



# Konzentration von Licht mit Spiegeln

## (Das 'Milchglas-Experiment')

Altersgruppe	Wolfsstufe, Pfadistufe, Piostufe
Dauer	5 - 15 Minuten
Gruppengrösse	2 – 10 Personen
Ort	Drinnen, draussen (an einem eher dunklen Ort)
Schlechtwettertauglich	Ja
Schlagwörter	Reflektor, Parabolspiegel, Lichtkonzentration, Einfallswinkel und Ausfallswinkel



### Kurzbeschreibung

Wie kann man Sonnenlicht konzentrieren, um damit z.B. ein Glas Milch zu erhitzen? Im Experiment werden mit einer Kunstlichtquelle, kleinen Spiegeln und einem Glas Milchwasser verschiedene Spiegelformen auf einem Tisch 'aufgestellt' und ihre jeweilige Effizienz abgeschätzt.



### Sicherheitshinweise

Falls eine sehr starke Lichtquelle verwendet wird, muss darauf geachtet werden, dass niemand direkt oder via Spiegel in den Lichtstrahl schaut. Wie bei jedem Experiment, das bewegliche Spiegel verwendet, müssen die Leitenden darauf achten, dass nie Teilnehmende 'aus Spass' Licht auf das Gesicht anderer Personen spiegeln.



### Anleitung

So funktioniert das Experiment zur Konzentration von Licht mit Spiegeln:

1. An einem abgedunkelten Ort einen Tisch aufstellen und eine starke und konzentrierende Lichtquelle (z.B. Scheinwerfer<sup>1</sup>, starke Taschenlampe, etc.) in 1 bis 3 Metern Abstand der Experimentierzone platzieren. Auf dem Tisch ein Glas mit Wasser und ein paar Tropfen Milch (oder einem anderen Zusatz, der die Flüssigkeit leicht trüb macht) aufstellen. Vor dem Glas einen Karton aufstellen, welcher der Grösse des Glases entspricht<sup>2</sup>. Auf dem Tisch 6 bis 10 kleine Spiegel mit Füsschen bereitstellen.
2. Den Teilnehmenden erklären, dass sie versuchen sollen, das Glas 'Milch' durch Konzentrieren des 'Sonnen'-Lichts zu erwärmen. Dazu sollen sie die Spiegel so aufstellen, dass möglichst viel Licht auf das Glas fällt und die Flüssigkeit darin möglichst hell wird.
3. Dabei können die Teilnehmenden verschiedene Vorgaben erhalten, zum Beispiel:
  - Die Spiegel können beliebig auf dem Tisch verteilt werden

<sup>1</sup> LED Lampen sind aus Stromspargründen vorzuziehen, das Licht sollte allerdings von *einer* starken LED abstrahlen. LED Theaterstrahler mit vielen Leuchtdioden nebeneinander sind nicht geeignet.

<sup>2</sup> Dieser Karton blockiert das *direkte* Licht der Lampe, damit die Reflexionen der Spiegel besser sichtbar sind. Im realen Gebrauch wäre das direkte Licht natürlich auch erwünscht, um mehr Hitze zu erzeugen.

- Die Spiegel müssen sich berühren (In diesem Fall wird meist eine Parabelform entstehen)
  - Die Spiegel müssen auf einer Linie stehen, die rechtwinklig zum Lichtstrahl ist. Sie müssen sich aber nicht berühren (Es wird ein Fresnel-Reflektor entstehen)
4. Die Spielleitung kann den Anhang 'Reflektorformen' zu Rate ziehen, um der Gruppe zu helfen.
  5. Bei gewissen Formen wie z.B. die 'V'-Form kann es hilfreich sein, einen Karton längs zum Lichtstrahl vor oder hinter das Glas zu stellen, um auch dasjenige reflektierte Licht zu sehen, das am Glas vorbeischiebt.
  6. Die Gruppe fragen, wo sie solche Spiegelformen bereits gesehen haben. (Spots oder Scheinwerfer, Solarkocher, Satellitenschüssel, etc.). Welche Form schien ihnen am effektivsten?



