

Raumbilder mit Wassertropfen

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	2
2. "Schweben" von Wassertropfen	3
2.1. Theorie	3
2.2. Erster Prototyp	3
3. Idee: Freischwebende 3D-Bilder	4
3.1. Unsere Weiterentwicklung der ursprünglichen Idee	4
3.2. Andere Methoden zur Erzeugung freischwebender 3D-Bilder	4
4. Lösungsansätze	5
4.1. Erster Ansatz	5
4.1.1. Beschreibung	5
4.1.2. Zweiter Prototyp	5
4.2. Zweiter Ansatz	6
4.2.1. Beschreibung	6
4.2.2. Dritter Prototyp	6
4.3. Dritter Ansatz	7
4.3.1. Beschreibung	7
4.3.2. Vierter Prototyp	8
5. Schlusswort	9

1. Vorwort

Zu den im Folgenden erklärten Prototypen ist folgendes zu sagen:

Den ersten Prototyp haben wir vollständig selbst entwickelt, nach einer Idee, die wir im Internet entdeckt haben. Die originale Webseite ist leider nicht mehr erreichbar, weshalb sie hier nicht genannt ist.

Die Idee und die Planung sowie die Software für den zweiten und den dritten Prototypen ist von uns, die elektrische und mechanische Umsetzung hingegen wurde von Dipl.-Ing. Hartmut Schott entsprechend unserer Vorstellungen übernommen. Idee, Planung, Elektronik und Software des vierten Prototypen ist von uns, mechanisch umgesetzt wurden die benötigten Kunststoffkomponenten von der Maschinenfabrik NIEHOFF GmbH & Co. KG, die uns freundlicherweise unterstützt hat. Die Röhrenschialtung hat unser Mitschüler Roman Sommer entwickelt.

2. "Schweben" von Wassertropfen

2.1. Theorie

Mit einem Fluoreszenzmittel versehenes Wasser tropft in sehr kurzem Intervall aus einer Höhe von einigen Zentimetern und wird mit einer Wasserpumpe wieder nach oben gepumpt. UV-LEDs können die gesamte Strecke beleuchten, wodurch ein Tropfen an der momentanen Position als grüner Punkt erscheint.

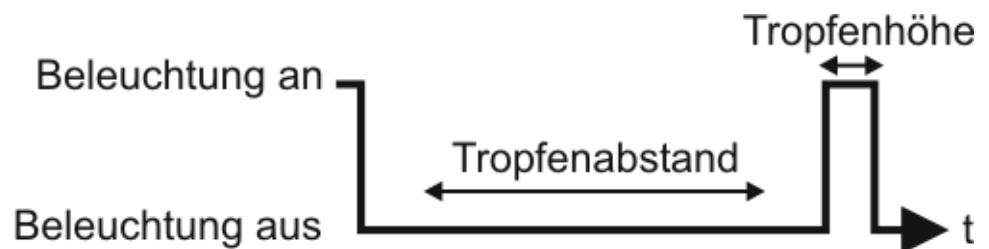
Die UV-LEDs leuchten in einem Intervall, das dem zeitlichen Tropfenabstand entspricht. Dadurch sind die Tropfen immer an der gleichen Position sichtbar und wirken, als

würden sie in der Luft auf der Stelle stehen

(Stroboskop).

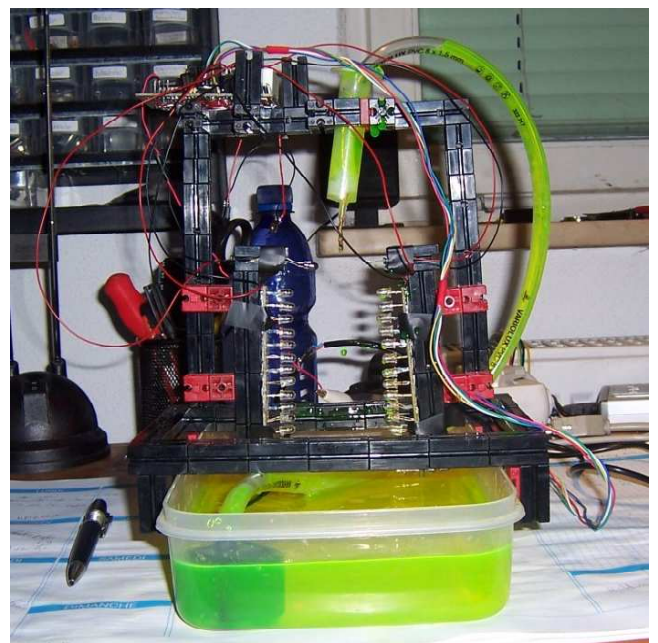
Die Tropfen lassen sich nicht nur so darstellen, als

