

# Livets uppkomst - abiogenes

Göran Schmidt 2019

[Artikeln har tidigare varit publicerad i antologin "I Begynnelsen Skapade Gud" utgiven på Sjöbergs förlag, utgivningsår 2019.]

## Inledning



Livets mångfald  
Bildkälla: Pixabay

Vi lever. Och vi är inte ensamma – jorden myllrar av levande varelser som kryper, springer, hoppar, gräver, simmar och flyger. Men när och hur startade alltsammans? Forskarna är överens om en sak – livet har inte alltid existerat. Det hade en början. Men när? Och hur gick det egentligen till?

Av skolans läroböcker, populärvetenskapliga tidskrifter och TV-program får man som regel intrycket att det är bevisat att livet uppstod genom *kemisk evolution* eller *abiogenes*<sup>1</sup>, det vill

säga spontana<sup>2</sup> kemiska reaktioner i en samling livlösa kemikalier, en gång för ungefär fyra miljarder år sedan. Är det verkligen så?

Att forskarna tycks vara så säkra på att livet har uppkommit av sig självt beror på att de utgår från ett sätt att se på världen som kallas *naturalism*. Som naturalist menar man att universum, livet, medvetandet – ja, allting – kan förklaras helt och hållet av kemi och fysik. Man väljer att tänka så, därför att det synsättet har varit framgångsrikt inom forskningen, och därför räknar man med att det fungerar även när det gäller frågan om livets uppkomst.

Den viktigaste delen av ett hus är grunden. Om den är stabil blir huset stabilt och tvärt om. När det gäller grundläggande frågor är det därför extra viktigt att man har ett kritiskt förhållningssätt och inte tar för givet allt som skrivs och sägs i ämnet. Livets ursprung är en grundförutsättning för frågan om hur livet kan förändras, det som brukar kallas biologisk evolution – anledningen till att vi och allt annat levande finns till. Det finns därför all anledning att tänka kritiskt även när det gäller frågan om hur livet kan ha börjat. Ja, det är faktiskt extra viktigt därför att läroböckerna, lärarna och programledare på TV sällan gör det – man brukar ta det för givet.

Därför är avsikten med det här kapitlet att balansera den populära bilden av hur livet blev till. Jag kommer att berätta om saker som sällan eller aldrig brukar tas upp, eller som författarna och programledarna kanske nämner om i förbifarten men inte fäster så stor vikt vid som de borde.

Frågan om *när* livet uppstod är intressant, men den är inte fokus i den här artikeln. I stället ska vi koncentrera oss på *hur*-frågan genom att utgå från vad forskningen idag vet om de ämnen som bygger upp levande varelser och hur de kan bildas. Sedan ska vi se om naturalismen ger ett bra svar på hur livet en gång uppstod på jorden, eller om det kanske finns ett bättre svar.

---

<sup>1</sup> *A-bio-genesis* kommer från grekiskan och har den svenska betydelsen *utan-liv-ursprung*

<sup>2</sup> Med spontana kemiska reaktioner menas att det som händer sker "av sig själv" i riktning mot kemisk jämvikt, ett tillstånd där mängderna av de olika ämnena inte längre förändras.

Det finns flera andra spännande angränsande områden, som till exempel om det finns liv på andra planeter eller om forskarna lyckats framställa liv på sina laboratorier. Jag kommer att beröra det lite grand också.

Det finns förstås ett litet "problem" i sammanhanget – det går nämligen inte att komma ifrån att livets ursprung handlar om *kemi*. Och kemi är svårt, anser många. Jag vet - jag har arbetat många år som kemilärare. Du kommer troligtvis inte att förstå allt jag skriver i det här kapitlet, men jag lovar att göra mitt bästa för att göra kemin så lättbegriplig som möjligt. Fast jag kommer säkert inte att lyckas helt 😊.

