

Bist du im Bild(e)? Stereoskopie für zu Hause!



Abb. 1: Dreidimensional wirkende Fotos und Filme sind keine Erfindung aus Hollywood. Es sind auch nicht wie bei James Cameron's „Avatar – Aufbruch nach Pandora“ hunderte Millionen von Euro und ein gewaltiger technischer Aufwand nötig, um plastisch aussehende Bilder und Videos zu produzieren. Im Gegenteil: Du kannst das auch! Bild: NASA Goddard Space Flight Center

Einleitung

Warum kommen in Kinofilmen wie James Cameron's „Avatar – Aufbruch nach Pandora“ auf einmal Lebewesen, Pflanzen und Gegenstände scheinbar aus der Leinwand heraus? Wieso müssen wir dafür im Kino eine merkwürdige Brille aufsetzen?

Die sichtbare Welt der Menschen ist dreidimensional. Jede Person mit zwei gesunden Augen kann auf einen Blick erkennen, was nah und was fern ist. Aber Fotos, Kinofilme und das Fernsehprogramm waren bis vor einigen Jahren immer nur flach beziehungsweise zweidimensional – nicht wahr? Falsch! Schon seit über 100 Jahren gibt es Verfahren räumlich wirkende Bilder zu erstellen und bereits in den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts gab es den ersten 3D-Boom in den Kinos. Allerdings sind zum Erzeugen und Betrachten von dreidimensional wirkenden Filmen und Fotos damals wie heute besondere Techniken und Hilfsmittel nötig. Aber was James Cameron und andere Regisseure in Hollywood können, kannst du auch! In der folgenden Anleitung erfährst du, wie du ohne großen Aufwand selbst 3D-Fotos und 3D-Filme erzeugst.

Bezug zur Forschung

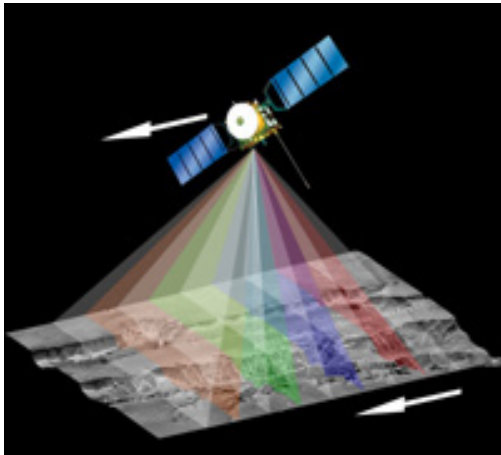


Abb. 2: Die HRSC-Kamera auf der Raumsonde Mars Express tastet die Mars-Oberfläche in einem Raster entlang der Flugrichtung Zeile für Zeile ab. Durch die verschiedenen Blickwinkel können Stereobilder erzeugt werden. Bild: DLR

Nicht nur in der Unterhaltungsindustrie, sondern auch in der Wissenschaft und Forschung ist die dritte Dimension von großer Bedeutung. Bei der Entwicklung der benötigten Technologien gehören DLR-Wissenschaftler aus Berlin zur Weltspitze. Sie haben beispielsweise die High Resolution Stereo Camera (HRSC) gebaut. Diese Hochleistungskamera sendet seit 2004 im Rahmen der europäischen Weltraum-Mission „Mars Express“ Aufnahmen unseres Nachbar-Planeten in zuvor unerreichter Qualität zur Erde. Damit konnte erstmals eine Planetenoberfläche systematisch in drei Dimensionen und in Farbe abgebildet werden. Anhand der Aufnahmen finden die Forscher z.B. heraus, ob und wo auf dem Mars Wasser geflossen ist oder welche Gegenden bei künftigen Mars-Missionen für die Landung geeignet sind.

Das Experiment

Die folgende Anleitung ist in drei Bereiche gegliedert. Im ersten Teil wird eine besondere Brille mit farbigen Gläsern gebastelt. Sie ermöglicht einen räumlichen Eindruck bei der Betrachtung von Bildern und Filmen, die nach einem bestimmten Verfahren hergestellt wurden. Die Brille ist also für alles, was danach passiert, das grundlegende Werkzeug.

Im zweiten Bereich geht es um 3D-Fotos. Dafür ist nur eine normale Digitalkamera nötig.

Im dritten Bereich wird beschrieben, wie man sogar 3D-Filme erstellen kann. Dazu werden dann zwei Kameras benötigt.

Wie das alles gelingen kann und das entsprechende Funktionsprinzip wird hier Schritt für Schritt genau erklärt.