würden sie still an einer Stelle stehen, sondern auch beliebig animieren. So können sie sich z. B. entgegen der normalen Fallrichtung bewegen, indem das Blinkintervall geringfügig kleiner als der zeitliche Tropfenabstand gewählt wird.



2.2. Erster Prototyp

Der erste Prototyp wurde Mitte November 2006 fertiggestellt. Er bestand aus UV-LEDs, die die gesamte Fallstrecke eines Wassertropfens beleuchten konnten. Die Tropfen kamen aus einer Spritze mit fein verdrilltem Draht im Ausgang heraus. Je nachdem, wie der Draht gedreht war, unterschied sich die Tropffrequenz. Mit einer Lichtschranke haben wir die Beleuchtung synchronisiert und die Tropfenhöhe bestimmt. Bereits in dieser Umsetzung



kristallisierte sich die Tropfenerzeugung als Hauptproblem heraus. Das Bild war, abhängig davon, wie hoch die Frequenz war, sehr gut. Bei niedriger Frequenz steigt natürlich das Flimmern. Das Beobachten der sich entgegen der gewohnten Fallrichtung bewegenden Wassertropfen und das Verformen der Tropfen indem z. B. eine Pinzette in das Bild gehalten wird gibt einen äußerst ansprechenden optischen Effekt.

3. Idee: Freischwebende 3D-Bilder

3.1. Unsere Weiterentwicklung der ursprünglichen Idee

Baut man diese Anordnung 25 mal in einer 5x5-Matrix auf, kann man nicht nur einzelne Tropfen, sondern ganze 3D-Bilder in der Luft darstellen. (Jeweils 5 Punkte auf der x- und z-Achse, stufenlos auf der y-Achse.) So kann man mehrere Wassertropfen gleichzeitig auf verschiedenen Raumachsen "einfrieren".

3.2. Andere Methoden zur Erzeugung freischwebender 3D-Bilder

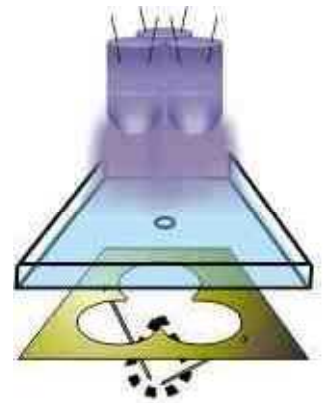
Dreidimensionale Bilder lassen sich prinzipiell mit Hilfe stereoskopischer Displays darstellen, die echte Tiefenwahrnehmung ermöglichen. Lösungen für stereoskopische Displays sind u. a. Head-Mounted Displays, Polarisationfilter oder Anaglyphenbrillen. Ein autostereoskopisches Display als Spezialisierung davon kann dies, ohne dass man weitere Hilfsmittel (Brillen etc.) tragen muss. Ermöglicht wird dies beispielsweise durch Head-Tracking. Desweiteren existieren Lösungsansätze für holografische 3D-Displays, welche das Lichtfeld der ursprünglichen Szene reproduzieren können. Allerdings scheitert dieses System an den enormen Rechenkapazitäten, die für das digitale Generieren von Interferenzmustern benötigt werden. Bei einem Volumendisplay werden physikalische Mechanismen genutzt, um Lichtpunkte im Raum schwebend darzustellen, z. B. über leuchtende Punkte in Gas, Nebel oder mit Hilfe entsprechend angeordneter LED-Matrizen.

