

K a O t i S k dynamik

Kaosforskningen, som säkert ännu bara befinner sig i sin linda, har visat att förhållandet mellan ordning och oordning är mycket mer sammansatt än vi tidigare anat: det ena verkar inte alls utesluta det andra på det sätt vi tidigare föreställt oss.

Å ena sidan visar det sig att de matematiskt förhållandevis välkända domänerna av tillvaron, som beskrivs av den klassiska mekanikens ekvationer, innehåller ett som vi skulle säga slumpartat drag. Detta trots att utvecklingen enligt dessa ekvationer är deterministisk. Detta slumpartade drag hänger samman med att det ofta finns känsliga punkter, där mycket små förändringar efter en tid ger upphov till mycket stora effekter. Då talar man om kaos, eller hellre om *kaotisk dynamik*.

Denna känslighet är den omtalade *fjärilseffekten*: tanken att en fjäril som slår med sina vingar i dag i Peking kan orsaka stormar nästa månad i New York, för att nu citera James Gleick i bestsellern *Kaos — Vetenskap på nya vägar*.

Detta är ett fenomen av en typ som man — när man väl uppmärksammas på det — känner igen på ett väldigt stort område av tillvaron. Gleick ger i sin bok

en rad sådana exempel. De är ofta mycket väl beskrivna och stimulerande att läsa om. Dit hör frågor som har med vädret att göra, ekologiska systems utveckling över tiden och kanske hjärtats funktion.

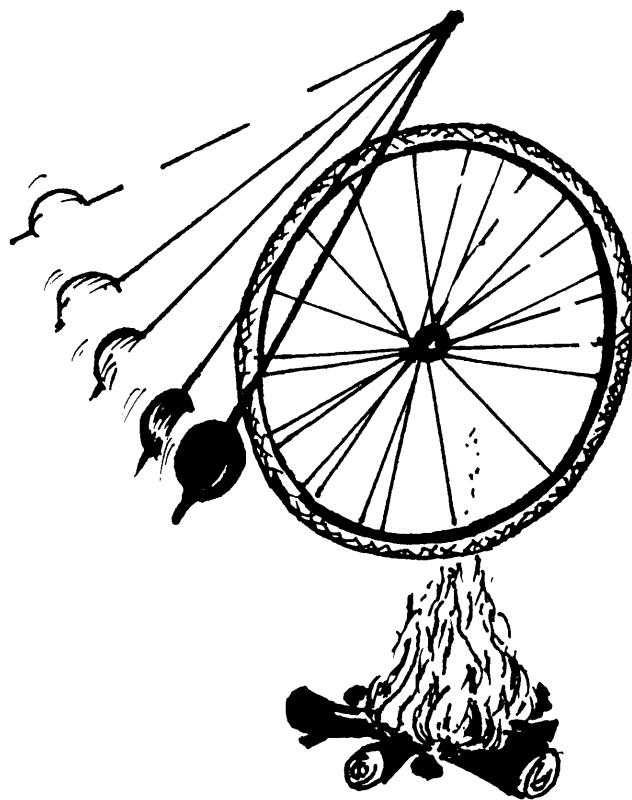
Inom mekaniken finns ett antal system som uppvisar just en sådan kaotisk dynamik. Ett exempel är en fritt rörlig pendel, vars upphängningspunkt vibrerar. Det är ett mekaniskt system som återfinns i många sam-

manhang. Ett annat exempel är en vätska som är innesluten i ett cirkulärt rör och där röret står upp som hjulet på en cykel. Då handlar det om vätskans uppförande (strömning), när röret värms i undre halvan.

Dessa system är relativt enkla och välstuderade, även om många djupa frågor återstår att penetrera även för dessa. Sådana system har en yttre parameter (eller flera). För pendeln är det

storleken (amplituden) och frekvensen på vibrationen. För vätskan i det cirkulära röret är det temperaturskillnaden mellan nedre och övre halvan av röret som är den relevanta parametern.

Systemens uppförande beror på dessa yttre parametrar. För vissa parametervärden är situationen den stabila vi är vana vid och tänkt oss vara typisk för mekaniska system. Den gamla beprövade modellen av ett meka-



niskt system som ett urverk är en väldigt bra bild för sådana parameterområden. Det betyder ett helt pålitligt uppförande. Tråkigt kanske, men synnerligen värdefullt, när vi till exempel använder det mekaniska systemet som maskin: klocka, bilmotor eller respirator, för att nu nämna några användningar.

I andra parameterområden visar sig uppförandet vara ett helt annat. Ytligt sett

ser uppförandet faktiskt helt slumpmässigt ut. Det ser ut som godtyckliga tärningskast.

Men ser man närmare, så finns det ett samband mellan tillståndet vid en tidpunkt och nästföljande tidpunkt. Detta är kaotisk dynamik. Trots att den ser helt slumpmässig ut, rymmer den i sig mycket struktur. Trots att den styrs av deterministiska ekvationer, är den ändå i praktiken oförutsägbar över ett längre tidsintervall.

Detta betyder bland annat att det är väldigt väsentligt i fråga om viktiga tekniska system att känna till vilka parameterområden som ger kaotisk dynamik och vilka som ger en dynamik efter den gamla urverksmodellen. I de allra flesta fall vill man ju att en maskin, ett komplext tekniskt system uppför sig urverksmässigt sta-

bilt. Tänk på exempel som bilmotorn eller respiratorn.