Materialien und Hilfsmittel

Für das Basteln der Stereobrillen (Teil 1)

ein bedruckbarer Karton im Format DIN-A4 (reicht für drei Brillen)

die im Anhang befindliche Vorlage für 3D-Brillen

jeweils eine durchsichtige Folie in Rot und Cyan
(aus einem Geschäft für Schreibwaren oder Bastlerbedarf)

Computer mit Drucker

Schere

Klebestift

Für das Erstellen und Betrachten von 3D-Fotos (Teil 2)

selbstgebastelte 3D-Brille (siehe Teil 1)

digitaler Fotoapparat oder Handykamera

Computer (mit USB-Anschluss oder Steckplatz für Speicherkarten)

kostenlose Bildbearbeitungssoftware GIMP www.gimp.org

Maßband oder Zollstock (oder eine Person die gut Entfernungen schätzen kann)

Fotostativ (von Vorteil, muss aber nicht unbedingt sein)

Für das Erstellen und Betrachten von 3D-Videos (Teil 3)

selbstgebastelte 3D-Brille (siehe Teil 1)

zwei identische Kameras, die Videos aufzeichnen können (z.B. auch Handys, Webcams oder Fotoapparate mit Videofunktion)

ein Stativ mit einer selbstgebastelten Vorrichtung, die beide Kameras gleichzeitig tragen kann (von Vorteil, muss aber nicht unbedingt sein)

Computer mit Anschlussmöglichkeit für die Kameras

kostenlose Software Stereo Movie Maker <http://stereo.jpn.org/eng/stvmkr/> zum Erzeugen eines 3D-Videos und eventuell den Super Video Converter <http://super.softonic.de/> zum Ändern der Videodateiformate

Vorbereitung, Aufbau und Durchführung

Teil 1: Stereobrillen basteln

Für die Stereobrillen kannst du die Druckvorlage aus dem Anhang auf dem bedruckbaren Karton ausdrucken und die Streifen einschließlich der Löcher für die Augen mit einer Schere ausschneiden. Anschließend sind aus den beiden farbigen Folien die Brillengläser zu fertigen. Sie sollten etwas größer als die Löcher sein, aber nicht über den Brillenrand hinausragen.

Nach diesen Vorbereitungen wird die weiße Seite des Streifens mit dem Klebestift vollständig eingestrichen und eine Folie über das eine Loch und die andersfarbige Folie über das andere Loch gelegt. Dann brauchst du den Streifen nur noch mit der klebrigen Seite zusammenklappen. Nach dem Trocknen der Klebers kannst du mit der Brille z.B. auf Flickr oder YouTube erste 3D-Bilder und 3D-Videos betrachten. Dafür ist es sinnvoll, mit dem linken Auge durch die rote und dem rechten Auge durch die cyanfarbige Folie zu sehen. Warum? Das erfährst du im zweiten Teil.

Teil 2: Erstellen eines 3D-Fotos

Step 1: Vorbereitung und Aufbau

Als erstes stellt sich die Frage, ob sich auf deinem Computer das Bildbearbeitungsprogramm GIMP befindet. Du kannst zwar im Prinzip jedes Programm verwenden, das eine Veränderung einzelner Farben in den Bildern ermöglicht, allerdings ist die folgende Beschreibung der Bedienung von GIMP angepasst. Falls es nicht vorhanden ist, solltest du es kostenlos unter dem in der Zubehörliste aufgeführten Link herunterladen und auf dem Computer installieren.

Anschließend wird es höchste Zeit, sich ein lustiges 3D-Foto-Motiv zu überlegen. Besonders gut eignen sich Gegenstände oder Menschen mit viel Tiefe. Du kannst zum Beispiel mehrere Objekte oder Personen in unterschiedlichen Entfernungen zur Kamera positionieren – etwa eure ganze Klasse in einer leicht versetzten Reihe hintereinander aufgestellt. Vielleicht spielt ja auch der Lehrer mit der längsten Nase mit – das wäre dann ein ganz ungewöhnliches 3D-Porträt-foto. Denkt euch einfach selbst ein paar lustige Motive aus! Nur Haustiere oder „Zappelphilippe“, die sich zwischen zwei Aufnahmen bewegen, sind ungeeignet.

Nachdem du dir das Motiv überlegt hast und alles positioniert ist, kann es endlich mit dem Fotoshooting losgehen. Na ja, fast – eine klitzekleine Kleinigkeit fehlt noch: Kopfrechnen! Aber keine Panik, du bestimmst einfach mit dem Maßband oder dem Zollstock grob die Entfernung

zwischen dem Motiv und der Kamera und teilst den Wert durch Dreißig (z.B. ergibt sich bei einem Abstand von 150 Zentimetern als Lösung 5 Zentimeter). Das Ergebnis deiner Berechnung solltest du dir merken: Du brauchst es gleich.

Step 2: Durchführung

Nun kommt endlich der große Moment, in dem du das Motiv ein erstes Mal fotografierst. Anschließend verschiebst du die Kamera nach rechts oder nach links, und zwar um den eben berechneten Wert. Wichtig dabei ist, dass sich die Blickrichtung der Kamera nicht verändert (siehe Abb. 3). Die Zoom- und Schärfereinstellung müssen ebenfalls beibehalten werden. Wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, machst du ein zweites Foto von deinem Motiv.