## Vad är liv?

Ja, vad är egentligen liv? Frågan är faktiskt lätt att svara på: - ingen vet.

Även om ingen vet vad livet innerst inne *är*, så vet vi däremot en hel del om hur livet *yttrar sig*. Alla biologiböcker brukar börja med några ord om vad som kännetecknar levande varelser och nämner saker som att de består av celler och har egenskaper som rörelseförmåga, ämnesomsättning<sup>3</sup> och fortplantning.



Bildkälla: Pixabay

Alla dessa egenskaper bygger på kemi, och därför ska vi nu titta lite närmare på *livets kemi*. För att kunna uttala oss om livets ursprung måste vi naturligtvis veta vad det är som behöver förklaras.

## Livets kemi



Bildkälla: Wikipedia

Din och min kropp är sammansatt av hundratusentals olika ämnen som alla måste finnas på rätt plats, i rätt mängd, i rätt tid och på sätt som gör att de fungerar tillsammans. Det kan liknas vid en bil där varje del har blivit monterad i rätt ordning och med sin speciella funktion som ger sitt särskilda bidrag till att bilen fungerar som det är tänkt. Både en bil och en kropp behöver också repareras och tillföras energi för att fungera – bilen för att kunna köra och vi för att orka arbeta eller plugga. Vi behöver alltså både byggnadsmaterial och energi, och båda sakerna får vi från maten vi äter. Varje sekund sker det tusentals olika kemiska reaktioner i dina och mina celler, där det bildas, förbrukas och återbildas olika ämnen.

När vi äter spjälkas (sönderdelas) maten till mindre beståndsdelar. Spjälkningen börjar så snart den kommit in i munnen och fortsätter hela vägen genom magen och tarmarna. Det sker med hjälp av så kallade *matspjälkningsenzymer*, både våra egna och de som utsöndras från de tarmbakterier som bor i vår tjocktarm<sup>4</sup>. Dessa enzymer (jag ska strax förklara vad det är för någonting) är "specialister" på

---

<sup>3</sup> Ämnesomsättning är alla de kemiska reaktioner som sker inuti kroppens celler.

<sup>4</sup> Vi hade inte klarat oss utan hjälp av ett drygt kilo (hundra biljoner =  $10^{14}$ ), små tarmbakterier i tjocktarmen. De bildar också vitaminer och andra ämnen vi behöver, som t ex K- och B-vitaminer.

att montera ner större molekyler till mindre. De mindre molekylerna tas sedan upp av blodkärlen i tarmväggarna och transporteras till levern där de byggs om eller lagras. När de så småningom behövs kommer de att följa med blodet ut till kroppens olika delar där de byggs ihop till ämnen som passar i vår egen kropp, ungefär som ett legoflygplan kan monteras ner och användas till att bygga en legobil. Det är därför vi aldrig behöver vara oroliga för att få vit, lurvig päls på kroppen för att vi gillar lammkött, eller gröna öron för att vi är veganer och älskar sallad. Det är ju tur 😊.

Låt oss titta närmare på några av livets viktiga ämnen.

## 1. Proteiner

Proteiner är fantastiska molekyler som finns i många olika varianter. Så kallade *strukturproteiner* bygger upp allt levande och ger det dess särskilda form<sup>5</sup>, *enzymer* är proteiner som skyndar på<sup>6</sup> och samordnar alla kemiska reaktioner i cellerna, *motorproteiner* ger rörelseförmåga, *transportproteiner* ser till att ämnen som tillverkas i cellerna hamnar precis där de behövs, och *immunoglobuliner*, i vardagligt tal *antikroppar*, försvarar kroppen mot inkräktare och främmande ämnen. Ibland måste man nästan påminna sig om att det inte handlar om små levande varelser, utan om livlösa men finurliga "proteinrobotar", ofta sammansatta av hundratals mindre proteinmolekyler. Skriv in orden "motor protein animation" i din webbläsare så kan du se hur coola dessa molekyler kan vara!

