter sind beispielsweise jene Methoden zu verstehen, mit denen oftmals Naturerscheinungen, wie Meereswellen, Wolken oder auch Flüssigkeiten dargestellt werden. Desgleichen fällt die Gesichtsanimation oder die Animation von Stoffen in diese Kategorie. Diese sehr speziellen Verfahren sind oftmals prozedural oder physikalisch-basiert.

Rendering. Nachdem die Animation innerhalb einer in sich abgeschlossenen Bildfolge festgelegt ist, muss mit der Positionierung der Lichtquellen die Ausleuchtung der Szenen festgelegt werden. Um die Lichtverteilung mit unterschiedlichen Beleuchtungskonfigurationen beurteilen zu können, erfolgt ein schnelles *Rendering* der Bildsequenzen mit geringerer Auflösung und geringerer Qualität, d.h. ohne *Anti-Aliasing*, *Motion-Blur*, *Caustics* oder *Depth of Field*. Fällt die abschließende Überprüfung der Animation und Szenenausleuchtung zufriedenstellend aus, so wird der finale Rendering-Prozess ausgeführt. Hierbei werden die Szenen mit zumeist sehr hoher Auflösung und Bildqualität berechnet.

Im Fall komplexer Szenarien werden diese in einzelne Layer unterteilt, separat „gerendert“ und in der nachfolgenden Post-Processing-Phase mittels *Image Compositing* zusammengefügt. Im Film „Final Fantasy“ wurden beispielsweise die äußerst aufwendig modellierten Charaktere auf separaten Layern „gerendert“. Die komplexen Hintergrundszene mussten nach [5] sogar auf sechs verschiedene Layer aufgeteilt werden.

Das finale *Rendering* erfolgt in der Regel auf verteilten Rechnersystemen, die aus mehreren hundert PC's bestehen können. Jeder dieser Rechner ist für das *Rendering* eines kompletten Layers oder Bildes zuständig und transferiert sein Ergebnis zu einem Zentralsystem, das die dezentral berechneten Bilder in ihrer korrekten Reihenfolge für den nachfolgenden Video- oder Film-Schnitt abspeichert.

1.2.3 Post-Production

Image Compositing. In der *Post-Production-Phase* erfolgt mit dem *Image Compositing* das Zusammenfügen der einzelnen Layer eines Bildes. Die Technik des *Image Compositing* lässt sich anhand eines sehr einfachen Beispiels, das in der Abb. 1.6 dargestellt ist, in seinen Grundzügen verdeutlichen. In

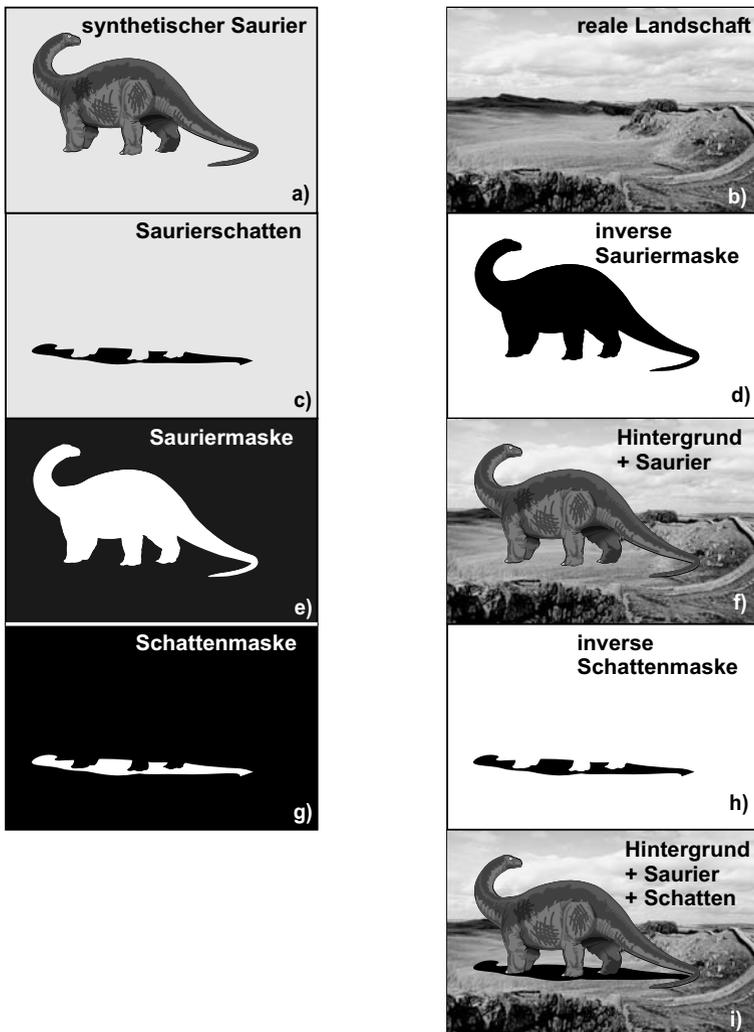


Abb. 1.6. Prinzip des Image Compositing (s. Farbtafel I)