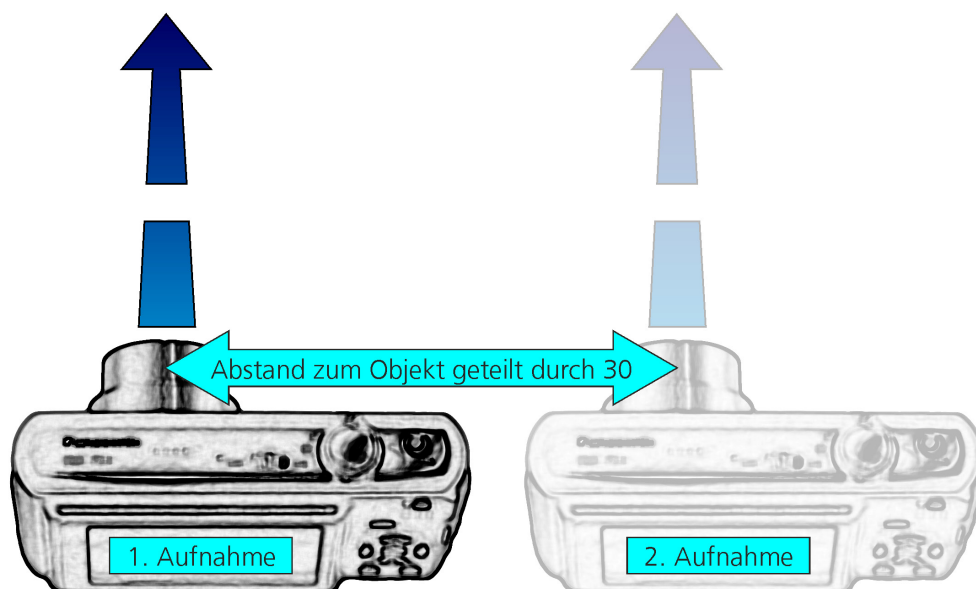


Abb. 3: Zwischen der ersten und der zweiten Aufnahme wird die Kamera um den zuvor berechneten Wert verschoben ohne die Blickrichtung zu ändern. Bild: DLR

Einzel betrachtet sehen beide Bilder wie gewöhnliche Fotos aus. Jetzt erfährst du, wie sich daraus ein räumlich wirkendes Foto erstellen lässt. Dazu noch ein Tipp: Zwischen den nächsten Bearbeitungsschritten solltest du die Bilder immer wieder unter einem neuen Namen auf der Festplatte speichern, damit du – falls etwas schief geht – nicht wieder von vorne anfangen musst.

Zunächst sind die Bilddateien auf den Computer zu übertragen und in GIMP zu öffnen. Dann stellt sich als erstes die Frage, welches Bild das linke und welches das rechte ist. Die Antwort ist leicht zu finden: Wenn beide Bilder richtig aufgenommen wurden, ist auf dem linken Foto links und auf dem rechten Bild rechts etwas mehr zu erkennen – denn die Bildausschnitte sind nicht ganz identisch.

Beginnen wir mit der linken Aufnahme. Damit sie im räumlich wirkenden Bild nur für das linke und nicht für das rechte Auge sichtbar ist, muss sie entsprechend dem linken Brillenglas gefärbt sein. Hier wird z.B. von den Herstellern von Rot/Cyan-Brillen immer die Farbe Rot gewählt. Die Frage ist also: Wie wird das linke Bild rot?

In der digitalen Welt setzen sich alle Farben aus den Grundfarben Rot, Grün und Blau zusammen. Wenn die blauen und grünen Farbbereiche aus dem Foto verschwinden, bleibt nur noch der rote Bereich übrig. Folglich gilt es im Bildbearbeitungsprogramm den Blau- und den Grünanteil zu löschen. Dazu wählst du in GIMP die linke Aufnahme aus und öffnest über das Menü Farben das Fenster Kurven (siehe Abb. 4). Dort lassen sich die Farbkanäle einzeln auswählen und verändern.

