

Rheologie Comics #1

Rheologie ist die Lehre vom Fließen der Dinge
(*rheo* = fließen, *logos* = Lehre).

Panta rhei – Alles fließt!

Inspiziert von M.A. Fardin und seinem mit dem
Ig-Nobelpreis ausgezeichneten Artikel
“On the rheology of cats” (2014), beschreibt
dieser Comic die Grundlagen der Rheologie mit
Hilfe unserer Lieblingskatzen.



Gefördert durch den “Rheology Venture
Fund” der “Society of Rheology”.



Folge dem QR-Code und erfahre mehr über Rheologie.

Dieser Comic ist auch erhältlich in:

- English • 日本語
- Ελληνικά • فارسی
- العربية • Français

Weitere Sprachen folgen bald!

Sind Katzen fest oder flüssig?



Rheologie

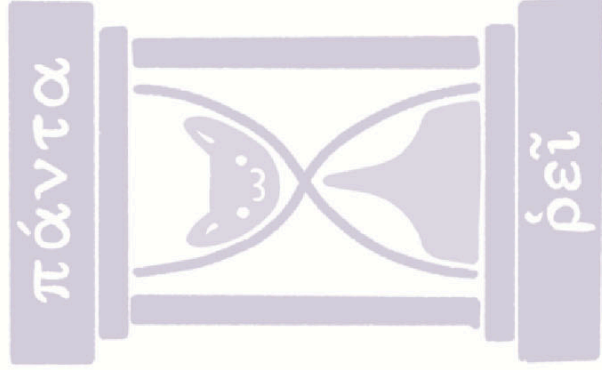
von

Katzen



Von Rob Campbell und Caroline Martin
Übersetzt von: Cornelia Küchenmeister-Lehrheuer

Dank gilt der Gesellschaft für Rheologie,
M.A. Fardin und der fachlichen Beratung von
Victoria Russell und Kelsey Briselli.



2023

vi.1

WÖRTERBUCH

RHEOLOGIE – Wissenschaft, wie und warum Materialien in verschiedenen Situationen ihre Form verändern (insbesondere Materialien, die nicht rein fest, flüssig oder gasförmig sind)

SPANNUNG – die Größe der Kraft, die auf ein Material ausgeübt wird

DEFORMATION – wie stark ein Material seine Form verändert

ELASTISCHER FESTKÖRPER – ein Material, das seine Form beibehält und nach Belastung (Verformung) in seine ursprüngliche Form zurückspringt

PLASTISCHER FESTKÖRPER – ein Material, das seine Form beibehält, aber nach Belastung (Verformung) nicht wieder in seine ursprüngliche Form zurückspringt

FLIEßGRENZE – maximale Spannung, die ein elastisches Material erfahren kann, bevor es plastisch wird

GEBROCHENER FESTKÖRPER – ein Material, das seine Form beibehält, aber gesprungen, zerbrochen oder zerrissen ist

VIKOSSE FLÜSSIGKEIT – Material, das fließt und die Form seines Behälters annimmt

VIKOSITÄT – wie „dick“ ein Material ist; Maß für das Verhältnis zwischen Spannung und Deformationsrate. Sie gibt an, wie viel Kraft erforderlich ist, um Material mit einer bestimmten Geschwindigkeit zu bewegen.

DEFORMATIONSRATE – wie schnell sich die Deformation ändert; wie schnell sich ein Material bewegt und seine Form verändert



VIKOPLASTISCH – ist ein Material, welches sich bei geringer Belastung wie ein plastischer Festkörper verhält und bei hoher Belastung wie eine viskose Flüssigkeit (z. B. Schlamm, Zahnpaste, Mayonnaise)

VIKOELASTISCH – ist ein Material mit zeitabhängiger Deformationsrate: elastisches Verhalten über kurze Zeiträume, viskoses Fließen über längere Zeiträume (z. B. eine Portion Spaghetti, Ketchup)