### Praxistipps

Als Rahmengeschichte kann erzählt werden, der Grossvater hätte so gerne sein Glas Milch, aber es hätte im Moment keinen Strom oder Gas, um es zu erhitzen. Zum Glück komme aber gerade ein Sonnenstrahl durch die Wolken und die Gruppe solle bitte dabei helfen, die Milch für den Grossvater zu erhitzen.

Mit älteren Teilnehmenden (Pios) können die verschiedenen Formen des Anhangs "Reflektorformen" durchgespielt und verglichen werden. Was sind die Vor- und Nachteile der jeweiligen Form?



### Material

Dieses Material braucht ihr:

- Ein Set Spiegel mit kleinen Füsschen (6 bis 10 Stück). Die Spiegelbreite sollte in etwa der Breite des Glases entsprechen
- Eine starke und stark konzentrierende Lichtquelle, z.B. starke Taschenlampe mit Linse, Spotlampe oder Scheinwerfer
- Ein Glas Wasser mit ein paar Tropfen Milch. Das Glas sollte keine Färbung, Relief, Aufdruck oder Etikette aufweisen
- Ein Stück Karton der gleichen Breite wie das Wasserglas
- Optional: Ein längliches Stück Halbkarton oder Karton mit Füsschen



### Erklärung und weitere Infos

Ein dunkles Objekt erhitzt sich in der Sonne. Die erreichte Temperatur ist aber oft zu tief, um damit z.B. kochen zu können. Deshalb ist es gebräuchlich, das Sonnenlicht mit Spiegeln zu konzentrieren. Je mehr Spiegel ihr Licht direkt auf das "Ziel" lenken, desto stärker wird das Licht konzentriert und desto heisser wird das Objekt im Brennpunkt. Bekannte Anwendungen sind Parabolspiegel-Solarkocher und grosse thermische Solarkraftwerke, wie sie z.B. in Spanien in Betrieb sind.

Das Thema wird im "[Input Konzentration von Sonnenlicht](#)" im Detail betrachtet.

Ein weiteres Spiel zum gleichen Thema ist das "[Experiment Solar Dart](#)".

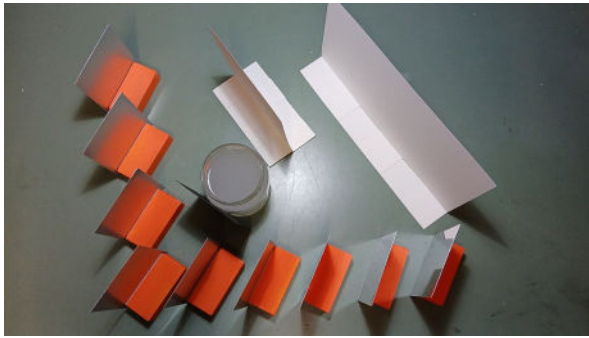


### Gedankenanstösse

Wer kennt die Geschichte von Archimedes, der die Segel der angreifenden griechischen Schlachtschiffe mit Spiegeln angezündet haben soll?



## Impressionen



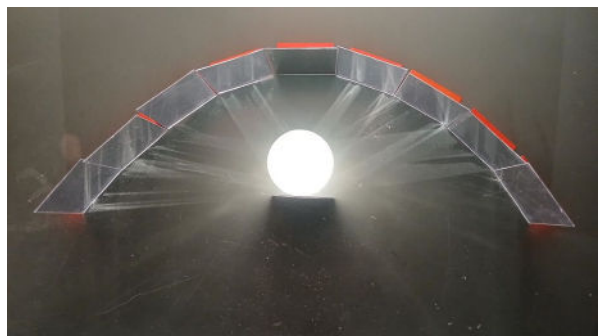
## Anhang Reflektorformen

In diesem Anhang werden einige Reflektorformen vorgestellt. Das Bild links zeigt immer eine Anwendung, das Bild rechts den Aufbau in unserem Experiment. **In den Bildern rechts strahlt das Licht immer von unten nach oben.**

**Parabolspiegel / Rinnenkollektor:** Die Parabel ist diejenige (mathematisch-geometrische) Form, welche parallele Lichtstrahlen auf einen einzelnen Punkt konzentrieren kann.