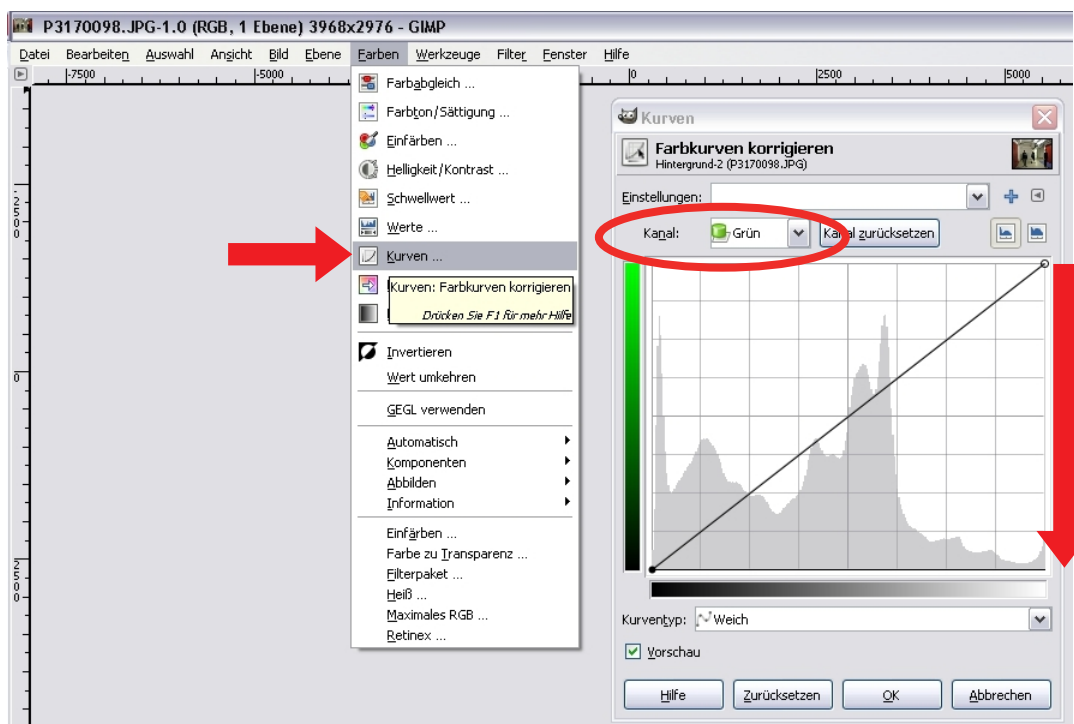


Abb. 4: Die Veränderung der einzelnen Farbanteile erfolgt in GIMP über das Fenster Kurven im Menü Farben. Bild: Screenshot von GIMP

Für das linke Bild ist zunächst der grüne Kanal auszuwählen und in dem sogenannten Histogramm das rechte Ende der diagonalen Linie von oben in die unterste rechte Ecke zu ziehen (siehe Abb. 4). Anschließend machst du das Gleiche mit dem blauen Kanal und bestätigst die Änderungen durch den OK-Button. Jetzt dürfte das linke Foto nur noch rot gefärbt sein.

Die Aufnahme für das rechte Auge soll dem Brillenglas entsprechend cyanfarbig werden. Diese Farbe setzt sich aus Blau und Grün zusammen. Folglich muss nur der rote Anteil verschwinden. Dafür ist das rechte Foto auszuwählen und dort wieder das Fenster Kurven zu öffnen. Jetzt wird nur beim roten Kanal das rechte Ende der Linie von oben nach unten gezogen und wieder durch OK bestätigt. Diese Bild müsste nun cyanfarbig aussehen.

Nach diesen Vorarbeiten bist du an dem Punkt angekommen, an dem aus den einzelnen Fotos ein gemeinsames Bild wird. Als erstes solltest du die Aufnahmen so auf dem Bildschirm platzieren, dass beide gleichzeitig sichtbar sind (z.B. indem du mit der rechten Maustaste auf die Taskleiste klickst und Nebeneinander auswählst). Damit die eine Aufnahme hinterher nicht die andere verdeckt, wählst du im Fenster „Ebenen“ als Modus Addition (sollte das Fenster nicht geöffnet sein, drücke gleichzeitig Strg und L). Anschließend klickst du im Ebenenfenster das eine Foto im Kleinformat an und ziehst es einfach auf die andersfarbige große Aufnahme (siehe Abb. 5).