ELASTOPLASTISCH – ist ein Material mit Fließgrenze: elastisch bei geringer Spannung und plastisch bei hoher Spannung (z. B. Stahl)

VIKSO-ELASTO-PLASTISCH – ist ein Material mit wechselndem Verhalten abhängig von Höhe sowohl der Spannung als auch der Deformationsrate (z. B. Lava)

SCHERVERDICKEND – wenn die Viskosität mit steigender Scherrate zunimmt und große Spannungen kleine Deformationen verursachen können

SCHERVERDÜNNEND – wenn die Viskosität mit zunehmender Scherrate abnimmt und kleine Spannungen große Deformationen verursachen können

THIXOTROPIE – wenn dieselbe Spannung im Laufe der Zeit ein unterschiedliches Verhalten hervorruft; eine „Zeitverzögerung“ oder ein „Gedächtniseffekt“, der normalerweise durch die innere Struktur des Materials verursacht wird

WEISSENBERG-EFFEKT – wenn beim Rühren das Material am Rührer hochklettert, anstatt davon wegzufliegen

STRANGAUFWEITUNG – wenn das Material aus einem Wasserhahn oder einem Behälter fließt und sich dabei ausdehnt

Was also sind Katzen?

Die alten Ägypter glaubten, sie hätten göttliche Energie!

Säugetiere!

Wächter der Anderswelt in der keltischen Tradition!

Sehr niedlich!

Das vierte Tier im vietnamesischen Tierkreis!



Wir werden vielleicht nie ganz verstehen, warum sich Katzen so verhalten, wie sie es tun. Wir wissen aber, dass sie ihren eigenen Regeln folgen, genau wie viele andere Materialien auch.



Es gibt noch viel, was wir über Materialien zwischen fest und flüssig nicht verstehen. Die Rheologie zeigt uns, dass dieses komplexe Verhalten von der Beziehung zwischen Spannung und Deformation abhängt und wie sich diese Dinge mit der Zeit verändern.

Aber jedes Material ist ein bisschen anders, genau wie jede Katze!

Welche magst Du am liebsten?

Sind Katzen fest oder flüssig?

Wir kennen die drei Aggregatzustände der Materie:

Festkörper



Flüssigkeit



Gas



Festkörper behalten ihre Form.

Flüssigkeiten und Gase nehmen die Form ihres Behälters an.

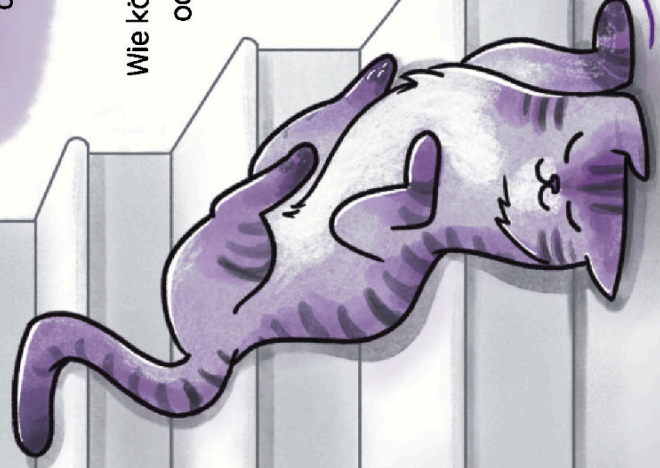
Aber was ist mit Dingen, die dazwischen sind?

Wie können wir messen, wie „fest“ oder „flüssig“ etwas ist, wenn es sich wie beides verhält?

Wir können

RHEOLOGIE

verwenden!



Rheologie ist die Wissenschaft, die untersucht, wie Dinge fließen.

Rheologen untersuchen, wie „fest“ oder „flüssig“ etwas ist und nutzen diese Informationen, um Materialien mit besonders „matschigen“ Eigenschaften zu entwickeln!

