

## Spielwiese

# Stroboskopische Spielereien

CHRISTIAN UCKE | HANS JOACHIM SCHLICHTING

*Stroboskopische Erscheinungen sind aus Discos weithin bekannt. Sie haben jedoch auch eine eminente technische Bedeutung. Und sie laden zu spielerischem Mitmachen ein, seitdem es ein günstiges Stroboskop gibt. Eine Verwandtschaft besteht zu optischen Spielzeugen wie dem Phenakistiskop und dem Zoetrop.*

Bei üblichen Glühlampen nimmt man mit bloßem Auge nicht wahr, dass die Lichtintensität schwankt. Die Helligkeitsänderung ist nur schwach und zudem abhängig von der Leistung der Lampe. Sie beruht auf der Wechselspannung des elektrischen Netzes und der Wärmeträgheit des Glühfadens. Die elektrische Spannung in Europa folgt einem sinusförmigen Verlauf mit einer Frequenz von 50 Hz (USA 60 Hz). Die Helligkeit einer Glühlampe verändert sich allerdings mit einer Frequenz von 100 Hz, da für die Helligkeit der Lampe das Quadrat des Sinus verantwortlich ist. Das ist für das Auge zu schnell.

Früher wurde diese Helligkeitsänderung von Glühlampen zur Feinabstimmung der Umdrehungszahl des Drehtellers von Plattenspielern benutzt. Markierungen in regel-



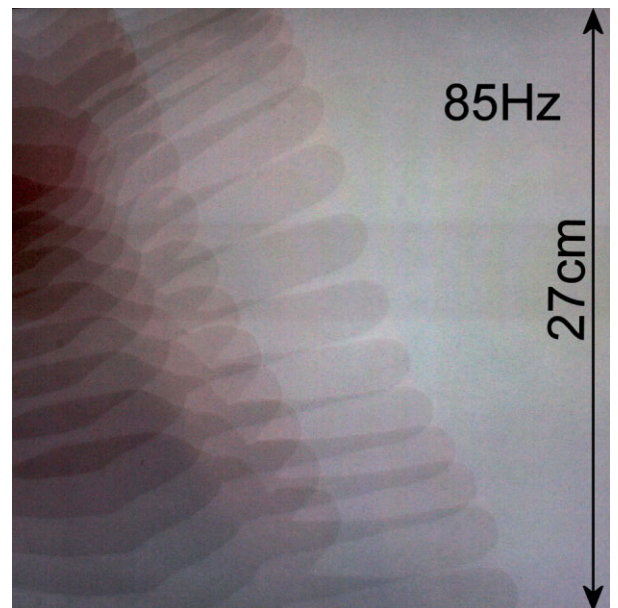
**Abb. 1** Drehteller eines Plattenspielers mit Markierungen. Darunter mit 33 U/min und Glühlampenbeleuchtung.

mäßigen Abständen am Rand des Drehtellers blieben scheinbar stehen, wenn die Umdrehungszahl stimmte (Abbildung 1, unten). Diese Erscheinung ist als stroboskopischer Effekt bekannt.

Bei Leuchtstofflampen (mit älteren Vorschaltgeräten) ist das Schwanken der Helligkeit deutlicher ausgeprägt, da die Entladungen in der Leuchtstoffröhre praktisch trägheitslos der Wechselspannung folgen. Lediglich das Nachleuchten der angeregten Leuchtstoffe mildert das Schwanken der Helligkeit. Der stroboskopische Effekt hatte in Maschinenhallen manchmal fatale Folgen. So schienen schnell drehende Teile still zu stehen, langsamer oder gar rückwärts zu laufen. Hier bestand die Gefahr, in die drehenden Teile hinein zu fassen.