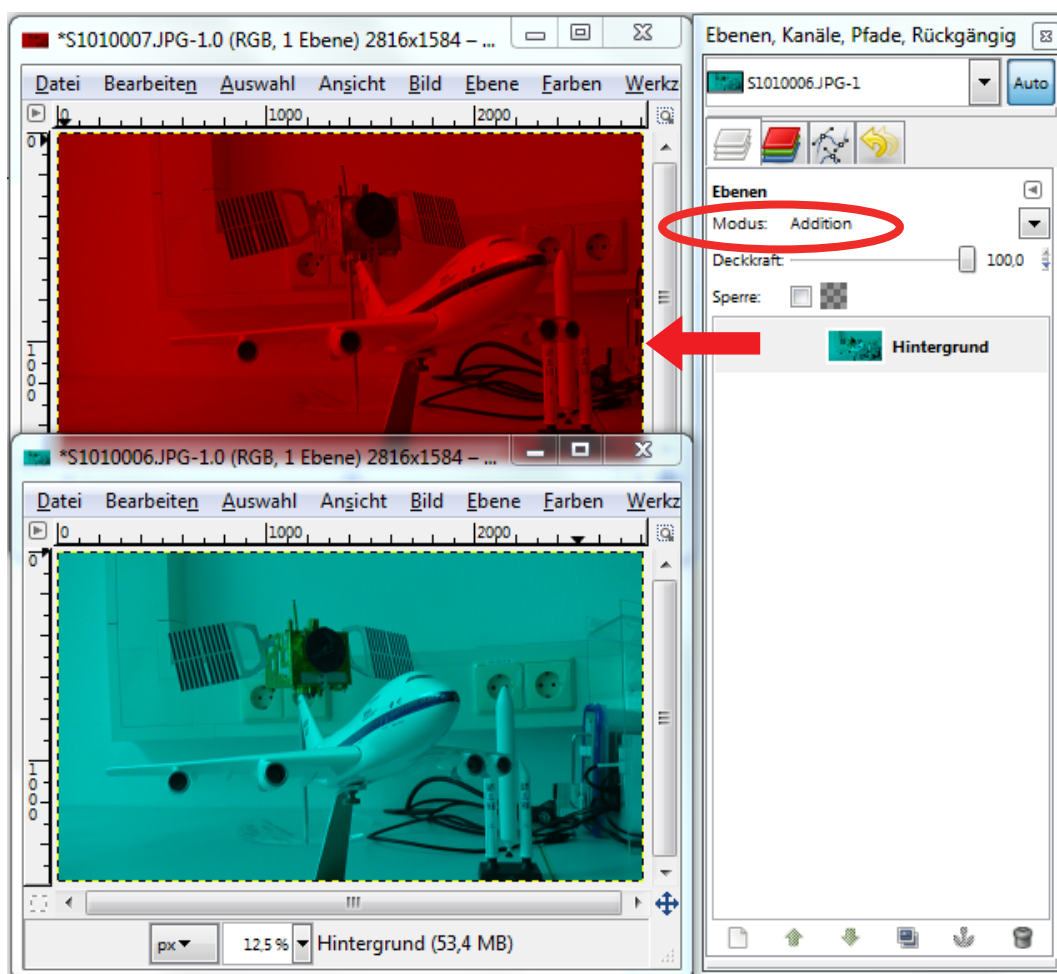


Abb. 5: Im Additionsmodus wird das eine Bild als Ebene über das andere Bild gelegt.

Um den 3D-Effekt zu erzeugen oder zu verbessern, kannst du mit Hilfe der kreuzförmig angeordneten Pfeile aus dem Werkzeugkasten (oder gleichzeitig Alt Gr und M drücken) die Bilder zueinander verschieben. Sie sollten so positioniert sein, dass so wenig wie möglich rote und cyanfarbige „Schatten“ um dein(e) Motiv(e) zu sehen sind. Jetzt müsstest du den 3D-Effekt mit der selbstgebastelten 3D-Brille sehen und kannst, falls nötig, noch leichte Verschiebungen durchführen.

Die aufgrund der unterschiedlichen Position der Einzelbilder entstehenden einfarbigen Bildränder sind mit dem skalpellförmigen Zuschneidewerkzeug aus dem Werkzeugkasten (oder gleichzeitig Umschalttaste und C drücken) zu entfernen. Dafür musst du mit dem Skalpell den Bereich einrahmen, den du behalten willst, und anschließend mit einem Doppelklick in die ausgewählte Fläche das Zuschneiden bestätigen. Nun kannst du das Bild auf einem Farbdrucker ausdrucken und deinen Freunden und Verwandten zeigen. Sie sind bestimmt begeistert!

Teil 3: Erstellen eines 3D-Films

Step 1: Vorbereitung und Aufbau

3D-Fotos erstellen – das ist relativ einfach. Ein 3D-Film ist dagegen schon ein richtiges kleines Projekt! Dafür brauchst du Zeit und einige weitere Hardware und auch Software (siehe Zubehörliste).

Wie schon beim 3D-Foto solltest du dir zuerst überlegen, was du filmen willst. Am besten beginnst du erst einmal mit einer einzigen Szene. Für den Anfang reicht es beispielsweise, deine Freundinnen beim Dribbeln mit dem Fußball oder deinen Freund beim Tanzen aufzunehmen – oder umgekehrt.

Für den späteren 3D-Effekt ist wie bei den Fotoaufnahmen der Abstand zwischen den beiden Videokameras wichtig. Aber diesmal solltest du ihn mit einem Taschenrechner und der folgenden Formel genauer berechnen.

$$S = \frac{1,2mm * (L_{\max} * L_{\min})}{f * C} / (L_{\max} - L_{\min})$$

Sensortyp	Crop Faktor C
1/8 Zoll	21,7
1/6 Zoll	14,1
1/4 Zoll	10,8
1/3,6 Zoll	8,7
1/3 Zoll	7,2
1/2,7 Zoll	6,4
1/2,5 Zoll	6
1/2,3 Zoll	5,6
1/2 Zoll	5,4
1/1,8 Zoll	4,8
1/1,7 Zoll	4,6
1/1,6 Zoll	4,3
2/3 Zoll	4
16 mm	3
1 Zoll	2,7
4/3 Zoll	2
1,8 Zoll	1,5 bis 1,6
35 mm	1

S ist der Abstand zwischen den Videokameras, den du errechnen willst. Dafür brauchst du die Brennweite der Kameraobjektive. Dieser Wert ist meistens vorne auf den Objektiven oder in der Bedienungsanleitung in einer Spanne von x bis y in Millimetern (mm) angegeben. Für die Berechnung benötigst du nur die kleinere der beiden Zahlen. Den sogenannten Crop-Faktor C kannst du der nebenstehenden Tabelle entnehmen (Quelle: http://en.wikipedia.org/wiki/Image_sensor_format). Er ist abhängig vom Sensortyp deiner Kamera, den du in der Bedienungsanleitung oder im Internet findest.