4. Lösungsansätze

4.1. Erster Ansatz

4.1.1. Beschreibung

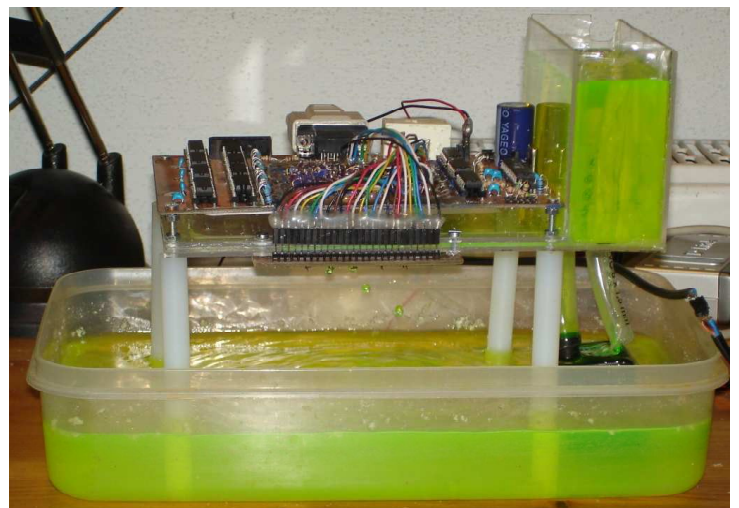
Zur Tropfenerzeugung verwendeten wir im ersten Versuch ausschließlich ein Wasserbecken mit 25 Löchern in einer 5x5-Matrix. Direkt auf der Hauptplatine war ein von innen mit Lack isoliertes Wasserbecken. Im geerdeten Wasserbecken waren 75 Bohrungen für Dreiergruppen aus 5mm-LEDs, zwischen denen jeweils eine Stecknadel durchgesteckt war, an der das Wasser abtropfen sollte. Die Stecknadeln waren mit einem Kabel an AD-Wandler angeschlossen, per Galvanisierungsverfahren vergoldet, um Korrosion zu vermeiden, und bis auf den letzten Millimeter isoliert. Die Potentialdifferenz zwischen Wasserbecken und denen als Elektrode dienenden Stecknadeln sollte sich in dem Moment rapide vergrößern, in dem ein Tropfen herunterfällt. Jeweils drei LEDs sollten von oben die 25 Wassertropfen beleuchten, eine Lochblende sollte den Abstrahlwinkel der LEDs einengen.



4.1.2. Zweiter Prototyp

Auf der Platine saßen abgesehen vom Wasserspeicher und den LEDs ein Atmel-Mikrocontroller, diverse AD-Wandler und Treiber für die Leuchtdioden.

Da es mehrmals Probleme mit undichten Becken gab, verlagerten wir das Wasserbecken später in ein flaches Plastikgefäß unmittelbar unter der Platine, durch das die LEDs hindurchleuchten sollten (siehe Bild). Die 25 Stecknadeln wurden später durch jeweils zwei schräg aufeinanderzulaufende Stecknadeln ersetzt, so dass ein Kontakt kurzgeschlossen wird, wenn ein Wassertropfen beide Nadeln



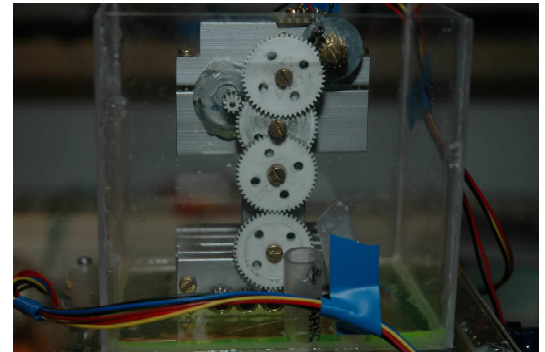
berührt. Dadurch wurde die Messqualität verbessert.

Dieser Prototyp scheiterte an sich nicht ausreichend regelmäßig bildenden Wassertropfen.

4.2. Zweiter Ansatz

4.2.1. Beschreibung

Im zweiten Ansatz haben wir versucht, die Wassertropfen in einem kontrollierten Intervall zu erzeugen, in dem wir sie aus einem drehbaren Rohr mit Loch "herausschleudern". Das Rohr ist in einem Metallrahmen so montiert, dass ausschließlich dann Wasser heraustropfen kann, wenn das Rohr nach unten ausgerichtet ist.