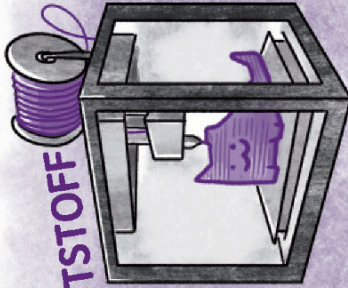


Dinge wie

SCHLEIM



KUNSTSTOFF



BETON



CREME



PUDDING



Rheologen messen, wie sich ein Material im Laufe der Zeit verhält, indem sie die **Spannung und Deformation** untersuchen.

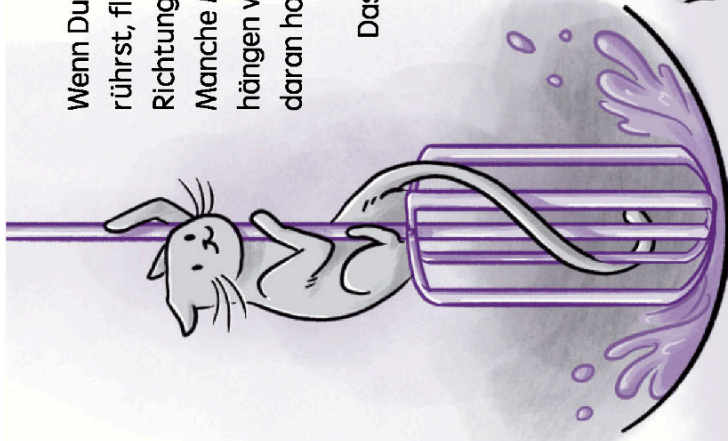


Wenn Du eine Flüssigkeit richtig schnell rührst, fliegt sie normalerweise in alle Richtungen (wie Eier in einem Mixer). Manche Materialien bleiben am Mixer hängen wie eine Katze und klettern sogar daran hoch!

Das wird als

WEISSEBERG EFFEKT

bezeichnet.

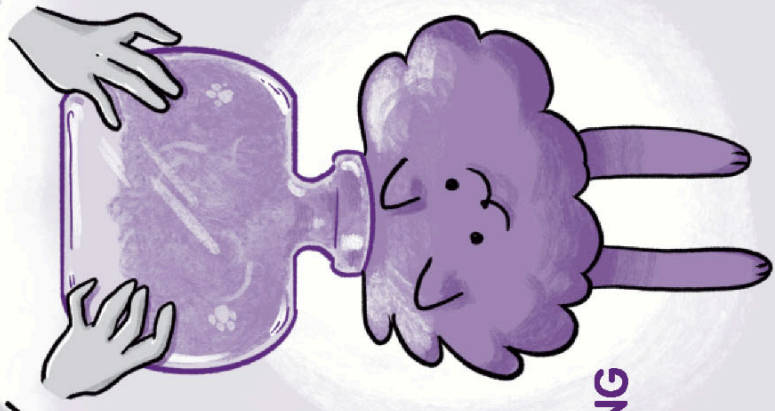


Wasser fließt ziemlich gleichmäßig aus einem Wasserhahn, aber einige viskoelastische Flüssigkeiten verändern ihre Größe und dehnen sich aus, sobald sie einen Behälter verlassen.