Därmed nalkas vi den andra sidan av ämnet kaos. Som jag nämnde visar denna kaotiska, skenbart slumpartade dynamik upp mycket av struktur, ordning av ett slag vi inte tidigare känt till. Det verkar sannolikt att en del av de fenomen vi vant oss vid att kalla slumpartade i själva verket är kaotiskt dynamiska i den mening kaos-teorin talar om.

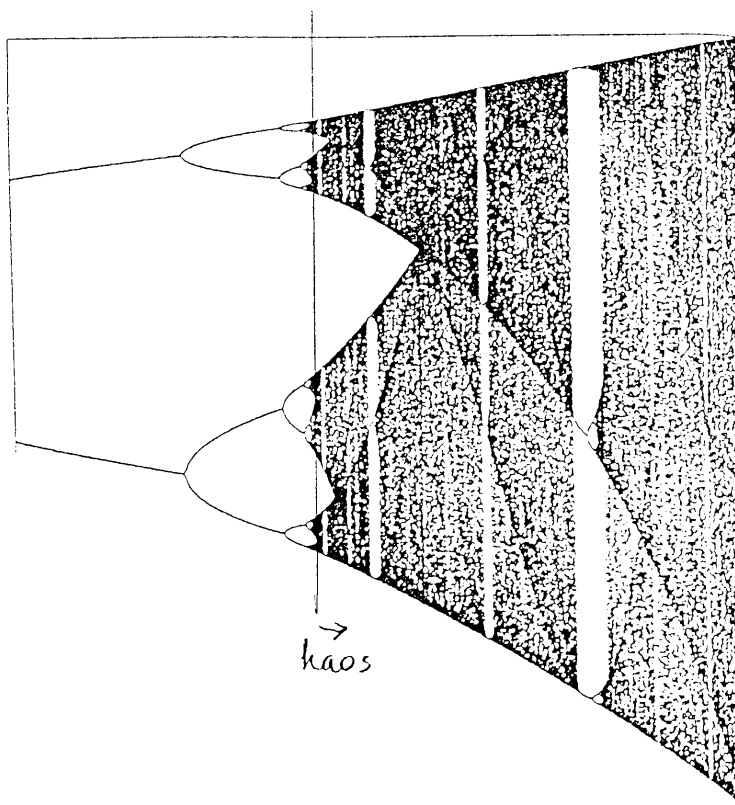
Det skulle i så fall innebära att det vi kallar slump ibland har en inneboende struktur som vi inte tidigare känt till.

När det gäller denna sida av den kaotiska dynamiken, tycker jag inte Gleicks bok är lika bra. Det är tydligt att Gleick — en mycket kunnig och engagerad vetenskapsjournalist — inte är fackman på området. Därför kommer inte strukturen i kaos

fram tillräckligt tydligt. Det är synd, för det ger lätt intrycket att kaos (eller hellre kaotisk dynamik) handlar om brist på struktur, om upplösning, eller i värsta fall skulle representera något av vetenskapens sammanbrott.

Denna obalans i presentationen tycker jag också har präglat diskussionerna i svenska tidningar. Det är väsentligt att detta andra drag — struktur i kaos — blir tydliggjort.

En person som givit mycket väsentliga bidrag till klargörandet av den kaotiska dyna-



miken är *Mitchell Feigenbaum*. Det han har upptäckt är en långtgående universalitet i närheten av omslaget mellan icke-kaotisk och kaotisk dynamik. I stor utsträckning är det en estetisk tanke, som har med likformighet att göra. Figuren på föregående sida säger vad det handlar om.

Låt oss i förstone inte bry oss om vad figuren föreställer, utan bara leta oss fram från vänster till höger i mönstret, där ögla efter ögla uppträder. Vi ser att öglorna blir mindre och mindre och att varje ögla liknar den föregående. Förhållandet mellan storleken på två sådana successiva öglor är just Feigenbaums universella tal. Det finns två sådana tal, ett för horisontella och ett för vertikala ledden i diagrammet.

Mera precist, på den horisontella axeln är den yttre parametern jag talade om tidigare. I området med öglorna har vi en dynamik av urverksmodell, men gradvis mer komplicerad ju fler öglorna blir. Den kaotiska dynamiken inträffar vid gränsen för oändligt många öglor. Det syns ganska tydligt i figuren.

Figuren här är en mycket enkel modell av ett synnerligen komplext matematiskt skeende. Men Feigenbaum har gjort troligt att denna ändå fångar det väsentliga i vad som sker i många system kring omslaget mellan "urverksdynamik" och kaotisk dynamik.

Efter Feigenbaum har det blivit klart, att det säkert finns flera olika typer av gränslinjer mellan de två slagen dynamik, och därmed olika typer av omslag mellan dem. Men Feigenbaums upptäckt är lika fullt en ytterligt väsentlig sådan, säkert en av de viktigaste inom 1900-talets fysik.

Tydligt är förhållandet mellan ordning och oordning ett annat än det vi trott.

Men i motsats till vad så många hävdar är detta sanerligen inte vetenskapens sam-

manbrott och flummets frisläppande. Det är precis tvärtom. Det visar på en ny skönhet i naturen, en skönhet av matematisk karaktär. Och det bekräftar det vetenskapliga perspektivets giltighet.

Verkligheten syns äga mer av en säregen matematisk skönhet än vi anat.

Lars Söderholm



DU!

som har förslag till årets svenska folkbildare eller förvillare, glöm inte att skicka in ditt/dina förslag till föreningen **före den 10 december!** Adressen finner du på sidan 2.

Eller ta kontakt direkt med redaktionen eller styrelsen.