

Spielwiese

Lavalampen

MARKUS EISEN | CHRISTIAN UCKE

Nostalgie der sechziger Jahre ist bei dem psychedelischen Farb- und Bewegungsspiel von Lavalampen angesagt. Bei gedämpftem Licht steigen neonfarbene Blubberblasen auf. Hinter dieser Leuchte steckt Einiges an Physik und Chemie. Das zeigt sich beim Bau einer Riesenlavalampe an der Technischen Universität München.

Craven Walker, Offizier der Royal Air Force im Ruhestand, saß etwas angesäuselt beim x-ten Bier in einer Pinte neben einer Lampe, die er selbst als ein „komisches Gerät bestehend aus einer Mischung von Cocktail Shaker, Konservendose und noch weiteren Dingen“ beschrieb. Den flüssigkeitsgefüllten Walker faszinierte dieser flüssigkeitsgefüllte Dekorationsgegenstand, über dessen Aufbau nichts weiter bekannt ist. Jedenfalls war diese Leuchte der Ausgangspunkt für die Entwicklung seiner eigenen Lampe. Allerdings brauchte Walker an die fünfzehn Jahre, bis sein Produkt schließlich 1963 unter dem Namen Astrolampe (Englisch: Astro Light) produziert und verkauft wurde. Sie kam bei der damaligen Jugend sehr gut an. Walker selbst erklärte gar: „Wer meine Lampe kauft, braucht keine Drogen mehr“. Das Auf und Ab der Blasen in seiner Lampe verglich Walker mit dem Rhythmus des Lebens. Er starb im Jahre 2000.

1965 kaufte die Amerikanische Firma Lava Manufacturing Corporation die Vertriebsrechte für den amerikanischen Markt. Sie vermarktete die Lampe unter der Bezeichnung Lava Lite Lamp und verkaufte Millionen davon. Außerhalb der USA vertreibt die Firma Mathmos die psychedelische Leuchte.

Beständiges Auf und Ab

Eine Lavalampe beinhaltet zwei nicht mischbare Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte und unterschiedlicher temperaturabhängiger Wärmeausdehnung. Die Zusammensetzung der Flüssigkeiten wird von den kommerziellen Anbietern streng geheim gehalten. Im Internet

kursieren diverse Anleitungen zum Selbstbau derartiger Lavalampen (siehe Internet, S. 242). Dabei ist in jedem Falle Vorsicht angebracht, da die Flüssigkeiten teilweise giftig oder brennbar sind. Zur besseren Unterscheidung sei die transparente Trägerflüssigkeit als Matrix und die wachsartig anmutende Tropfensubstanz als Lava bezeichnet.

Im kalten Zustand ist die Lava dichter als die umgebende Matrix und bleibt somit am Boden der Lampe. Schaltet man sie ein, erwärmt eine Glühbirne im Fuß der Lampe den Boden, wodurch sich auch die Lava erwärmt und dabei ihre Dichte verringert. Hier ist sogar die Farbe der Lava wichtig, da von ihr die Absorption der eingestrahlten Energie abhängt. Wenn schließlich die Dichte der Lava geringer ist als die der Matrix, bildet sich ein Dom aus Lava an der Grenzfläche zwischen den beiden Flüssigkeiten (Abbildung 2, links). Dieser steigt auf und bildet im unteren Bereich eine Verjüngung, die letztendlich abreißt. Oberflächenspannung und Viskosität der Lava sind hier wichtige Größen, welche die Tropfengröße bestimmen.

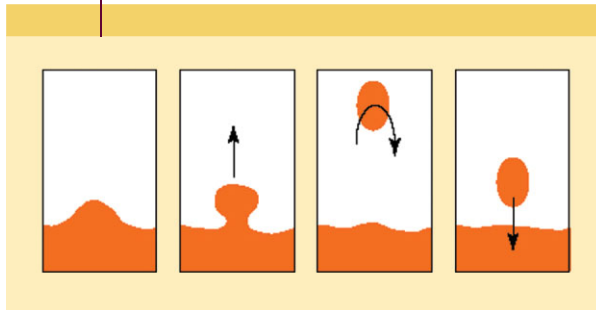
Schließlich löst sich der Tropfen ab und steigt in der kälteren Matrix auf. Aufgrund des Temperaturgefälles zur Matrix kühlt der Tropfen ab, wodurch seine Dichte wieder ansteigt. Wenn der Lavatropfen so weit abgekühlt ist, dass seine Dichte gleich der Matrixdichte ist, kommt die Aufstiegsbewegung zum Erliegen. Zu diesem Zeitpunkt hat der Tropfen aber immer noch eine höhere Temperatur als seine Umgebung, was eine weitere Abkühlung der Lava bewirkt. Somit steigt die Dichte der Lava weiter und der Tropfen sinkt wieder zum Boden, wo er sich mit der dort verbliebenen Lavamasse verbindet.