Das wird als

STRANGAUFWEITUNG

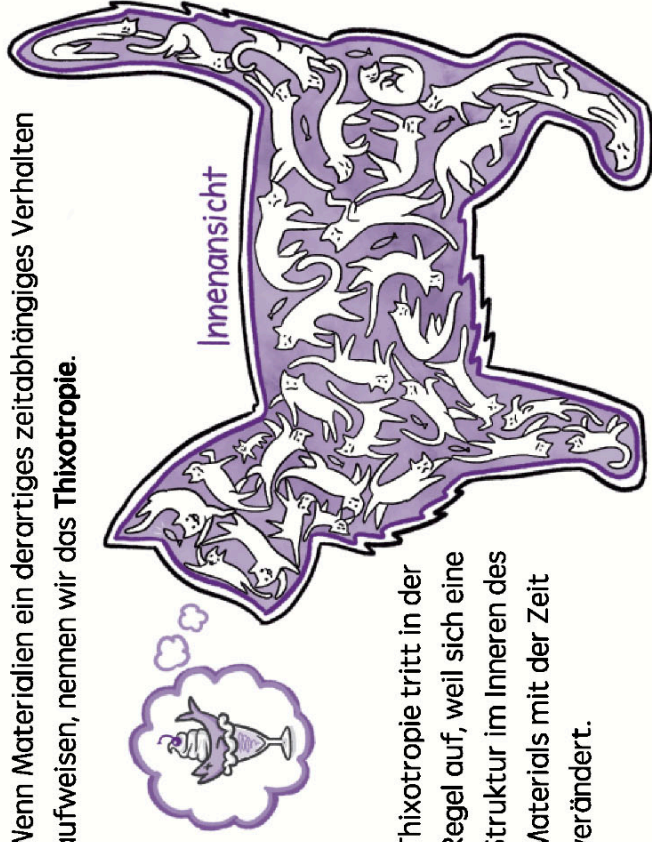
bezeichnet.



Wenn man dieselbe Kraft über einen längeren Zeitraum in gleichem Maße anwendet, ändert sich manchmal das Verhalten der Katze! Es ist wie eine Zeitverzögerung, während die Katze entscheidet, wie sie auf die Kraft reagiert.

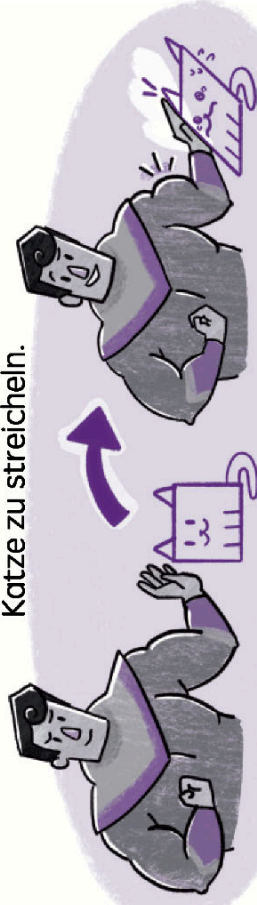


Wenn Materialien ein derartiges zeitabhängiges Verhalten aufweisen, nennen wir das **Thixotropie**.



Thixotropie tritt in der Regel auf, weil sich eine Struktur im Inneren des Materials mit der Zeit verändert.

Stell Dir einen riesigen Superhelden vor, der versucht, eine Katze zu streicheln.



Die Kraft, mit der gestreichelt wird, wird als **Spannung** bezeichnet. Die Formänderung der Katze wird **Deformation** genannt. Eine große Spannung verursacht eine große Deformation.

Stelle Dir nun eine kleine Fee vor, die versucht, die Katze zu streicheln.



Da diese Spannung sehr gering ist, wird die Katze auch nur sehr wenig deformiert. Eine kleine Spannung verursacht eine kleine Deformation.

Was ist, wenn sich die Spannung im Laufe der Zeit ändert?



In der Rheologie ist es wichtig, wie sich Spannung und Deformation im Laufe der Zeit verändern und ob dies schnell oder langsam geschieht.

Normalerweise ändern sich Spannung und Deformation gemeinsam: je größer die Spannung, desto größer die Deformation. Aber das ist nicht immer so! Mehr dazu später.

Was hat das mit Festkörpern und Flüssigkeiten zu tun?

Beginnen wir mit Festkörpern.

Innerhalb kurzer Zeiträume verhalten sich Katzen wie ein Festkörper.