Letztlich fehlt noch wie bei den Fotos der Abstand zwischen der Position der Kameras und dem Motiv. Allerdings macht es ja irgendwie keinen Sinn ein Stillleben zu filmen. Stattdessen sollte sich bei einem Video das Motiv bewegen und beispielsweise auf die Kamera

zukommen. Daher wird mit L_{\min} und L_{\max} der minimale und der maximale Abstand zu den Kameras in der Formel berücksichtigt, wobei L_{\max} das entfernteste Objekt sein sollte, was durch die Kameras zu sehen ist. Diese Werte kannst du nachmessen oder möglichst genau abschätzen. Anschließend brauchst du alle Werte „nur noch“ in die Formel einsetzen und das Ergebnis ausrechnen (notfalls hilft dir bestimmt jemand).

Die nächste Herausforderung ist der Aufbau der Kameras. Sie müssen mit dem berechneten Abstand zueinander so parallel wie möglich ausgerichtet sein. Jetzt sind deine Kreativität und etwas Geschick gefragt. Nur den Super-Kraft-Sekundenkleber solltest du schön in der Schublade lassen – es sei denn du willst z.B. dein Handy zukünftig immer mit dem Regalboden rumtragen ;-)

Eventuell reicht es, wenn du die Geräte auf einen Tisch oder ein Regal stellst und zwischen schweren Gegenständen einklemmst, so dass sie auch bei der Bedienung nicht verrutschen. Eine andere Möglichkeit ist der Bau einer passgenauen Vorrichtung beispielsweise aus LEGO-Steinen. Es muss ja nicht gleich ein weltraumtaugliches Fahrzeug zur Erkundung fremder Planeten sein, wie es in der Abbildung 6 zu sehen ist. Unschlagbar wäre allerdings eine Vorrichtung, an der beide Kameras mit veränderbaren Abständen befestigt werden könnten. Aufgrund der vielen unterschiedlichen Geräteformen gibt es hier leider keine allgemeine Bauanleitung, aber dir fällt bestimmt eine für deine Kameras passende Konstruktion z.B. mit LEGO-TECHNIC oder sogar LEGO-MINDSTORM ein.

Nachdem du eine Befestigungsmöglichkeit gefunden hast, sind die Kameras und deine beweglichen Motive entsprechend der obigen Berechnung zu positionieren. Bevor es nun endlich mit dem Dreh losgehen kann, solltest du die verwendeten Einstellungen der Kameras überprüfen: Die Auflösung, die Bildwiederholrate, die Blende, die Belichtungszeit und andere Parameter wie die Schärfe müssen bei beiden Kameras gleich sein.

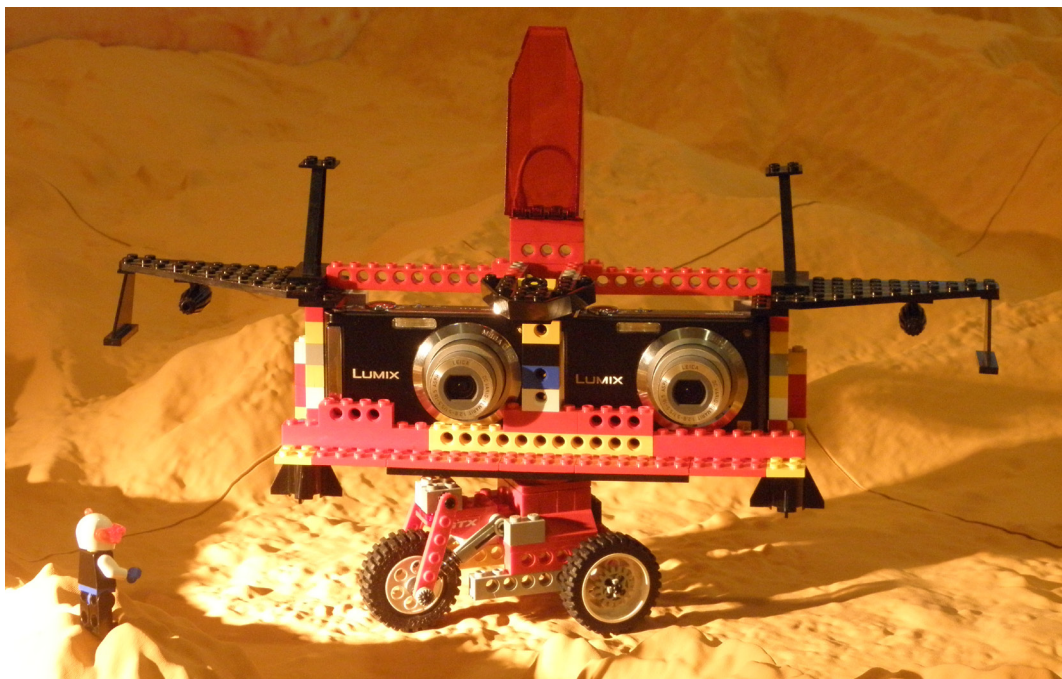


Abb. 6: Dieser Mars-Rover erwies sich in den Belastungstests doch nicht als weltraumtauglich, aber er sieht gut aus und vor allem hält er die Kameras in Position.