## Strobotop, Zoetrop und Phenakistiskop

Stroboskope sind Lampen mit einstellbarer Frequenz. Häufig werden dafür Xenon-Entladungslampen oder LEDs verwendet. Bei einigen Geräten lässt sich die Dauer der Hell- oder Dunkelfase getrennt variieren. Bei Xenon-Blitzlampen kann man die Dauer der Dunkelfase verändern, die der Hellphase (der Blitze) nicht. Bei manchen Geräten mit LEDs lässt sich dagegen die Dauer beider Phasen getrennt verändern. Die zeitliche Summe der beiden Phasen bleibt



**Abb. 2** Schnell bewegter Finger vor einem Röhren-Computermonitor, der mit 85 Hz betrieben wird.

- einmal eingestellt - konstant. Eine Anwendung ist die flimmerartige Hell-Dunkel-Beleuchtung in Diskotheken. Die Bewegungen von Tanzenden erscheinen abgehackt als eine Folge von scheinbar stehenden Bildern. Üblich sind Frequenzen von 1 bis 10 Hz. Derartige Frequenzen können bei entsprechend disponierten Personen Auslöser von epileptischen Anfällen sein.

In technischen Bereichen werden Stroboskope vielfältig eingesetzt, um Drehzahlen von rotierenden Teilen zu ermitteln. Der Zündzeitpunkt von Benzinmotoren ist ein Beispiel. In der Medizin können damit die Schwingungen der Stimmlippe bestimmt werden, in der Fotografie lassen sich Reihenaufnahmen erstellen.

Ältere Röhrenfernseher oder Computermonitore wurden mit Frequenzen zwischen 50 und 100 Hz betrieben. Bewegt man eine Hand oder Finger vor einem hellen Monitorbild schnell hin und her, so kann man den stroboskopischen Effekt unmittelbar wahrnehmen, da die Hand mit der vorhandenen Frequenz beleuchtet wird und wie eine fotografische Reihenaufnahme erscheint (Abbildung 2). Bei LCD-Bildschirmen tritt dieser Effekt nicht auf.

Das Spielzeug Strobotop [1] beinhaltet ein Stroboskop, dessen Frequenz sich etwa zwischen 10 und 60 Hz einstellen lässt. Mitgeliefert werden diverse, mit Mustern bedruckte und auch selbst bemalbare Scheiben, die auf eine mit der Hand andrehbare Kreisscheibe aufgelegt werden können. Leider ist die tatsächliche Frequenz nirgendwo ablesbar. Die Dauer der Hellphase beträgt 0,6 ms.

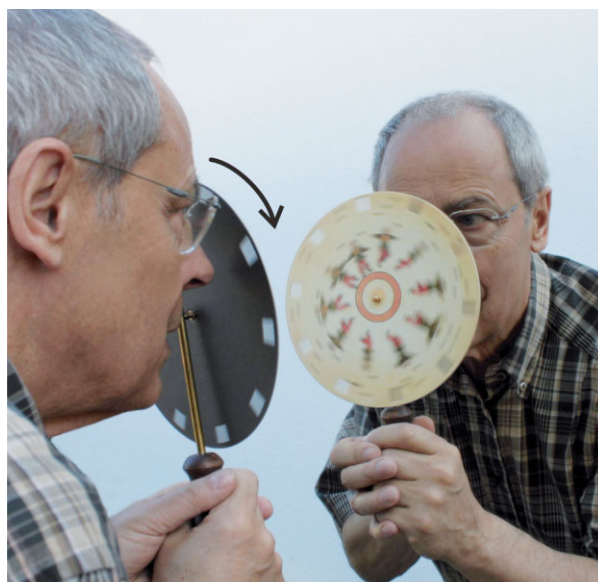
Abbildung 3 zeigt beispielhaft eine dieser Scheiben. Man erkennt sechs aufeinander folgende Laufphasen eines Tieres. Beim Andrehen des Kreisels per Hand erreicht man 500 Umdrehungen pro Minute, also 8,3 Umdrehungen pro Sekunde. Geht man davon aus, dass das Stroboskop auf eine Frequenz von 50 Hz eingestellt ist und beleuchtet man mit ihm einen Ausschnitt der sich drehenden Scheibe, so wird für die Zeitspanne von 0,6 ms eine Darstellung des Tieres deutlich sichtbar. Nach einer Zeit von 0,02 s (1/50 Hz) erscheint das nächste Bild an der gleichen Stelle. Die so aufeinander folgenden Bilder ergeben eine scheinbare, wenn auch aufgrund von nur sechs Bewegungsphasen etwas holperige Bewegung. Der relativ kleine Scheibendurchmesser erlaubt leider keine größere Anzahl von Bewegungsphasen. Die niedrige Abspielgeschwindigkeit bei älteren Stummfilmen mit 15 bis 20 Bildern pro Sekunde erzeugte übrigens ähnlich abgehackt erscheinende Bildfolgen.