diesem Beispiel wird das synthetisierte Bild eines Sauriers mit Hilfe einer zuvor erzeugten binären Maske kombiniert. Diese Maskierung hat den Sinn, dass nur die Teile der Saurierszene selektiert werden, die in das Gesamtbild eingefügt werden sollen. Die Pixelwerte des Saurierbildes in den schwarzen Bereichen der Maske werden hierbei auf den Wert Null gesetzt, während sie in den weißen Gebieten unverändert bleiben. In umgekehrter Weise wird mit dem Landschaftsbild verfahren. Dort wird mit der inversen Sauriermaske jener Bereich maskiert, der vom Saurier überdeckt wird. Die Komposition aus

Saurier- und Hintergrundbild erfolgt durch Addition beider Bildmatrizen. Das Hinzufügen des Schattens, den der Saurier auf den Boden wirft, wird in analoger Weise ausgeführt. Um einen realistischen Bildeindruck zu erzielen, ist es erforderlich, die Lichtverhältnisse der separat erzeugten Bilder aufeinander abzugleichen. Hierzu ist es mitunter notwendig, die Helligkeit der einzelnen Bildteile, und zwar Bild für Bild, manuell einzustellen.

Wesentlich aufwendiger gestaltet sich das *Image Compositing* wenn ein virtueller Charakter sehr eng mit einem realen Schauspieler interagiert. Stellen wir uns als Beispiel eine Szene vor, in der ein virtueller Charakter, der beispielsweise eine längst verstorbene Darstellerin repräsentiert, mit einem bekannten Schauspieler tanzt. Um dies zu realisieren, sind für das *Image Compositing* zusätzliche Schritte erforderlich. Zuerst wird die Tanzszene mit einer realen Darstellerin ausgeführt, die möglichst in ihrer Größe und in ihren Proportionen dem Vorbild entspricht.

Damit diese Darstellerin bei Verwendung der *Color Keying-Methode* einfacher maskiert und aus der Tanzszene entfernt werden kann, trägt sie in der Regel ein Trikot und Handschuhe in der Farbe eines Farbschlüssels (*color key*). Auch ihr Kopf ist in der gleichen Farbe eingehüllt. Infolge dieser farblichen Auskleidung ist es mittels Farbseparierung leichter möglich, die reale Person aus der Tanzszene zu entfernen und durch den virtuellen Charakter zu ersetzen. Die Einpassung des virtuellen Charakters in die maskierten Bereiche der Bildsequenz erfolgt anschließend Bild für Bild von Hand. Bei diesem Verfahren sind vielfach aufwendige Nachbearbeitungsschritte unumgänglich.

Video/Film-Schnitt. Der Filmschnitt mit linear auf Magnetband oder Film aufgezeichneten Material wird zunehmend durch die seit wenigen Jahren aufkommende Technik des nicht-linearen Schnitts verdrängt (*Non-Linear Editing* – NLE). Hierzu ist es notwendig, das gesamte für den Schnitt benötigte Filmmaterial auf einen Plattenspeicher zu transferieren, der im Gegensatz zum Magnetband, einen wesentlich schnelleren, wahlfreien Zugriff auf einzelne Bilder ermöglicht. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, kurze Bildfolgen an beliebigen Stellen eines Films einzufügen, zu kopieren, zu manipulieren oder zu löschen. Weiterhin können die Bildsequenzen in beliebiger Folge und unterschiedlichen Überblendungen aneinandergereiht werden.

Die hierfür benötigten Speicherkapazitäten sind allerdings enorm. So hat ein Film von 90 Minuten Länge und einer Auflösung im Cineonformat in unkomprimierter Form einen Speicherbedarf von 6.5 TeraByte. In ungeschnittener Form ist für das gesamte Filmmaterial, das beim Produktionsprozess entstanden ist, ein noch erheblich größerer Speicherplatz erforderlich. Um diese Datenmenge mit vertretbarem Aufwand speichern zu können, ist es notwendig, das Filmmaterial beispielsweise entsprechend dem MPEG-2 Standard zu komprimieren. Um die MPEG-2 Kodierung bzw. Dekodierung (Codec) in Echtzeit ausführen zu können, sind für das *Non-linear Editing* Schnittplätze mit leistungsfähigen Prozessoren erforderlich.