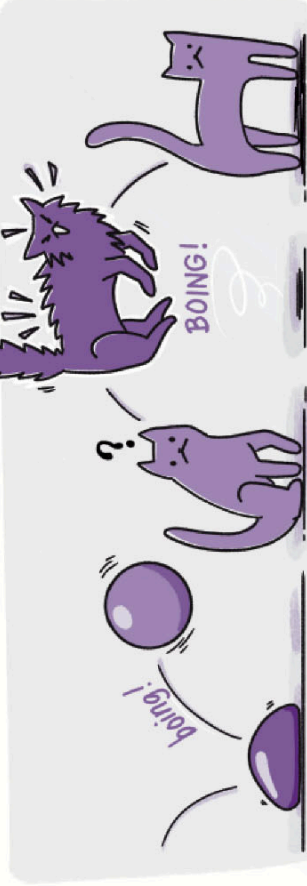
So können sie sein:

ELASTISCH

PLASTISCH
GEHEBEN
CHEN



Wenn Katzen aufgeschreckt werden, sind sie wie ein **elastischer** Festkörper.



Wie ein Gummiball „springen“ Katzen nach Spannung und

Deformation in ihre ursprüngliche Form zurück.

Diese Fähigkeit, in ihre ursprüngliche Form zurückzukehren, nennt man „Elastizität“.



Manchmal bewirkt eine höhere Spannung keine höhere Deformation.

Wenn man die Spannung auf eine Katze erhöht, nimmt die Deformation nicht gleichermaßen zu. Stattdessen kann die Katze wechseln von entspannt...



SCHERVERDICKEND

ANGRIFFSMODUS!

... zu plötzlich steif und angriffslustig! Ihre Viskosität nimmt mit zunehmender Scherrate zu, und große Spannungen können kleine Deformationen verursachen, die so genannte **Scherverdickung**.

Aber eine Spannung kann auch dazu führen, dass angespannte Katzen super entspannt werden...



Ihre Viskosität nimmt mit zunehmender Scherrate ab, und kleine Spannungen können große Deformationen verursachen, was als **Scherverdünnung** bezeichnet wird.

Viele Dinge haben eine Kombination aus elastischem, plastischem und viskosem Verhalten, genau wie Katzen.

VISKOPLASTISCH



Verhält sich bei geringer Spannung wie ein plastischer Festkörper und bei hoher Spannung wie eine viskose Flüssigkeit (z. B. Schlamm, Zahnpasta, Mayonnaise)

VISKOELASTISCH



Die Deformationsrate ist zeitabhängig: elastisches Verhalten über kurze Zeiträume, viskoses Fließen über längere Zeiträume (z. B. eine Portion Spaghetti, Ketchup)

ELASTOPLASTISCH



Festkörper mit Fließgrenze: elastisch bei geringer Spannung, plastisch d. h. bleibende Verformung bei hoher Spannung (z. B. Stahl)

VISKO-ELASTO-PLASTISCH



Verhalten abhängig von Höhe sowohl der Spannung als auch der Deformationsrate (z. B. Lava)

Ihr Verhalten hängt von komplizierten Beziehungen zwischen Spannung und Deformation ab. Deshalb tun sie Dinge, die unerwartet und unvorhersehbar erscheinen!



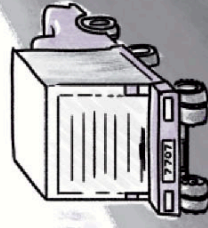
Einige Festkörper, wie z. B. Ton, federn nicht zurück.

Ein **plastischer** Festkörper wird durch eine Spannung gedehnt oder gedrückt. Er bleibt in dieser Form, bis eine neue Spannung einwirkt.

Diese Fähigkeit, die Form zu verändern, wird „**Plastizität**“ genannt.