Step 2: Durchführung

Jetzt heißt es: Ruhe am Set, Ton läuft, Kameras ab ... und Action! Beide Aufnahmegeräte sollten möglichst gleichzeitig gestartet werden. Falls dennoch eine nachträgliche zeitliche Synchronisation der beiden Videos notwendig wird, ist es sinnvoll zu Beginn der Aufnahmen eine markante Bewegung aufzuzeichnen. Beispielsweise könnte dein tanzender Freund seine Hände wie eine Filmklappe zusammenschlagen oder eine Wanduhr mit Sekundenzeiger ins Bild halten. Nach den Aufnahmen sind beide Filme auf den Computer zu überspielen. Merke dir dabei, welches Video das linke und welches das rechte ist!

Für das weitere Vorgehen ist zunächst entscheidend, in welchem Format die Filme vorliegen, da das Programm zum Erzeugen des 3D-Videos nur mpg-Dateien beziehungsweise als mpg gespeicherte avi-Dateien lesen kann. In allen anderen Fällen musst du die Videos vorher mit dem Super Video Converter umwandeln (siehe Zubehörliste). Dafür wählst du nach dem Öffnen des Konvertierungsprogramms die in der Abbildung 7 aufgeführten Werte. Anschließend werden beide Videos durch Drag'n'Drop (ziehen und fallenlassen) in das unterste große Rechteck gelegt und der Umwandlungsprozess durch die Schaltfläche Encode (Active Files) gestartet. Danach müsstest du am Speicherort der ursprünglichen Videos auch die beiden umgewandelten mpg-Dateien finden.

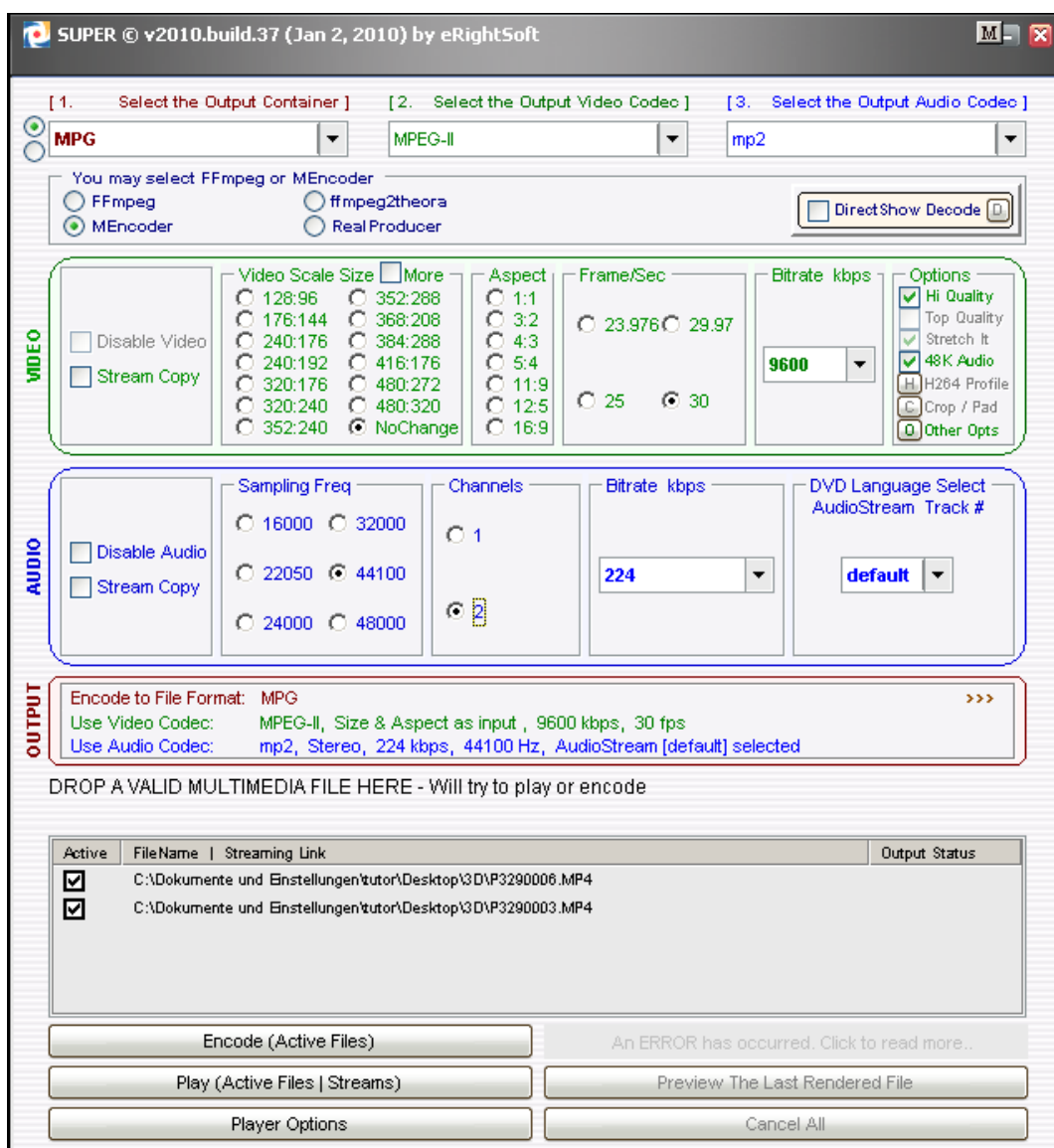


Abb. 7: Die umzuwandelnden Filme werden durch Drag'n'Drop in das untere Rechteck gelegt und die übrigen Werte wie in der Abbildung eingegeben. Bild: Screenshot vom Super Video Converter