Vertonung. Die Dialoge, sowie Musik und Geräuscheffekte, wurden bereits während der *Pre-Production-Phase* im Einzelnen festgelegt. In der *Post-Production-Phase* erfolgt die Feinabstimmung mit den korrespondierenden Bildsequenzen, wobei bei der Gesichtsanimation besonders auf eine lippen-synchrone Abstimmung von Bild und Ton zu achten ist. Hierzu ist es oftmals notwendig, mit Hilfe sog. *Sound Morphing-Verfahren* die geforderte Synchronität zu erreichen.

Belichtung. Kinofilme werden vielfach im 35mm-Format aufgezeichnet. Bei dem hierzu häufig verwendeten digitalen Cineonformat ist eine Auflösung von 4.096×3.112 Bildpunkten mit einer Farbtiefe von 3×10 Bit erforderlich. Das Datenvolumen eines Bildes beträgt somit 48 MByte. Für die Belichtung des Films wird ein Laserbelichter eingesetzt, der die Filmebene zeilenweise beschreibt. Die Belichtung eines Bildes mit der o.g. Auflösung dauert nach [6] drei Sekunden. Für die Belichtung eines Kinofilms, der aus ungefähr 135.000 Einzelbildern besteht und der eine Spiellänge von anderthalb Stunden besitzt, sind demnach circa 113 Stunden (ca. 5 Tage) erforderlich.

1.3 Grundregeln der Animation

Die wichtigsten Grundregeln für die Gestaltung von Animationen, die auch noch heute aktuell sind, wurden in den zwanziger und dreißiger Jahren in den Disney Studios entwickelt. F. Thomas und O. Johnston stellten diese Gestaltungsregeln, die aus der Beobachtung der Natur entstanden sind, in ihrem Buch „Disney Animation: The Illusion of Life“ vor. Insgesamt wurden 11 Regeln festgelegt, die nachfolgend aufgeführt sind:

Squash and Stretch. Die *Squash and Stretch*-Regel besagt, dass ein elastischer Körper beim Aufprall auf einen anderen Gegenstand gestaucht und beim Abprallen wieder gestreckt wird. Dieser Effekt der Gestaltveränderung, der dazu dient, die Geschwindigkeit zu betonen, wird um so deutlicher, je elastischer der Körper ist. Wichtig ist jedoch, dass das Volumen des Objektes hierbei konstant bleibt.

Timing and Motion. Die Geschwindigkeit, mit der eine Handlung ausgeführt wird, hat sowohl eine emotionale als auch eine physische Bedeutung. So wird von der Art der Bewegung ein Eindruck vom Gewicht eines Körpers vermittelt. Das Aufheben einer schweren Bowlingkugel erfolgt beispielsweise viel langsamer als das Greifen nach einem leichten Tennisball. Der Animator muss darüber hinaus die Bewegung innerhalb eines angemessenen Zeitablaufs gestalten. Das für die Bewegung vorgesehene Zeitintervall, darf zum einen nicht so kurz sein, dass der Zuschauer den Bewegungsablauf nicht richtig wahrnehmen kann; zum anderen darf die Bewegung auch nicht zu stark ausgedehnt werden, weil sonst die Aufmerksamkeit verloren geht.

Anticipation. Eine Aktion kann in ihre Vorbereitungsphase, in ihre Ausführung sowie in eine Abschlussphase aufgeteilt werden. Unter *Anticipation* wird hierbei die Vorbereitung der eigentlichen Aktion verstanden. Ein Beispiel ist das Zurückziehen des Fußes bevor ein Ball getreten wird. Die *Anticipation* lässt den Zuschauer eine bestimmte Handlung erwarten und bereitet ihn vor, damit er schnelle Aktionen besser wahrnehmen kann. Mit der *Anticipation* kann beispielsweise auch die Schwere eines Gegenstandes betont werden. So geht ein virtueller Charakter zuerst in die Knie, bevor er ein schweres Paket anhebt, während er sich bei einem leichten Gegenstand lediglich bücken würde.