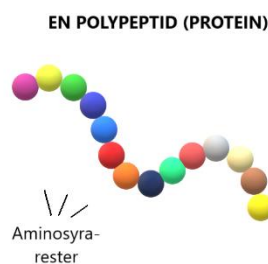


Bild: Förf.

Proteinmolekylerna, eller polypeptider om de är kortare, bildas genom att mindre molekyler – **amino-syror** – kopplas samman till kedjor, ungefär som pärlor kan sättas ihop till pärlhalsband.

Aminosyrorna kommer från spjälkningen av de proteiner som vi får i oss med maten. Det finns praktiskt taget alltid<sup>7</sup> 20 olika aminosyror i levande varelser, så tänker man sig pärlorna i 20 olika färgnyanser<sup>8</sup> så kan det vara ett stöd för minnet. I en bakterie finns det några tusen olika proteiner, i en människa hundratusentals, vart och ett med sitt unika "recept" på ordningen av pärlorna. Den

ordning som de sitter i avgör vilken tredimensionell form halsbandet

får, och formen bestämmer i sin tur funktionen. Att ordningsföljden på aminosyrorna i kedjan är så avgörande är egentligen inte konstigare än att orden "motor" och "morot" betyder väldigt olika saker, fast bokstäverna är samma<sup>9</sup>.

Aminosyror har en speciell egenskap som gör dem extra intressanta för frågan om livets ursprung, men det återkommer vi till om en liten stund.

Men hur vet då "kroppen" i vilken ordning som aminosyrorna ska placeras i de olika proteinerna?

<sup>5</sup> Att vi ser olika ut beror på att vissa av våra strukturproteiner inte är exakt likadana.

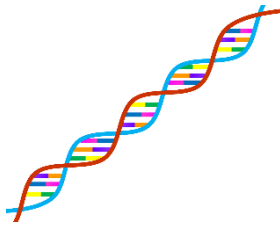
<sup>6</sup> Det finns proteiner (enzymer) som kan göra att en kemisk reaktion sker med en hastighet som är 1000 000 000 000 000 000 (10<sup>21</sup>) gånger snabbare än den annars skulle ha gjort. Det är som skillnaden mellan tusen gånger per sekund och en enda gång på 32 miljarder år!

<sup>7</sup> Det finns några enstaka undantag från regeln hos vissa bakterier

<sup>8</sup> I praktiken har de 20 aminosyrorna väldigt olika storlek, utseende och kemiska egenskaper, vilket bidrar till att kedjorna kan ha så många olika funktioner, beroende på i vilken ordning "pärlorna" sitter.

<sup>9</sup> "morot" och "motor" är så kallade *anagram*. Du kan hitta många kul sådana på <http://www.arrak.fi/sv/ag>. Om du söker på "anagram" kommer Google bara på rent bus att fråga om du menar "magarna" ;)

## 2. DNA



DNA-spiralen  
Bildkälla: Wikipedia

Svaret på den frågan är att "recepten" – *generna* – för de olika proteinerna finns lagrade inne i cellkärnan<sup>10</sup> på en molekyl som kallas DNA<sup>11</sup>. Den är en så kallad *nukleinsyra* och har formen av en spiralvriden repstege där stegpinnarna utgörs av fyra olika *nukleotider* som sitter i långa rader utefter molekylen.

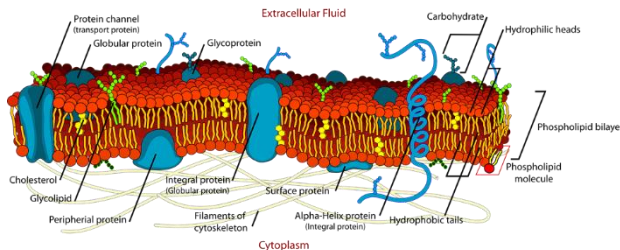
Nukleotiderna är i sin tur sammansatta av **kvävebaser**<sup>12</sup>, **socker**<sup>13</sup> och **fosfat**. Läs gärna om DNA-molekylen i din biologibok eller på nätet. Den

fungerar ungefär som en jättstor bokhylla med pärmar fyllda med tiotusentals proteinrecept som plockas fram när de behöver användas. Hos människan finns det 46 pärmar (23 från vår mamma och 23 från pappa) i alla kroppsceller. De kallas *kromosomer*.

