



Die Schönheit der Katastrophe

Kaustiken im natürlichen Licht



▲ Netzwerk aus Kaustiken auf Bootswänden



▲ Kaustiken in flachen Gewässern

Kaustiken in der Natur

Kaustiken (vom griechischen Wort καυστός / kaustos = verbrannt) treten als optisches Phänomen in der Natur auf. Sie zeigen einzigartige Strukturen und sind besonders als Brennlinien oder verästelte Linien mit hoher Intensität bekannt (siehe Netzwerk aus Kaustiken auf Bootswänden).

Brennlinien können sich durch die Reflexion eines Lichtbündels an gewölbten Oberflächen ausbilden. Wo besonders viele Lichtstrahlen überlagern ergeben sich Linien hoher Intensität (siehe Kaustik in einer Kaffeetasse). Dringt ein Lichtbündel über eine wellige Oberfläche (z. B. die Wasseroberfläche) in ein anderes Medium ein, breiten sich die Lichtstrahlen dort in verschiedenste Richtungen aus. In einigen Bereichen finden sich mehr, in anderen weniger Lichtstrahlen, so dass sich verästelten Linien formen (siehe Kaustiken in flachen Gewässern).



Neben dem natürlichen Auftreten von Kaustiken können diese z. B. auch in der Umgebung des Fokuspunktes einer nicht perfekten Linse in Form von ausgeschmierten Intensitäten auftreten. Sogar Wassergläser und Glaskugeln können wie nicht perfekte Linsen wirken. Probieren Sie es selbst!

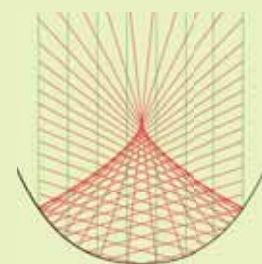
◀ Kaustik in einer Kaffeetasse

Die Katastrophe – Lichtstrahlen formen eine Kaustik

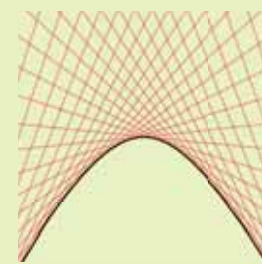
Licht wird in der Optik als Überlagerung vieler sich geradlinig ausbreitender Lichtstrahlen beschrieben. Ein Lichtstrahl kann seine Richtung ändern, wenn dieser an einer Oberfläche reflektiert (siehe Lichtstrahlen bei Reflexion in einer Kaffeetasse) wird oder in ein anderes Medium eindringt.

Es kann vorkommen, dass die Lichtstrahlen sich dabei so überlagern, dass die Ausbreitungsrichtung für jeden Strahl unterschiedlich ist. Dadurch können Raumbereiche entstehen, in denen mehrere Strahlen durcheinander hergehen, während angrenzend ein Raumbereich liegt, in den kein einziger Strahl vordringt (siehe Die Kaustik als Parabel). Die Grenzfläche zwischen den Raumbereichen mit verschiedener Anzahl sich kreuzender Lichtstrahlen wird Kaustik genannt.

▼ Lichtstrahlen bei Reflexion in einer Kaffeetasse



▼ Die Kaustik als Parabel



Diese abrupte Änderung des Strahlensystems an der Kaustik wird mathematisch „Katastrophe“ genannt. In diesem Zusammenhang ist das Wort Katastrophe nicht negativ gemeint, sondern stellt einen neutralen Ausdruck dar.

Licht, das um die Ecke fliegt

In der modernen Optik werden künstlich maßgeschneiderte Lichtfelder aus vielen Lichtstrahlen zusammengesetzt (z.B. so wie in der Abbildung Die Kaustik als Parabel). Jeder Lichtstrahl breitet sich geradlinig aus. Doch durch die geschickte Anordnung vieler Strahlen mit jeweils unterschiedlicher Ausbreitungsrichtung, kann in der Zusammensetzung Licht erzeugt werden, dass sich auf einer Kurve ausbreitet (siehe Künstlich erzeugtes Licht auf einer gekrümmten Bahn).



▲ Künstlich erzeugtes Licht auf einer gekrümmten Bahn.

Das Licht fliegt quasi um die Ecke! Diese Eigenschaft ermöglicht es Signale an Hindernissen vorbei zu übertragen. Da Licht ebenfalls Druck auf im Weg stehende Objekte ausüben kann (wenngleich vergleichbar schwach), wird dieses Lichtfeld dazu eingesetzt mikroskopisch kleine Partikel auf einer gekrümmten Bahn zu schieben und anzuordnen. Ähnlich kann ausgerechnet die zuvor beschriebene Anordnung der Lichtstrahlen wie diese in einer Tasse dazu führen, dass das gesamte Lichtfeld von alleine fokussiert wird, sogar ganz ohne Linse!

▼ Fokussierung ohne Linse: Intelligentes Design von Kaustiken macht es möglich!