Nach dieser letzten kleinen Hürde bist du jetzt an dem Punkt angekommen, an dem aus deinen einzelnen Filmen ein 3D-Video entsteht. Dafür benötigst du den Stereo Movie Maker (siehe Zubehörliste). Nach der Installation und dem Start des Programms wählst du im Menü File die Funktion Open Left/Right Movies. Jetzt kannst du nacheinander die mpg-Dateien vom linken und rechten Video in das Programm laden. Anschließend klickst du im Menü Stereo auf color anaglyph und aktivierst dort als Verfahren color (red/cyan). Hierbei handelt es sich um das bereits in Teil 2 dieser Anleitung beschriebene Verfahren zur Erstellung von 3D-Fotos, nur dass in diesem Fall das Programm die notwendigen Farbänderungen in den einzelnen Filmen automatisch durchführt. Für einen ersten Eindruck solltest du jetzt die selbstgebastelte Brille aufsetzen und die F2-Taste drücken – viel Spaß dabei!

○ Allerdings bist du wahrscheinlich noch nicht fertig. Im nächsten Schritt geht es um die zeitliche Synchronisierung der Aufnahmen. Wenn die Kameras nicht absolut gleichzeitig gestartet wurden, läuft ein Video immer dem anderen hinterher. Um das zu ändern, solltest du mit der Leertaste (vorwärts) und der Backspace-Taste (rückwärts) zur markanten Bewegung am Anfang der Aufnahmen wandern. Damit die Bewegungen in beiden Videos synchron werden, kannst du jetzt mit den Tasten Bild↑ und Bild↓ das rechte beziehungsweise mit Strg-Bild↑ und Strg-Bild↓ das linke Video zeitlich dem jeweils anderen Video anpassen.

Nach der zeitlichen Synchronisation kann es zur Verbesserung des 3D-Effekts sinnvoll sein, die Position der ursprünglichen Videos zueinander zu verschieben. Sie sollten mit Hilfe der Pfeiltasten auf der Tastatur so positioniert werden, dass im zusammengesetzten Video im unteren Fenster möglichst nur ganz dünne farbige „Schatten“ um dein(e) Motiv(e) zu sehen sind. Zur Überprüfung der 3D-Wirkung ist es natürlich sinnvoll wieder die selbstgebastelte Brille aufzusetzen.

○ Wenn jetzt alles perfekt ist, kannst du das fertige 3D-Video mit dem Befehl „Save Stereo Movie“ im Datei-Menü im AVI-Format abspeichern. Als Codec solltest du ein gängiges Verfahren wie MPEG-2, MPEG-4 oder H.264 auswählen, damit du dein Werk auch Freunden, Verwandten oder einem Millionenpublikum z.B. auf YouTube zeigen kannst (Hinweis für YouTube: Beim Export das Side-by-side-Verfahren wählen und beim Upload den Tag „yt3d:enable=true“ eintragen). Wollen wir doch mal sehen, ob dein Film nicht eines Tages mehr Zuschauer hat, als „Avatar – Aufbruch nach Pandora“. Jedenfalls bist du schon voll cool in die gigantischen Fußstapfen von James Cameron getreten – Gratulation!

HINWEIS

Die hier beschriebenen Mitmach-Experimente wurden sorgfältig ausgearbeitet. Sie können jedoch auch bei ordnungsgemäßer Durchführung und Handhabung mit Gefahren verbunden sein. Die hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente sind ausschließlich für den Einsatz im Schulunterricht vorgesehen. Ihre Durchführung sollte in jedem Fall durch eine Lehrkraft betreut werden. Die Richtlinien zur Sicherheit im Schulunterricht sind dabei einzuhalten.

Das DLR kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Durchführbarkeit der hier beschriebenen Experimente geben. Das DLR übernimmt keine Haftung für Schäden, die bei Durchführung der hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente entstehen.



Informationen für Lehrer

Fächer

Physik, Kunst, Foto-/Video-AG

Alter/Schwierigkeitsgrad

Ab 11 bis 13 Jahre

Dauer des Experiments

- Teil 1 / Brille Basteln: Etwa 10 Minuten
- Teil 2 / Foto erstellen: Abhängig vom Aufwand, Minimum 30 Minuten
- Teil 3 / Video erstellen:
 - Konstruktion einer Kamerahalterung: Minimum mehrere Stunden
 - Planung, Durchführung und Bearbeitung der Aufnahmen: Minimum 45 Minuten

Lernziele

Verstehen und Anwenden eines Verfahrens zur Erzeugung von 3D-Fotos und 3D-Videos