In Folge der permanenten Wärmeabgabe von auf- und absteigenden Lavatropfen an die Matrix steigt natürlich deren Temperatur. Befände sich die Matrix in einem ideal wärmeisolierten Behälter, würde sie sich im Langzeitbetrieb derart erwärmen, dass schließlich kein Temperaturunterschied mehr zwischen Lavatropfen und Matrixfluid vorhanden wäre. Dann würde die gesamte Lava aufsteigen, könnte sich nicht mehr an der Matrix abkühlen und der Prozess käme zum Erliegen.



Abb. 1 Beispiel einer Lavalampe.

ABB. 2 | LAVABEWEGUNG



Schema der auf- und absteigenden Lava.

In realen Lavalampen wird aber die Temperatur der Matrix größtenteils über den Glaszylinder an die Umgebungsluft abgeführt, weshalb sich nach einiger Zeit ein stationärer Betrieb mit annähernd konstanter mittlerer Matrixtemperatur einstellt. Lokal betrachtet kann diese Temperatur natürlich nicht als konstant angesehen werden, da sowohl eine permanente Erwärmung an den Lavoberflächen als auch eine Abkühlung an der Behälterwand stattfindet und die Bewegung der Lavatropfen die Matrix „umrührt“.

In den Bedienungsanleitungen der Lavalampen ist zu lesen, dass von einem Betrieb über sechs Stunden hinaus abgesehen werden soll. Die Begründung hierfür ist schlicht, dass die zugeführte Heizleistung in Wirklichkeit doch etwas höher ist, als die tatsächliche Wärmeabfuhr über den Glasbehälter. Somit ist im Langzeitbetrieb die Temperatur der Matrix nicht exakt konstant, sondern steigt sehr langsam an.

Bau einer Riesenlavalampe

Am Lehrstuhl für Thermodynamik der Technischen Universität München entstanden im Jahre 2002 auf Anregung des Münchner Eventmanagers Hartmut Senkel mehrere Semesterarbeiten, deren Ergebnis die Konstruktion einer Lavalampe von etwa zwei Metern Höhe war. Fernziel war sogar eine noch größere Ausgabe mit bis zu 20 Meter Höhe. Dabei sollten nicht nur die geometrischen Maße des Behälters vergrößert, sondern auch die entstehenden Tropfen in ähnlichem Maßstab mitskaliert werden. Bei einer handelsüblichen Lavalampe misst ein Tropfen in etwa ein Drittel des Behälterdurchmessers. Wird dieses Verhältnis zu stark unterschritten, verschiebt sich der Eindruck von einer langsamen, fließenden und beruhigenden Bewegung hin zu einem hektisch sprudelnden Wasserkocher. Eine einfache li-

neare Vergrößerung aller Bauteile führt dabei auf gar keinen Fall zum Ziel.

Die Untersuchungen zeigten, dass die Heizleistung der entscheidende Parameter zur Bildung großer Tropfen ist. Sie bestimmt die Ausgangstemperatur eines Lavatropfens vor der Ablösung. Eine höhere Temperatur bringt eine geringere Lavadichte und – bei als konstant angesehener Matrixtemperatur – einen höheren Dichteunterschied zwischen den beiden Flüssigkeiten mit sich. Dieser ist direkt für die Auftriebskraft verantwortlich, die auf den Tropfen wirkt. Ein Tropfen, der stärker beschleunigt wird, steigt schneller auf und löst sich somit schneller vom Rest der Lava ab, der am Boden des Behälters verbleibt. Das bedeutet, dass dem Tropfen weniger Zeit bleibt, durch die oben beschriebene Verjüngung (Abbildung 2, Mitte links) Lava aufzunehmen. Folglich ist das Volumen des schließlich aufsteigenden Tropfens kleiner als bei geringerer Heizleistung.

