

Kvant-nyheder: Turbulensen i en kop kaffe

Christine Pepke Gunnarsson, Kvant

FLUIDMEKANIK. Tilbage i 1883 observerede fysikeren Osborne Reynolds, at når han sprøjtede blæk ned i et vandrør og øgede vandhastigheden, så ændrede strømmingen sig fra laminært til turbulent gennem udviklingen af små lokaliserede elementer af turbulens kaldet “pust” (eng. *puffs*).

Laminær strømning er en glat og forudsigelig strømning, mens turbulent strømning er ustabil og uforudsigelig. Reynolds forskning grundlagde feltet *fluidmekanik*, men kunne ikke svare på spørgsmålet om, hvorfor den observerede overgang mellem laminær og turbulent strømning opstår.

Nu har et forskerhold fundet svaret på dette spørgsmål ved hjælp af statistisk mekanik. Det nye er, at de har undersøgt problemet, ikke kun ud fra fluidmekanik, men også ved hjælp af statistisk mekanik. Det er interessant forskning, da statistisk mekanik normalt beskriver systemer i ligevægt, hvilket turbulens ikke er, da energi konstant bevæger sig ind og ud af væsken.



Forskerne viste, at væsker bevæger sig gennem et rør i en ikke-ligevægtsfaseovergang kendt som “retningsbestemt nedsivning” (eng. *directed percolation*) ved overgangspunktet mellem laminær og turbulent strømning.

Denne proces sammenligner forskerne med at lave kaffe. Når man brygger kaffe, bevæger vand sig nedad gennem de maledede kaffebønner med en bestemt hastighed. Denne kaffestrøm er et eksempel på retningsbestemt nedsivning. Hvis strømmen bevæger sig for hurtigt, bliver kaffen for svag, og hvis strømmen bevæger sig for langsomt, opsamles det i filteret og spildes. Den bedste kop kaffe er én, hvor vandet løber med en hastighed så langsom, at den kan absorbere mest mulig smag fra bønnerne, men samtidig så hurtig,

at den kan passere gennem filteret uden at spildes. Dette sker præcis ved den såkaldte retningsbestemte nedsivningsovergang.

Og hvad har det så med forskningen at gøre, tænker læseren nok? Jo, forskerne har observeret, at den retningsbestemte nedsivningsovergang har samme statistiske egenskaber som overgangen mellem laminær og turbulent strømning.

Forskerne var nødt til at tænke kreativt for at løse Reynolds gamle problem, og de brugte lang tid på det, nogle af dem arbejdede på det i over et årti. Det er særlig svært at forstå, hvad der sker i en åben geometri som fx et rør. For at forstå det brugte forskerne tryksensorer til at observere turbulenspust i rørene, og de målte præcis, hvordan hvert pust påvirkede hinandens bevægelser. De kørte herefter computersimuleringer for at simulere molekyledynamikken og kunne vise, at statistisk nær den laminære til turbulente overgang opfører pust sig helt i overensstemmelse med den retningsbestemte nedsivningsovergang. Derefter brugte de statistisk mekanik til matematisk at beskrive disse pust ved at bruge teknikker fra faseovergangsfysik. Igen kunne de bekræfte hypotesen om en retningsbestemt nedsivningsovergang.

I deres undersøgelser opdagede forskerne noget uventet – nemlig, at pust ligesom biler er tilbøjelige til at danne trafikpropper. Hvis ét pust fylder hele vandrørets bredde, kan intet bevæge sig forbi, hvilket betyder, at andre pust hober sig op bag det første pust. Pustpropper kan dannes og forsvinde på en måde, som statistisk mekanik kan beskrive. Pustpropper har tendens til at forsvinde ved det kritiske overgangspunkt fra laminært til turbulent strømning, hvor vi har den retningsbestemte nedsivningsovergang.

Forskerne forklarer, at dette arbejde demonstrerer, hvordan forståelse fra forskellige områder inden for fysik kan bruges til at forklare et kompliceret problem. Uden statistisk mekanik kunne de ikke have løst Reynolds næsten 150 år gamle problemstilling.

Kilde : [phys.org](https://doi.org/10.1038/s41567-024-02513-0) og G. Lemoult m.fl. (2024) “Directed percolation and puff jamming near the transition to pipe turbulence”, *Nature Physics*, <https://doi.org/10.1038/s41567-024-02513-0>.