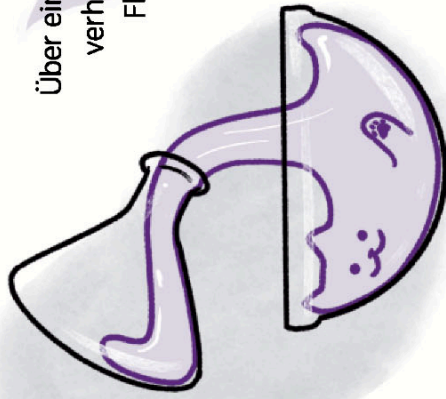
Katzen sind zunächst elastisch, bis sie eine **Fließgrenze** erreichen, d. h. eine Spannung, ab der sie nicht mehr zurückfedern und plastisch werden.



Aber wenn die Spannung zu groß wird...

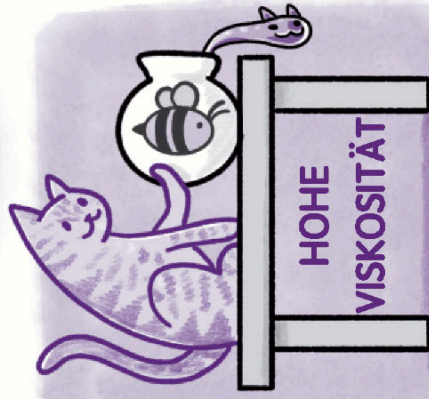


... wird der Festkörper letztendlich brechen.



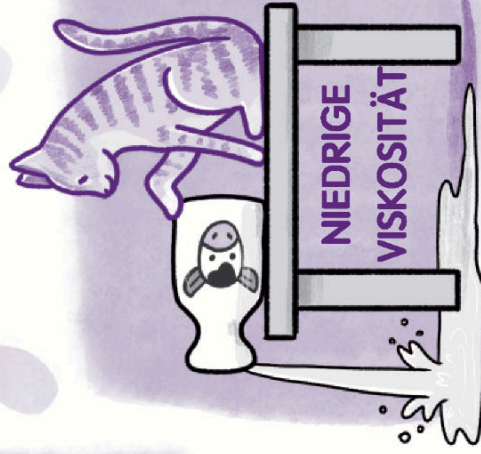
Über einen längeren Zeitraum hinweg verhalten sich Katzen wie eine Flüssigkeit und nehmen die Form ihres Behälters an.

Im Vergleich zu Wasser sind Katzen zähflüssiger, was auch als **viskoser** bezeichnet wird.



Eine niedrigviskose Flüssigkeit ist dünner und fließt schnell wie z. B. Wasser oder Milch.

Wie betrachtet man das Verhältnis zwischen Spannung und Deformation in einer Flüssigkeit? Das ist schwierig!



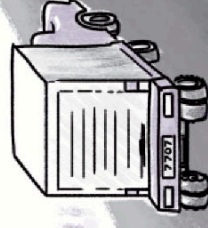
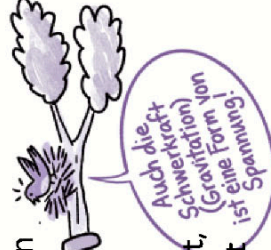
Flüssigkeiten sind ständig in Bewegung, so dass sich die Stärke der Deformationen ständig ändert.

Stoff, dessen können wir beobachten, wie schnell sich die Deformation ändert. Wie schnell verändert die Flüssigkeit ihre Form? Dies wird als **Deformationsrate** bezeichnet.

Die Viskosität gibt Aufschluss über

das Verhältnis zwischen Spannung und Deformationsrate.

Sie gibt an, wie viel Spannung Du bräuchtest, um die Geschwindigkeit der Flüssigkeit zu verändern.



Etwas mit niedriger Viskosität, z. B. Wasser, erfordert keine große Anstrengung, um seine Deformationsrate zu ändern. Etwas mit hoher Viskosität, z. B. eine Katze, erfordert hier für jedoch mehr Kraftaufwand.

(Die Viskosität kann noch komplizierter werden, wenn Du die Umgebungsbedingungen veränderst, wie durch eine Temperaturveränderung. Zum Beispiel fließt warmer Honig schneller als kalter).