Cellerna i vår kropp lever i genomsnitt bara sju år, så de behöver bytas ut med jämna mellanrum. De behöver därför kunna dela sig, och varje gång det sker kopieras en "textmängd" som motsvarar 1000 biblar bokstav för bokstav! Du kan läsa mer om det längre fram. Det finns också en annan nukleinsyra som förkortas RNA, som jag också kommer att nämna lite mer om senare.

## 3. Lipider

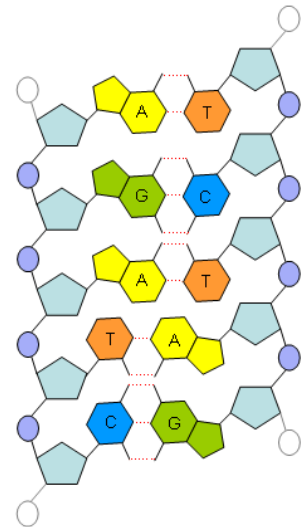
Lipider, till exempel fett, är en grupp ämnen som är viktiga som energikälla. Men inte bara det, utan också som byggnadsmaterial för *cellmembran*. Alla livets kemiska reaktioner sker inuti celler, och



Modell av ett cellmembran  
Bildkälla: Pixabay

cellmembranet är en jättetunn, men komplicerat uppbyggd hinna som skiljer cellens insida från dess utsida. Den är i princip flytande och består av så kallade *fosfolipider* tillsammans med många olika proteiner. Förr i tiden trodde man att cellmembranet inte var särskilt mycket mer komplicerat än en såpbubbla, men idag vet man att det har många livsviktiga funktioner<sup>14</sup>. Ett trasigt cellmembran leder alltid till att cellen dör. Det beror på att livets kemiska reaktioner måste

ha en väldigt konstant<sup>15</sup> miljö för att kunna ske med rätt hastigheter i förhållande till varandra, som till exempel när det gäller surhetsgrad (pH-värde), elektrisk laddning och salthalt. Om vi till exempel äter en hel påse med supersura eller supersalta karameller eller en jätteportion med salta kräfter, så



DNA består av fosfat (blå ringar), sockerarten deoxyribos (grå femhörningar) och kvävebaser (färgglada figurer i mitten av kedjan)  
Bildkälla: Wikipedia

<sup>10</sup> Alla våra celler (utom de röda blodkropparna) har en cellkärna där DNA förvaras.

<sup>11</sup> DNA är en förkortning av det engelska namnet på deoxyribonukleinsyra.

<sup>12</sup> Det finns fem olika kvävebaser i levande varelser. Fyra av dem finns i DNA. Det är *adenin* (A), *guanin* (G), *cytosin* (C) och *tymin* (T). I RNA finns A, G och C, men i stället för T finns kvävebasen *uracil* (U).

<sup>13</sup> I RNA finns sockerarten *ribos*, i DNA finns en snarlikt som heter *deoxyribos*. Båda tillhör gruppen *kolhydrater*.

<sup>14</sup> De proteiner som finns i membranet tycks vara så viktiga att ungefär en fjärdedel av generna i levande varelser är recept på just sådana.