4.2.2. Dritter Prototyp

In ein Wasserbecken mit 25 Löchern wird mit Fluoresceindinatriumsalz versehenes Wasser gepumpt, das unter Beleuchtung mit UV-Licht grün fluoresziert. Aus fünf drehbaren, mit Wasser gefluteten Messingrohren mit jeweils fünf Löchern in einer Reihe fallen Tropfen, sofern die Löcher nach unten ausgerichtet sind. Die Messingrohre werden von einem Motor gedreht. Da die Löcher in den Rohren um jeweils 72° versetzt gebohrt sind entstehen so zeitversetzt jeweils fünf fallende Tropfen gleichzeitig. Die Tropfen müssen versetzt fallen, da sie sonst nicht einzeln beleuchtet werden könnten. Zur Synchronisation der LEDs wird die Position des Motors mit einer Lichtschranke überwacht. 50 ultraviolette LEDs, 25 links und 25 rechts, können die fallenden Tropfen beleuchten. Die LEDs sind über 50 Transistoren und acht Schieberegister mit einem ATMEGA168-Mikroprozessor verbunden.



4.3. Dritter Ansatz

4.3.1. Beschreibung

Im dritten Ansatz verwenden wir fünf Laserpointer, um exakter beleuchten zu können. (D. h. im Wasser muss kein Fluoreszenzmittel enthalten sein.) Die Laserstrahlen werden mit einem Polygonscanner sehr schnell über die Gesamthöhe des Darstellungsbereichs bewegt. Die Position des Polygonscanners wird überwacht und mit der Lasermodulation synchronisiert. Der Bildraum besteht aus 5 Pixeln auf der x- sowie z-Achse, die y-Achse unterliegt keinem Raster.

Ein großes Problem liegt in der gleichmäßigen Erzeugung von Wassertropfen, die zudem in einer hohen Frequenz entstehen müssen (10 bis 20 Hertz), um Animationen flimmerfrei darstellen zu können.

Leider ist das Entstehen eines Wassertropfens beispielsweise an einem Wasserhahn vielen schlecht kontrollierbaren Einflüssen unterworfen, sodass die Tropfen sehr unregelmäßig entstehen.

Um dem zu entgehen versuchen wir bewusst mit Hilfe elektrostatischer Felder Tropfen entstehen zu lassen.

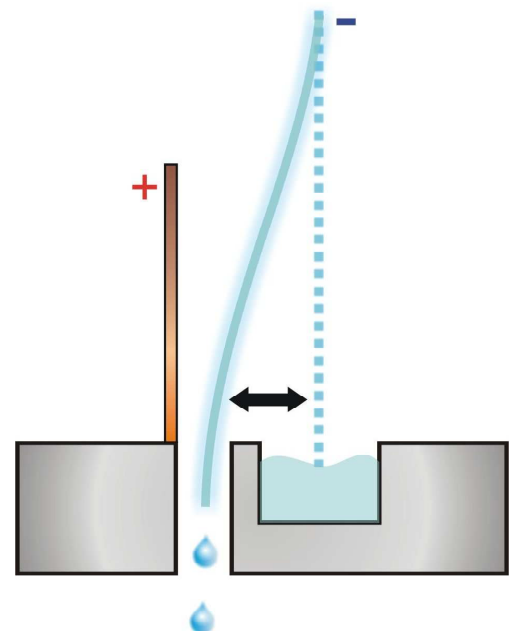
Dafür wird ein dünner, konstanter Wasserstrahl, der sich selbst nicht zu Tropfen abschnüren würde, zunächst in eine Abflussrinne geleitet.

Neben des Strahls ist eine Metallplatte angebracht.

Legt man an diese nun Hochspannung in der Größenordnung einiger tausend Volt an, so wird der Wasserstrahl aufgrund der Dipoleigenschaften der Wassermoleküle in Richtung der Metallplatte abgelenkt.

Diese Ablenkung kann nun so gewählt werden, dass

der Strahl nicht mehr in eine Abflussrinne, sondern durch ein Loch in den Bildraum des Displays geleitet wird. Die Stärke der Ablenkung ist abhängig von der Höhe der