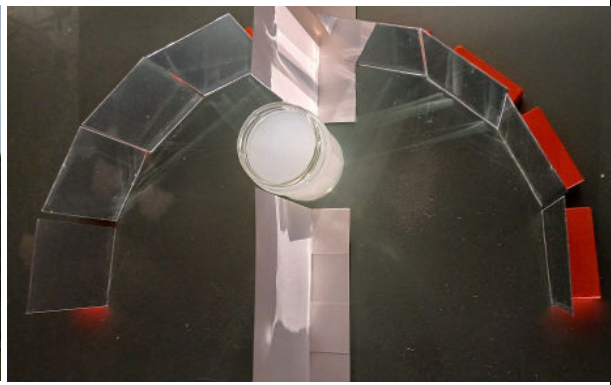
Ein dreidimensionaler Spiegel dieser Form ('Suppenschüsselform') wird normalerweise 'Parabolspiegel' genannt.

Was auf dem Tisch simuliert wird, ist allerdings zweidimensional, in diesem Fall 'Rinnenkollektor' genannt. Meist besteht dieser aus einem durchgebogenen Spiegelblech und einem schwarzen Rohr in der Brennnlinie. Diese Form ist sehr gebräuchlich für Solarkraftwerke.



**Halbkugel / Halbkreis:** Eine verspiegelte Halbkugel fokussiert das Licht auf eine Linie. Ein sehr grosser Solarkocher, der mit dieser Form experimentiert, steht in Auroville (Indien) und bereitet an sonnigen Tagen ca. 1'000 Mahlzeiten zu (siehe Foto).

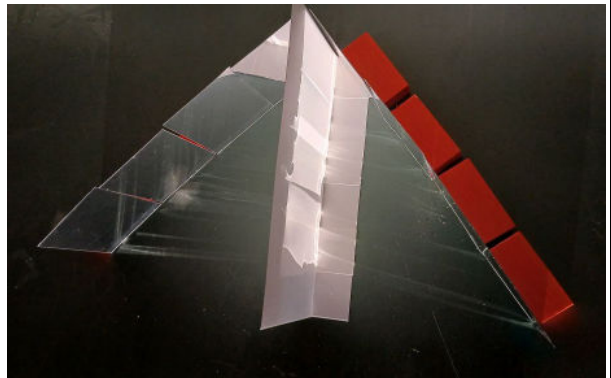
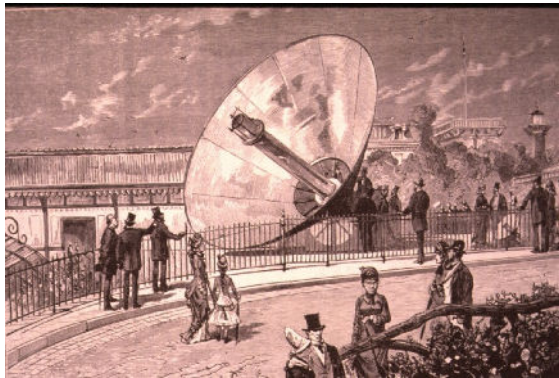
In unserer zweidimensionalen Simulation ist es ein Halbkreis. Da das Licht auf eine Linie fällt und nicht auf einen Punkt, geht viel Licht am Glas vorbei.



**Konus / 'V'-Form:** Der Konus ist eine 3-dimensionale Form, die sehr leicht aus einem Blech gebogen werden kann. Sie fokussiert allerdings nicht auf eine Punkt, sondern auf eine Linie.

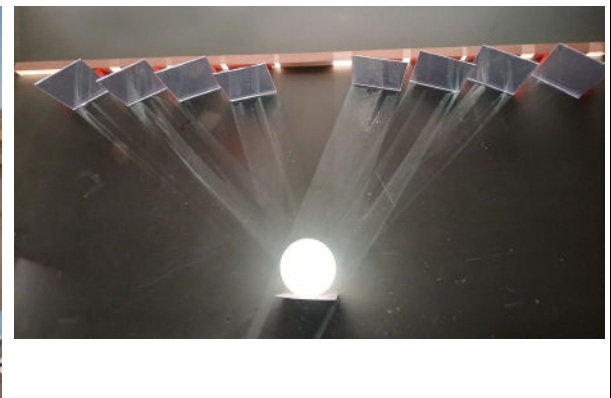
Einer der allerersten Solarkonzentratoren basierte auf dieser Form und wurde an der Weltausstellung 1878 von Augustin Mouchot in Paris vorgestellt.