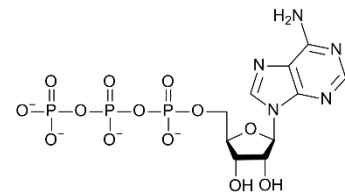
<sup>15</sup> Konstant = lika, oförändrad

kommer det in en massa sura ämnen eller salt i blodet. Då måste kroppen snabbt se till att kompensera för det på olika sätt, för annars skulle det bli kaos i livets kemi och vi skulle bli sjuka eller dö. Som väl är behöver vi själva aldrig tänka på sådant där. Det sköts automatiskt och kallas med ett fint ord för *homeostas*<sup>16</sup>. Troligen kontrolleras även detta av informationen i DNA. Vid det här laget har du säkert börjat ana hur komplicerat och välorganiserat livet är!

#### 4. Energimolekylen ATP

Det kostar *energi* att koppla samman två mindre molekyler till en större, till att transportera ämnen och mycket annat. Det är intressant att alla levande varelser på jorden, oavsett om det handlar om bakterier, växter eller djur, använder sig av en och samma<sup>17</sup> energimolekyl för alla de tusentals kemiska reaktioner som sker inuti cellerna. Den molekylen är en nukleotid som kallas *adenosintrifosfat*, vilket brukar förkortas *ATP*.

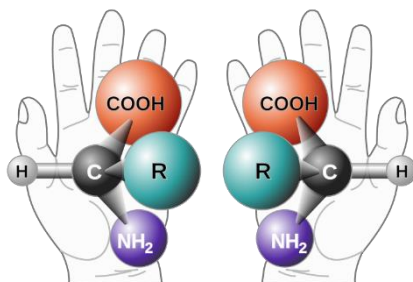
Energin i de lipider och andra energirika ämnen vi äter måste först överföras till ATP innan den går att använda. ATP-molekyler tillverkas, förbrukas och återbildas i en rasande takt, inte minst i vår hjärna. Man räknar med att du och jag omsätter gott och väl vår egen kroppsvikt varje dygn av denna pyttelilla men livsnödvändiga molekyl! Idag känner vi bara till ett sätt som ATP kan tillverkas på, och det är inuti levande celler med hjälp av en liten eldriven "molekylmaskin" som heter *APT-syntas*<sup>18</sup>. Du kan se dataanimationer av den på internet om du söker på "*ATP synthase animation*".



ATP-molekylen

Bildkälla:  
Wikipedia

#### Kiralitet – vad är det?



De båda spegelformerna av en aminosyra  
Bildkälla: Wikipedia

Jag nämnde tidigare att aminosyror har en speciell egenskap som är viktig i det här sammanhanget. Den brukar kallas *kiralitet*. Ordet kommer från grekiskans *kheir* som betyder "hand". Precis som våra två händer är varandras spegelbilder så gäller detsamma för många molekyler. Det märker man om man gör modeller av dem. Alla de 20 aminosyror, förutom den minsta av dem, har två spegelformer som kallas L- respektive D-formen<sup>19</sup>. Proteiner i alla levande varelser innehåller bara L-formen av aminosyror i sina pärlhalsband, trots att tillverkning av aminosyror alltid spontant leder till

blandningar med 50% av varje slag. Det är till och med så, att om man löser upp ren L- eller D-form av en aminosyra i lite vatten i ett provrör, så kommer det efter en stund att finnas lika mycket av

<sup>16</sup> Homeostas är komplicerat. Varje liten förändring måste registreras, sedan måste "cellen" fatta ett smart beslut om vilken åtgärd som ska göras och sen ska den genomföras. Det som sker i cellerna motsvarar alltså det som ingenjörer ägnar sig åt inom vetenskapsområdet *reglerteknik*.

<sup>17</sup> Alla regler har undantag. Ett mindre antal kemiska reaktioner kan ske med hjälp av en molekyl som heter *acetyl-koenzym A*.

<sup>18</sup> ATP-syntas-maskinen har även en viktig funktion i cellerna när den kör baklänges. Då förbrukas ATP och det uppstår elektriska laddningar som kan användas till andra viktiga saker.