Mit der Zeit nimmt die Umdrehungszahl der Kreisscheibe ab. Das Tier bewegt sich dann etwas natürlicher. Um den Filmeffekt stabil zu halten, muss man die Frequenz des Stroboskops nachregeln. Stimmt die Frequenz nicht, bewegt sich das laufende Tier zusätzlich nach hinten oder vorne.

Bei 500 U/min benötigt die Scheibe für eine Umdrehung 120 ms. Da die Dauer der Hellphase 0,6 ms beträgt, wird das Bild über einen Sektor von etwa  $(0,6 \text{ ms} / 120 \text{ ms}) \cdot 360^\circ = 1,8^\circ$  verschmiert. Es erscheint also eigentlich nicht ganz scharf, was man allerdings kaum bemerkt.



**Abb. 3** Strobotop mit Scheibenkreisels.



**Abb. 4** Phena-kistiskop. Beim Blick in einen Spiegel durch die Schlitzes der sich drehenden Scheibe wird eine Bewegung sichtbar.



**Abb. 5** Das Zoetrop ist eine Erweiterung des Phena-kistiskops.

**Abb. 6 Stroboskopscheibe zum Messen der Drehzahl.**

Layout und Technik dieses Strobotops sind neu, die zugrunde liegende Idee ist hingegen schon recht alt. Der belgische Physiker Joseph Plateau und der Österreicher Simon Ritter von Stampfer entwickelten unabhängig voneinander schon 1832 das sogenannte Phenakistiskop [2]. Vermutlich wurden die Grundlagen dazu schon viel früher gelegt.

Bei diesem Apparat werden in eine drehbare, runde Scheibe Schlitze eingeschnitten und in die Zwischenräume auf der Rückseite vergleichbare Phasen eines bewegten Objektes aufgebracht. Das ist also ganz ähnlich wie bei der Stroboskopscheibe in Abbildung 3. Blickt man durch die Schlitze auf einen Spiegel, in dem die Bilder auf der Rückseite der Scheibe sichtbar sind und versetzt die Scheibe in Drehung, so erzielt man einen ähnlichen Effekt wie mit einem Stroboskop (Abbildung 4). Durch einen Schlitz sieht man für einen Moment ein Bild. Dann verdeckt für eine längere Zeit die Scheibe den Blick, bis wieder der nächste Schlitz den Durchblick auf das nächste Bild gestattet. Mit zunehmender Anzahl von Schlitzen und immer größeren Scheiben lassen sich immer fließender erscheinende Bewegungen erzielen.

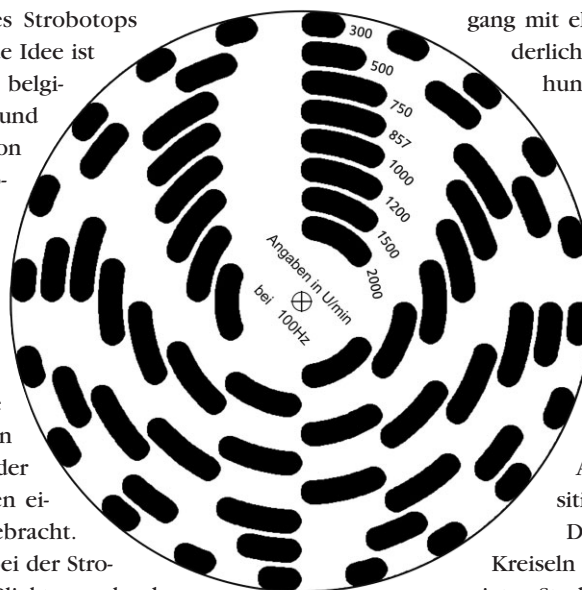
Insgesamt ist der Filmeffekt beim Strobotop und einfachen Phenakistiskopen mit höchstens zwanzig Bewegungsphasen relativ bescheiden. Mehr bringt man auf einer handlichen Kreisscheibe kaum unter. Man sollte aber nicht vergessen, dass zur Zeit der Erfindung des Phenakistiskops nichts anderes verfügbar und das Kino noch in weiter Zukunft war.