In unserer zweidimensionalen Simulation ist es ein 'V'. Da das Licht auf eine Linie fällt und nicht auf einen Punkt, geht viel Licht am Glas vorbei.



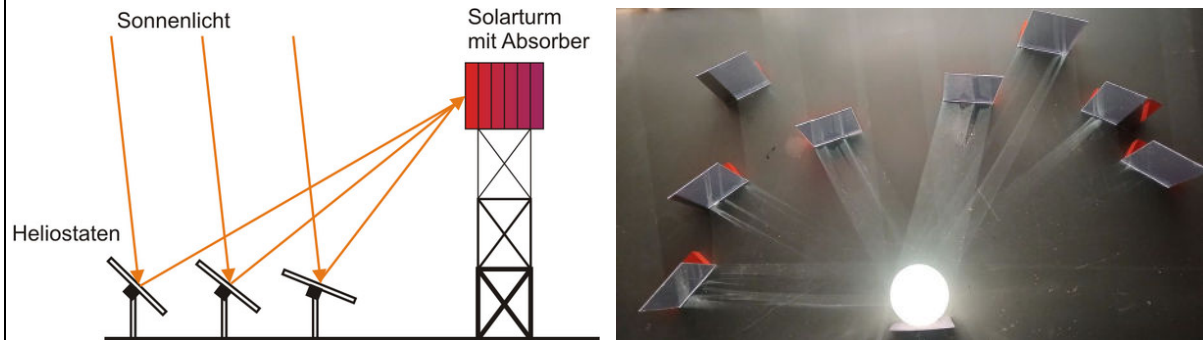
**Fresnel-Reflektor:** Die Fresnel-Geometrie (meist mit Linsen, selten mit Reflektoren) besteht aus einer Linsen- oder Parabelform, die in einzelne Segmente 'aufgeschnitten' ist. Die einzelnen Segmente liegen horizontal nebeneinander. So erreicht man z.B. den Effekt einer 'Supenschüssel', ohne eine Schüsselform zu benötigen.

Die Fresnel-Geometrie ist auch im Reflektionsmodus möglich. So kann man die zweidimensionale Parabelform durch einzelne flache Spiegelelemente simulieren, die nebeneinander auf einer Linie stehen.



**Heliostatenfeld / 'Beliebig aufgestellte Spiegel':** Heliostaten sind einzelne flache Reflektoren auf einem Ständer, die das gespiegelte Licht auf den gewünschten Fokuspunkt lenken. (Im 'Experiment Solar Dart' entsprechen die Spiegel der Teilnehmenden einer Gruppe von Heliostaten.)

Eine Gruppe von Heliostaten ahmt nicht eine grössere Geometrie (z.B. eine Parabel) nach, sondern kann fast beliebig aufgestellt werden. Das ist für sehr grosse Anlagen praktisch (Turmkraftwerke), bei denen die einzelnen Spiegel alle auf dem Boden aufgeständert sind, statt dass eine riesige Schüssel in die Höhe ragt.



**Bonus-Frage für Fortgeschrittene und Profis: Fresnel Spiegel vor dem Glas:** Ist es möglich, mit *Spiegeln* eine *Transmissions*-Geometrie zu erzeugen, dass also der Brennpunkt *hinter* dem Spiegel liegt?

Es ist tatsächlich machbar, indem jeder Lichtstrahl 2 mal reflektiert wird. Das Bild links zeigt einen Solarkocher aus Spanien, der diese Reflektorform benützt.

In unserer Simulation kann die Umlenkung von Licht auf einen Punkt hinter den Spiegeln ausprobiert werden. Für jede Umlenkung braucht es 2 Spiegel.