<sup>19</sup> I stället för beteckningarna L/D används ibland vänster/höger eller S/R, men det är samma sak (bortsett från att aminosyran cystein i levande varelser i det nya systemet blir definierat som R i stället för S).

båda formerna i röret. Att det trots detta bara finns den ena sorten i alla proteiner beror på att det finns speciella enzymer i cellerna som ser till att det bara blir den ena av dem som monteras.<sup>20</sup>

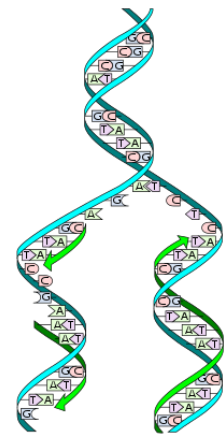
Det gäller samma sak för de sockerarter som ingår i DNA och RNA, men med skillnaden att det där bara förekommer D-formen av sockermolekylerna. I praktiken är problematiken ännu större med dessa sockermolekyler. Det finns nämligen *åtta* olika men snarlika sockermolekyler som ribos, men bara en av dem förekommer i RNA. Hur kunde det bli så, kan man undra.

Kiraliteten är så viktig att det räcker med en enda aminosyra av fel variant för att en proteinmolekyl helt ska förlora sin 3D-form och därmed sin funktion. Och detsamma gäller i DNA-molekylen – en stackars L-sockermolekyl bland hundratusentals D-molekyler i DNA-spiralen och molekylen skulle få en konstig böj som skulle göra att den slutade fungera som informationsbärare.

Vad spelar det här för roll för frågan om livets ursprung, undrar du kanske? Det kommer du att förstå om en liten stund!

### Molekyler som samverkar – replikation och proteinsyntes

Jag nämnde tidigare att DNA-molekylen kopieras i samband med celledningen. Det skulle ta för lång tid att beskriva hur den fantastiska kopieringen av DNA går till i detalj, men det är ett bra exempel på hur olika ämnen samverkar med varandra i en levande cell, i det här fallet nukleinsyror och proteiner. För att DNA ska kunna kopieras – *replikeras* – behöver det finnas ett hundratal olika proteinmolekyler (enzymer) på plats för att se till att rätt sak sker i rätt ordning och på rätt ställe. Och alla de hundra proteinerna har sina egna unika

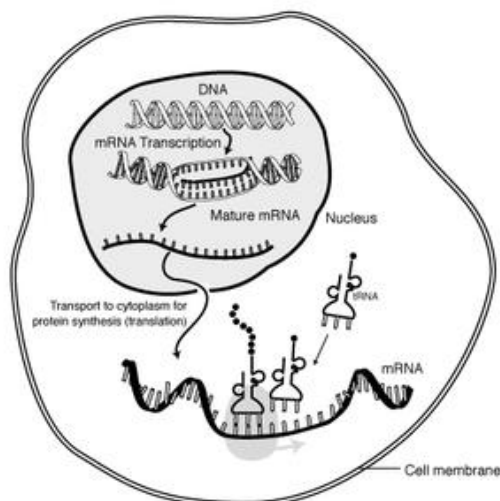


DNA under kopiering (replikation)

Bildkälla:

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2497221>  
av I, Madprime, CC BY-SA 3.0

recept skrivna på samma DNA som de själva kontrollerar! Du kan hitta beskrivningar av hur det funkar i någon lärobok i biologi eller naturkunskap, och det finns många videoklipp på internet som illustrerar det – det är bara att söka på *“replication animation”*.



Proteinsyntesen

Bildkälla: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:MRNA-interaction.png>  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4889777>

Ett annat coolt exempel på hur nukleinsyror och proteinerna samverkar är den så kallade *proteinsyntesen*. Även här behövs det finnas fler än hundra olika samarbetande proteiner på plats för att proteiner ska kunna tillverkas i en levande cell. Och det sker tack vare den *“genetiska koden”*, som kan liknas vid en språklig överenskommelse, gemensam för allt levande<sup>21</sup>. Kika gärna på det i en gymnasiebok om du vill veta mer, eller titta på en animation på nätet genom att skriva in *“protein synthesis animation”*.

