

Physikalische Anwendungen und Beispiele aus dem Alltag

Das Slinky-Modell

Ein Slinky ist eine Spielzeugfeder aus einem aufgewickelten Draht. Er kann als flexible elastische Helix mit fester Gesamtdrahtlänge modelliert werden. Anders als eine Helix, die um einen starren Zylinder gewickelt ist, kann sich ein Slinky dehnen, während **seine gesamte Drahtlänge und die Anzahl der Windungen erhalten bleiben**.



Ein Slinky ¹⁴

Um ein einfaches mathematisches Modell zu erhalten, betrachten wir eine einzelne Windung des Slinkys und nehmen an, dass sie während der Dehnung näherungsweise eine kreisförmige Helix bleibt.¹⁵ Eine solche Windung wird durch einen Radius r und einen vertikalen Parameter c beschrieben. Ihre Bogenlänge ist

$$L_{turn} = 2\pi\sqrt{r^2 + c^2}$$

Unter der Annahme, dass die Dehnung gleichmäßig entlang des Slinkys verteilt ist, bleibt die Länge jeder Windung konstant. Daher gilt:

$$r^2 + c^2 = A^2$$

wobei A eine Konstante ist, die durch die Drahtlänge einer Windung bestimmt wird.

Diese Beziehung zeigt, dass beim Dehnen eines Slinkys:

- c zunimmt, sodass die Windungen vertikal stärker gestreckt werden;
- r abnimmt, sodass der Slinky schmaler wird.

Geometrische Interpretation in der $r - c$ -Ebene:

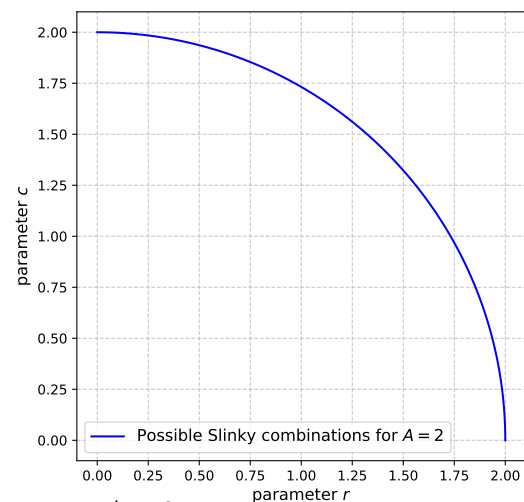
Die möglichen Werte von r und c erfüllen

$$r^2 + c^2 = A^2 \quad r \geq 0, \quad c \geq 0$$

sie entsprechen also den Punkten eines Viertelkreises mit Radius A in der $r - c$ -Ebene.

Wenn der Slinky gedehnt wird, bewegt sich der Punkt (r, c) entlang dieses Viertelkreises: r nimmt ab, während c zunimmt.

Die Abbildung rechts zeigt alle möglichen Paare (r, c) für eine Slinky-Windung mit festem Längenparameter $A = 2$.



¹⁴CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=554020>

¹⁵Dies ist eine Vereinfachung: Ein realer Slinky bleibt bei Verformung keine perfekte Helix.

Schrauben und Muttern

Das Gewinde einer Schraube bildet eine helikale Erhebung, die um einen Zylinder gewickelt ist. Das passende Gewinde im Inneren der Mutter folgt derselben helikalen Geometrie, sodass die beiden Teile ineinandergreifen können.

Wenn die Schraube relativ zur Mutter gedreht wird, wirken diese beiden passenden Helices zusammen und wandeln eine Drehbewegung in eine lineare Bewegung um.

Damit Schraube und Mutter korrekt zusammenpassen, müssen ihre Gewinde dieselben geometrischen Eigenschaften besitzen, insbesondere Ganghöhe, Radius und Gewindeprofil.

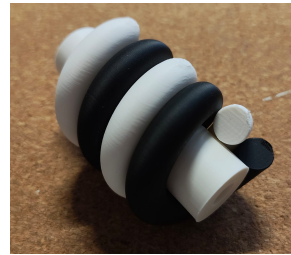


Figure 11: Eine Schraube-Mutter-Kombination und ein vereinfachtes 3D-gedrucktes Modell der Situation.¹⁷

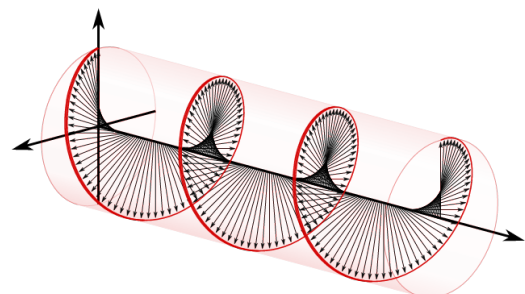
Zirkular polarisierte Wellen und Helixantennen

Eine Helixantenne ist eine elektromagnetische Antenne, deren leitendes Element in Form einer Helix gewickelt ist. Im axialen Modus sendet und empfängt die Antenne zirkular polarisierte elektromagnetische Wellen entlang der Helixachse.

Dieses Verhalten hängt eng mit der helikalen Geometrie zusammen: Da der Strom der spiralförmigen Bahn folgt, besitzt das entstehende elektrische Feld zwei orthogonale Komponenten mit einer Phasendifferenz von ungefähr 90° , wodurch sich der Feldvektor während der Ausbreitung dreht. Ein effizienter Betrieb im axialen Modus tritt typischerweise auf, wenn der Umfang C der Helix in derselben Größenordnung liegt wie die Wellenlänge ($C \approx \lambda$)¹⁸; dadurch werden die geometrischen Parameter der Helix direkt relevant für die Eigenschaften der ausgesandten Welle.



Anordnung von vier Helixantennen im axialen Modus¹⁹



Zirkular polarisierte Welle²⁰

¹⁷CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M4_Inbusschraube_focusstacked.jpg

¹⁸John D. Kraus. *Antennas*. McGraw-Hill, 1988. ISBN: 9780071004824, Section 7.1

¹⁹CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Traqueur_acquisition.JPG

²⁰PD, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Circular.Polarization.Circularly.Polarized.Light_Without.Components_Right_Handed.svg

Helices in Pflanzen

Pflanzenstrukturen wie Ranken und Kletterpflanzen entwickeln häufig helikale Formen durch unterschiedliches Wachstum oder Schrumpfen ihrer Schichten. Wenn zum Beispiel die obere Schicht schneller wächst oder die untere Schicht stärker schrumpft, führt das entstehende Ungleichgewicht dazu, dass sich die Struktur zu einer Helix verdreht.²¹



Die Ranke einer Kletterpflanze.²²

²¹Andrej Košmrlj. Lessons from Biology for Engineering Tiny Devices, Lecture 10-11. Accessed: 2026-06-19. 2017. URL: https://www.princeton.edu/~akosmrlj/MAE545_S2017/lecture10-11_slides.pdf

²²CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dirkvdm_natural_spiral.jpg