



Kan slumpen designa?

Text och illustration:
Per Kornhall



Evolution bygger på en mängd olika mekanismer av vilka slumpmässiga mutationer och selektion genom det naturliga urvalet är några av de viktigaste. Trots att det är ganska enkla begrepp har ibland elever tankar som: Hur kan slumpen skapa något som fungerar bättre? Det borde väl bara bli sämre hela tiden? Hur kan människor eller andra komplicerade varelser uppstå genom en slump?

Det här sättet att resonera är en av de vanligaste missuppfattningarna när det gäller evolution – nämligen att evolutionen är en slumpmässig process. Här presenteras en laboration som kan visa hur slump och urval kan skapa något som ser ut som det är designat.

Laboration kring slump och urval

I laborationen *Slump och urval hos den koptiska Origamifågeln (Avis papyrus)* simuleras evolutionen med hjälp av en pappersfågel med två vingpar (vilket inte är så långsökt, man hittade ju den fossila och fyrvingade dinosaurien *Micro-raptor gui* för ett par år sedan i Kina).

Poängen är att man utifrån en ursprungsfågel slumpar fram utseendet på dess avkomma. Varje generation kommer att bestå av tre fåglar. Dessa tre fåglar – två förändrade avkommor och en som är identisk med föräldern – låter man tävla mot varandra. Den av fåglarna som flyger längst blir förälder och utgångspunkt för nästa generation och får föra sina gener (mått) vidare till nästa generation. Egenskaperna hos avkom-

man i varje generation bestäms genom att man kastar krona och klave för att bestämma vad som ska förändras och hur det ska gå till.

Det är lämpligt att låta elever arbeta i grupper om tre. Resultatet blir tydligare ju fler generationer av fåglar man låter bygga och man bör hinna med minst 10. En av poängerna med laborationen är att i många fall så kommer designen på fåglarna att bli likartad och det kommer att finnas likheter mellan de fåglar som utvecklas i de olika elevgrupperna. Slumpen och urvalet har då frambringat konvergent evolution, det vill säga att genetiska och morfologiska strukturer utvecklas på ett likartat sätt hos organismgrupper som har ett likartat levnads-sätt. Jämför exempelvis vingarna hos fåglar och fjärilar.

Introduktion till laborationen

Följande text introducerar laborationen för eleverna: Den koptiska origamifågeln (*Avis papyrus*) lever troligen i Nordafrikas torrområden. Den lever på dadlar och dricker vatten från käl-

lor i oaserna. Bara de origamifåglar som kan flyga mellan de sparsamt förekommande oaserna lever länge nog för att kunna para sig och föra sina gener vidare. I det här experimentet kommer du att föda upp flera generationer pappersfåglar och se effekten av olika slumpartade förändringar på den evolutionära framgången för dessa fåglar.

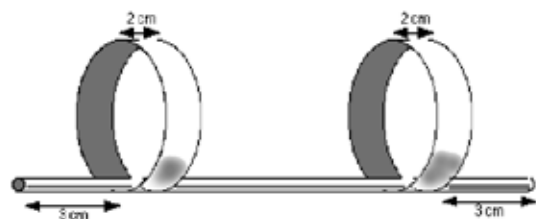
Material:

- Papper, gärna rutat
- Tejp
- Sugrör
- Tärning
- Binär slumpgenerator (ett mynt)



Metod

1. Gör iordning en ur-förälder (se illustration): Klipp till två remsor av papper: 2 cm x 20 cm. Gör ringar med 1 cm överlapp och tejpa. Tejpa ringarna 3 cm från vardera änden på sugröret. Varje ring är ett vingpar. Bestäm vad som är fram och vad som är bak.



2. Föd upp ungar, varje origamifågel får tre stycken åt gången.

A. Den första har inga mutationer. För att göra det lite enklare använder ni föräldern.

B och C. De två andra ungarna får mutationer som bestäms av myntet och tärningen enligt nedan.

Kasta myntet. Myntkastet bestämmer var mutationerna sker:

Krona = främre mutation

Klave = bakre mutation

Kasta tärningen. Tärningen bestämmer vilken mutation som ska ske på den vinge som myntet slumpat fram:

1. Vingens position flyttas 1 cm mot änden på sugröret.
 2. Vingens position flyttas 1 cm in mot mitten på sugröret.
 3. Omkretsen på vingen ökas med 2 cm.
 4. Omkretsen på vingen minskas med 2 cm.
 5. Bredden på vingen ökas med 1 cm.
 6. Bredden på vingen minskas med 1 cm.
- (Dödliga mutationer: En mutation som resulterar i att en vinge flyttas utanför sugröret, eller som gör omkretsen på vingen smalare än sugröret etcetera är dödlig. Lyckligtvis är *Avis papyrus* kända för att lägga ett nytt ägg när det sker. Om du får en sådan mutation, ignorera den och slumpa fram en ny fågel.)