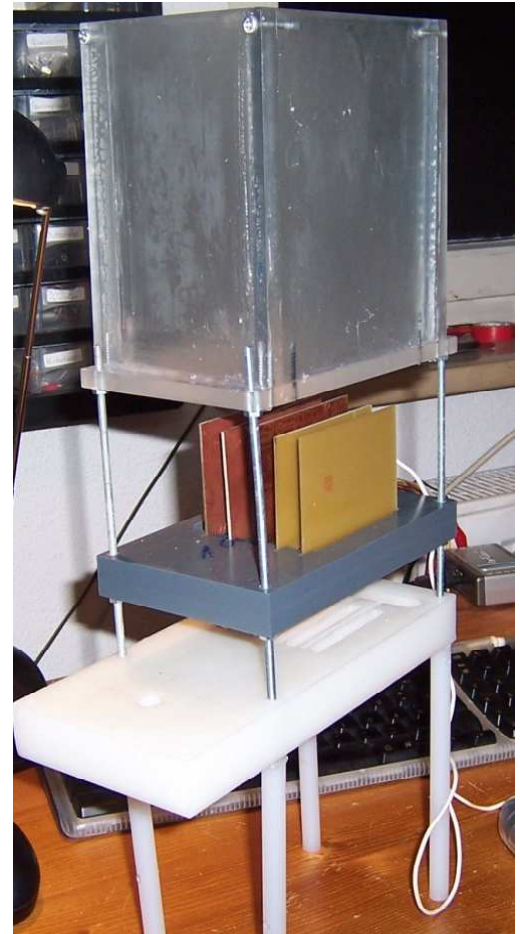


Metallplatte sowie der Spannung.

Wird die Hochspannungsquelle nun entsprechend gepulst, lassen sich gezielt einzelne Tropfen erzeugen.

4.3.2. Vierter Prototyp

Der Aufbau besteht aus einem Wasserspeicher, einer Ablenkeinheit, einem "Filter" und einem Auffangbecken. Der Wasserspeicher hat 25 kleine Löcher, aus denen Wasserstrahlen herauskommen. Die Ablenkeinheit ist eine Halterung für fünf Platinen, die die Bahn der Wasserstrahlen durch elektrostatische Felder beeinflussen können. Von den 25 Wasserstrahlen werden durch eine Platine jeweils fünf auf einmal abgelenkt. Platinen, an denen keine Hochspannung anliegt, sind geerdet. Das "Filter" führt die Wasserstrahlen in eine Abflussrinne, wenn diese nicht abgelenkt werden. Das Wasser aus dem Auffangbecken wird wieder in den Wasserspeicher hineingepumpt.



Da wir hier ebenfalls von der Seite aus beleuchten (und nicht wie im ersten Ansatz von oben), dürfen nicht mehrere Tropfen einer Spalte auf der Linie des Laserstrahls liegen, da diese dann nicht mehr einzeln beleuchtbar wären.

Die Steuerungselektronik ist selbstentwickelt und besteht aus drei ATMEGA168-Prozessoren, die untereinander kommunizieren können. Ein Prozessor steuert Röhren und Laser, ein weiterer soll in Zukunft die darzustellenden Bilder bzw. Animationen berechnen, der dritte wird ggf. das Benutzerinterface kontrollieren. Elektrisch wird die Hochspannung aus einem Hochspannungsnetzteil mit fünf Röhren getrennt an die Platinen angelegt. Die Röhrenschaltung erdet die Platinen andernfalls. Kontrolliert werden die Röhren durch die Steuerelektronik.

Die Laserpointer werden ebenfalls von der Steuerelektronik kontrolliert. Die Synchronisation der Polygonspiegel in den aus Laserdruckern ausgebauten Laserablenkeinheiten erfolgt durch Fototransistoren.

Bislang konnten wir nur eine der fünf geplanten Laserstrahlableinheiten beschaffen. Deshalb sind momentan nur 2D-Bilder möglich, da nur eine Bildzeile genutzt werden kann.

5. Schlusswort

Auch der aktuelle Prototyp ist noch weit von der Perfektion entfernt; er ist nicht fertiggestellt, da die Mechanik zur Laserstrahlableitung unvollständig ist, die Auflösung auf zwei der drei Achsen lässt stark zu wünschen übrig und reicht nicht aus, um qualitativ hochwertige Bilder zu erzeugen. Auch weitere Ideen, wie z. B. mehrfarbige Bilder durch verschiedenfarbige Laser konnten wir bislang nicht umsetzen. Wir haben sehr viel Zeit und Arbeit in das exakte Kontrollieren von vielen Wassertropfen investiert, und sind überzeugt, jetzt eine einwandfrei funktionierende Lösung gefunden zu haben.