Der erstellte Versuchsträger (Abbildung 3) bestand aus einem Acrylglaszylinder von etwa zwei Metern Höhe und 40 cm Durchmesser, einer Edelstahlbasis mit integrierter Heizung, einer Kühleinrichtung am oberen Ende des Zylinders und Peripheriegeräten zur Steuerung der Heiz- und Kühlleistung sowie zur Überwachung der Temperatur an verschiedenen Stellen im Behälter. Die Heizleistung variierte zwischen 1 kW und 2 kW. Dabei bildeten sich Tropfen mit 5 bis 15 cm Durchmesser, wobei die größten Tropfen bei 1 kW entstanden. Bei kleineren Leistungen lösten sich die Tropfen nicht mehr vollständig aus dem Lavasumpf.

Die Variation der Heizleistung ist auch relativ einfach mit einer käuflichen Lavalampe nachzuahmen, wobei eine passende Glühbirne mit höherer Leistung als die mitgelieferte notwendig ist, um kleinere Tropfen zu erzeugen. Durch Herunterfahren eines Regeltrafos oder teilweises Abdecken der Glühbirne mit Hilfe einer Aluminiumfolie kann man in der Folge die Tropfengröße wieder steigern. Während der Aufheizphase sollte allerdings von der Verwendung der leistungsstärkeren Birne abgesehen werden, um die Lavabestandteile thermisch nicht zu überlasten. Aus demselben Grund sollte die Lampe auch nicht langfristig mit höherer Leistung als der Nennleistung betrieben werden.

Neben der Größe unterscheidet sich der Versuchsträger von einer normalen Lavalampe in erster Linie durch eine oben angebrachte Kühleinrichtung. Diese ist notwendig, da die Wärmeleitfähigkeit des verwendeten Acrylglases um den Faktor zehn geringer ist, als die des Mineralglases in herkömmlichen Lavalampen. Daher wäre die Wärmeabfuhr über die Behälterwand des Versuchssubjektes nicht ausreichend. Außerdem wächst die Oberfläche mit dem Quadrat der Höhe, während das Volumen mit der dritten Potenz zunimmt. Dadurch verschiebt sich das Verhältnis von abkühlender Oberfläche zur Materialmenge, welche die Wärme frei setzt. Dadurch ist bei gleicher Wärmeleitfähigkeit und gleicher Intensität des Wärmeeintrags eine große Lavalampe eher vom „Wärmetod“ bedroht. Die Matrixtemperatur steigt zu schnell und ein annähernd stationärer Prozess ist nicht möglich.

INTERNET

Eigenbau von Lavalampen
www.lavaland.de
www.science-club.lu/fuerschen_exp/lavalampe/lavalampe.htm
rob.f.de/Lavalamps/Bauplan.html



Abb. 3 Mitglieder der TU München vor ihrer Riesenlavalampe.

Der Bau einer 20 Meter hohen Riesenlavalampe würde weitere Untersuchungen erfordern, deren Kosten nur schwer abzuschätzen sind. Vielleicht bleibt die Idee auch ein Traum.

Zusammenfassung

Im Innern eine Lavalampe befinden sich zwei nicht mischbare Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte und unterschiedlicher temperaturabhängiger Wärmeausdehnung. Bei der Erwärmung kommt es zum Auftrieb der „Lava“ in der „Matrix.“ Für den Dauerbetrieb muss sich die Matrix in ausreichendem Maße abkühlen können, sonst kommt der Vorgang zum Erliegen. Beim Bau einer Riesenlavalampe an der TU München zeigte es sich, dass eine einfache lineare Vergrößerung aller Bauteile nicht zu einer funktionierenden Lampe führt.

Stichworte

Lavalampe, Auftrieb, Oberflächenspannung, Viskosität.

Die Autoren

Markus Eisen studierte an der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München und machte seinen Diplom-Ingenieur bei BMW-Motorrad.

Christian Ucke schreibt seit Jahren Artikel für die Rubrik Spielwiese.

Anschrift

Dr. Christian Ucke, Technische Universität München, FMJ/Abt. Physik, Boltzmannstr. 3, 85748 Garching. Ucke@tum.de