3. Testa fåglarna:

Kasta dem med en lätt handrörelse. Det är viktigt att försöka kasta alla fåglarna på ungefär samma sätt. Det är bäst om samma person kastar hela tiden. Prova varje fågel minst två gånger. Den mest framgångsrika fågeln är den som kan flyga längst. Utgå därefter från denna och låt den föra sina mått (gener) vidare. Notera fågelns mått i protokollet, genom att dra en pil ner till nästa generation/rad. Denna fågel är utgångspunkt för nästa generations nästa omgång slantsingling och tärningskast.

4. Fortsätt

Fortsätt att föda upp ungar, testa och skriva ner måtten för minst tio generationer (ju fler desto bättre).

Tips: Spara vingarna för att slippa göra nya om samma mått återkommer. Tejpa så att det går lätt att byta och flytta vingarna.

Diskutera och svara på frågorna:

- Skapade er "evolution" fåglar som flög bättre än den första fågeln?
- Beskriv två aspekter på den här labben som liknar verklig evolution av biologiska organismer.
- Er fågel kommer från en annan "genetisk" linje än de fåglar som gjorts av de andra grupperna i klassen. Jämför med de andra grupperna. Är alla likadana? Har slumpen med hjälp av ett ur-val skapat en likartad "design"?

På www.bioresurs.uu.se finns laborationsprotokoll, startremсор till vingar och centimeterrutat papper att klippa vingar ur.

Skillnaden mellan slump och urval

För att teoretiskt förklara skillnaden mellan en helt slumpartad process och en som är kopplad till en urvalsmekanism kan vi använda en enarmad bandit. Varje gång du drar i armen finns det en viss (låg) sannolikhet för att en speciell kombination skall komma fram på maskinen. Vad händer om man (som man kan på en del enarmade banditer) har möjligheten att låsa hjul när de visar vissa symboler? Ja, då blir storvinsten enklare att uppnå (och jackpotten bo-laget ger dig likaså lägre, tyvärr).

Vad skulle hända om du programmerar en bandit så att den alltid låser en viss symbol som ingår i högvinsten och du får göra hur många dragningar du vill? Jo, då kommer den vinnande kombinationen alltid att dyka upp och det efter ganska få dragningar. Istället för att vara osannolik och sällsynt blir jackpotten i stället oundviklig och det givna slutresultatet varje gång du spelar. Detta visar vilken kvalitativ skillnad det är mellan en helt och hållet slumpmässig process och en som är kopplad till en urvalsmekanism.



Laborationen och idén kommer ursprungligen från Karin Westerling, Berkeley i USA. <http://evolution.berkeley.edu>

Läs mer: om slump och urval:

Häggström, O. 2008. Riktig vetenskap och dåliga imitationer. Fri Tanke.

Dawkins, R. 1996. Climbing Mount Improbable. Norton.

Ett tankeexperiment: Skillnaden mellan slump respektive slump + urval

Vad är sannolikheten för att ett slumpvis val av bokstäver ur det engelska alfabetet ska resultera i något så komplicerat som Shakespeares kompletta verk?

Låt oss säga att det innehåller 5 000 000 tecken. En förutsättning för vår liknelse är att vi har hela strukturen för texten utlagd framför oss med tomma platser för bokstäver och mellanslag och att vi sedan slumpmässigt drar tecken till varje position i verket. Sannolikheten för att vi ska lyckas med detta vid en enda dragning är naturligtvis så liten att Shakespeares kompletta verk aldrig kommer att uppstå. Sannolikheten för att hela verket skall uppstå är nämligen 1 på $27^{5\,000\,000}$ vilket är ett så oerhört litet tal att vi inte ens kan föreställa oss vad det innebär.

Men vad händer om vi tillåter oss att låsa de positioner där bokstäverna råkar bli rätt och sedan fortsätter att slumpa på de återstående ännu inte besatta positionerna? (Det här liknar det naturliga urvalet i den evolutionära processen, eftersom en funktion som visar sig vara bra förs över till nästa generation). Första gången vi gör dragningen kommer ungefär vart 27:e tecken att hamna på rätt plats. Om verket omfattar 5 000 000 tecken så kommer ungefär 185 185 ($5\,000\,000/27$) bokstäver på rätt plats efter första dragningen. Vid nästa dragning faller ytterligare 178 326 bokstäver på plats. Nu har 363 511 bokstäver hamnat rätt. Efter trettio dragningar är troligen omkring 3,5 miljoner tecken av 5 miljoner på plats.

Med den här typen av urvalsmekanism är det oundvikligt att verket uppstår på relativt få dragningar (<100) och långt innan dess är mindre avsnitt färdiga och ännu större partier helt förståeliga och konstnärligtuttrycksfulla.

Återigen, skillnaden mellan en helt slumpmässig process och en med en urvalsmekanism är så stor att vi rör oss från omöjligheter till oundvikligheter.

Det finns stora skillnader mellan dessa modeller som exemplet ovan och verklighetens evolution och en av dem är att evolutionen inte har något givet mål. Modellen ovan är hämtad ur boken "Skapelsekonspirationen" av Per Kornhall 2008.