Staging. Unter *Staging* wird die unmissverständliche Darstellung einer Handlungsidee verstanden. Ein wichtiges Ziel des *Staging* ist es, die Aufmerksamkeit des Zuschauers in das Zentrum der Handlung zu lenken. Ein im Zentrum der Handlung befindlicher Charakter sollte sich daher vom Rest der Szene besonders gut abheben. Dies kann beispielsweise durch Bewegung geschehen, da in einer überwiegend statischen Szene sich die Aufmerksamkeit vorzugsweise auf ein bewegtes Objekt richtet. Ist hingegen alles in einer Szene bewegt, so wird ein ruhendes Objekt besonders gut wahrgenommen. Auch mit Farbe lässt sich die Aufmerksamkeit auf das Zentrum einer Handlung fokussieren. In einer überwiegend grauen Szene wird beispielsweise ein buntes Objekt besonders gut registriert.

Follow Through and Overlapping Action. *Follow through* ist der abschließende Teil einer Aktion. Ein Beispiel ist das Werfen eines Balls. Die Hand des Werfers bewegt sich auch dann noch weiter, nachdem der Ball sie bereits verlassen hat.

Overlapping bedeutet, dass die Nachfolgeaktion ausgelöst wird, bevor die Vorgängeraktion beendet ist. Hierdurch werden Lücken zwischen den einzelnen zusammenhängenden Aktionen vermieden und das Interesse der Zuschauer aufrecht erhalten.

Zum *Overlapping* traf Walt Disney die folgende Feststellung: „*It is not necessary for an animator to take a character to one point, complete that action completely, and then turn to the following action as if he had never given it a thought until after completing the first action. When a character knows, what he is going to do, he doesn't have to stop before each individual action and think to do it. He has it planned in advance in his mind*“.

Straight Ahead Action and Pose-to-Pose Action. *Straight Ahead Actions* in den von Hand gezeichneten Animationen sind Bildfolgen, die von einem Animationszeichner vom Anfang einer Szene bis zur ihrem Ende in einem Zug gezeichnet werden. Diese Technik wird verwendet, um beispielsweise spontan wirkende, wilde Raufszene zu erzeugen. Im Gegensatz hierzu steht *Pose-to-Pose Action*. Hierbei wird eine Bildfolge sehr sorgfältig mit *Keyframes*, den Start- und Endposen, sowie nach einem genauen Zeitablauf geplant.

Slow In and Out. Das *Slow In and Out*-Prinzip bedeutet, dass die bewegten Objekte abgebremst und beschleunigt werden müssen. Ein Bewegungsablauf erscheint plausibler, wenn die Geschwindigkeit eines Objektes etwas variiert. So ist es in der Trickfilmtechnik sinnvoll, die Geschwindigkeit eines Balles vor dem Auftreffen auf den Boden etwas abzubremsen und nach dem Abprallen zu beschleunigen. Die Abbrems- und Beschleunigungsvorgänge sind dabei möglichst kurz zu halten.

Arcs. Die *Arcs*-Regel besagt, dass die Bewegungsabläufe einer Aktion den natürlichen Bewegung entsprechen müssen. Die Bewegungen sollten daher nicht eckig, sondern rund und gleichmäßig verlaufen.

Exaggeration. *Exaggeration* erfüllt den Zweck der Überbetonung bestimmter Bewegungen, um die Aufmerksamkeit des Zuschauers für bestimmte Aktionen mit besonders hoher Bedeutung zu erwecken. Hiervon sollte jedoch sparsamer Gebrauch gemacht werden, da sonst sehr leicht der gesamte Bewegungsablauf zu unrealistisch erscheint.

Secondary Action. Eine *Secondary Action* ist das direkte Resultat einer zuvor erfolgten primären Aktion. Sie wird eingesetzt, um eine Animation natürlicher und lebendiger erscheinen zu lassen und entspricht der im Abschn. 1.2.2 erwähnten Sekundäranimation.

Appeal. *Appeal* bedeutet, dass Handlung und Charaktere dem Zuschauergeschmack entsprechen müssen. Die Charaktere sollten lebendig erscheinen und eine Persönlichkeit besitzen, die möglichst vergleichbar mit dem Charisma realer Schauspieler ist. Die Szenen dürfen weder zu simpel und langweilig, noch zu komplex und unverständlich sein. Spiegelsymmetrien sind in den Szenen möglichst zu vermeiden.



<http://www.springer.com/978-3-540-26114-8>

Methoden der Computeranimation

Jackèl, D.; Neunreither, S.; Wagner, F.

2006, XV, 374 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-26114-8