Das Zoetrop ist eine Erweiterung des Phenakistiskops. Es wurde 1834 von dem englischen Mathematiker George Horner beschrieben, allerdings unter dem seltsamen Namen Daedalum. Erst 1867 wurde es zeitgleich in England und den USA patentiert, in den USA dann unter dem Namen Zoetrope. Ein drehbarer Zylinder mit Schlitzen und mit den Phasenbildern auf der Innenseite erlaubt ähnliche Filmsequenzen wie das Phenakistiskop (Abbildung 5). Der Vorteil ist hier, dass mehrere Personen gleichzeitig hineinsehen können. Durch Vergrößerung des Radius lassen sich auch mehr Bilder aufbringen.

Es gibt viele Abwandlungen und Verfeinerungen dieses Prinzips, Apparate mit klangvollen Namen wie Praxinoskop bis hin zum Kinetoskop oder Kinetograph von Edison im Jahre 1892. Letztlich waren diese Konstruktionen Vorläufer des bewegten Bildes, sprich des Kinos.

### Eigenbau

Im Internet gibt es Anleitungen für den Eigenbau von Stroboskopen. Dazu ist allerdings eine gewisse Praxis im Um-



gang mit elektronischen Schaltungen erforderlich. Fertige Geräte sind ab einigen hundert Euro erhältlich.

Anleitungen zum Bau von Phenakistiskopen und Zoetropen mit einfachsten Hilfsmitteln sowie viele fertige Vorlagen finden sich vielfach unter diesen Stichwörtern im Internet. Der Kreativität selbst erstellter Zeichnungen sind keine Grenzen gesetzt. Man sollte aber nicht unterschätzen, dass die Zeichnungen nur mit einigem Aufwand zu erstellen und zu positionieren sind.

Die Drehzahl von Scheiben und Kreisel lässt sich mit der in Abbildung 6 gezeigten Stroboskopscheibe ermitteln. Man kopiert sie und klebt sie in passender Größe auf das Drehobjekt. Sie ist für eine Frequenz von 100 Hz berechnet. Im Licht von schwachen Glühlampen erscheint bei der vermerkten Drehzahl ein – kontrastschwaches – stehendes Bild, ähnlich wie in Abbildung 1 unten. Bei Verwendung von Leuchtstofflampen ist der Kontrast etwas stärker. Bei Verwendung eines richtigen Stroboskops ist der Kontrast optimal.

### Zusammenfassung

Der Stroboskopeffekt ist vielen Menschen aus Discos bekannt. Das Spielzeug Strobotop nutzt diesen Effekt spielerisch aus und stellt auf vorgedruckten Scheiben unterhaltsame Bildfolgen dar. Selbst erstellte Bildphasen sind ebenfalls möglich. Vorläufer des Strobotops mit den Namen Phenakistiskop und Zoetrop finden sich bereits im 19. Jahrhundert.

### Stichworte

Stroboskope, Strobotop, Phenakistiskop, Zoetrop.

### Internet

- [1] [eyethinkinc.com/store/toys.html](http://eyethinkinc.com/store/toys.html), <https://www.pappnase.de/shop/category/39/228/1870/146878>
- [2] [de.wikipedia.org/wiki/Phenakistiskop](http://de.wikipedia.org/wiki/Phenakistiskop)

Unter den angegebenen Stichwörtern findet man zum Beispiel bei YouTube Videos.

### Die Autoren



Christian Ucke und Hans-Joachim Schlichting sind die Begründer der Kolumne Spielwiese.

#### Anschriften

Dr. Christian Ucke,  
Rofanstraße 14B,  
81825 München,  
Ucke@mytum.de

Prof. Dr. Hans Joachim Schlichting, Didaktik der Physik, Universität Münster, 48149 Münster, Schlichting@uni-muenster.de