<sup>20</sup> Det är mycket svårt att tillverka bara den ena spegelbilden av ett ämne i ett laboratorium. Ett bevis på det är att det gav Nobelpris i kemi 2001. De två spegelbilderna av ett ämne, t ex ett läkemedel, kan ha helt olika effekt i kroppen. Det finns tragiska exempel på det, som *talidomid* (*“neurosedyn”*). Läs om det på nätet om du vill.

<sup>21</sup> Även från denna regel finns det faktiskt en del undantag.

När större molekyler ska monteras ihop i våra celler sker det som regel i många små steg där molekylerna byggs upp en bit i taget, och för varje steg krävs det ett enzym som ser till att just det steget sker med rätt hastighet i förhållande till alla andra steg. Annars skulle det snart uppstå "högar" med överblivna råvaror, mellanprodukter eller slutprodukter som skulle kunna ställa till det inuti cellen. Därför krävs det – precis som i bilfabriken – system som övervakar hela produktionskedjan. Också för detta behövs det information från cellkärnans DNA.

### Sammanfattning av Livets kemi

För att livet (som vi känner till det) ska fungera så behövs det alltså åtminstone:

- *Proteiner* som kan bygga upp kroppen och möjliggöra alla dess olika funktioner. Proteinerna är kedjor av *aminosyror* som alltid är av den ena av två möjliga former (L-formen)
- *Nukleinsyror* (DNA och RNA) som kan lagra proteinrecept och kontrollera det som händer i de olika cellerna. Nukleinsyror är kedjor av *nukleotider* som i sin tur består av *kvävebaser*, *socker* och *fosfat*. Sockermolekylerna är alltid av högerhandens form (D-formen)
- *Lipider* som bygger upp membran och förser cellerna med energi som överförs till användbart ATP.

### Vad behöver en hypotes om livets ursprung förklara?

Om livet en gång uppstod av sig självt, så måste en hypotes<sup>22</sup> om det förklara åtminstone de viktigaste och mest grundläggande sakerna som vi vet behövs för liv:

- *För det första* att livets minsta byggstenar aminosyror, kvävebaser, kolhydrater (socker), nukleotider (som t ex ATP) och lipider kunde uppstå spontant.
- *För det andra* hur dessa byggstenar kunde koppla samman sig till långa molekyler (nukleinsyror och proteiner).
- *För det tredje* hur det kom sig att dessa kedjor kom att bestå enbart av L- eller D-formen av sina beståndsdelar.
- *För det fjärde* hur de slumpmässigt sammansatta nukleinsyrorna kom att bli bärare av meningsfull information.
- *För det femte* hur proteiner och nukleinsyror kunde börja samarbeta och bli helt beroende av varandra (som t ex vid replikationen och proteintillverkningen).
- *För det sjätte* hur det (åtminstone idag) nödvändiga cellmembranet blev till.

Vi ska snart se om modern forskning har bra svar på de här frågorna, men innan det ska vi se hur läroböckerna i biologi och naturkunskap förklarar hur livet uppstod.

### Livets uppkomst i läromedel och andra media

---

<sup>22</sup> En hypotes är ett antagande om verkligheten. Ett antal hypoteser som visat sig stämma kan sättas samman till en teori.

Skolans läroböcker återger en berättelse om hur livet uppstod på jorden, men vi får egentligen inte så många detaljer. Läroboksförfattarna brukar nöja sig med att berätta de viktigaste sakerna på ett mycket förenklat sätt, och då brukar det handla om:

- att jorden från början hade en helt annan sorts atmosfär än den vi har idag – en ”reducerande” uratmosfär bestående av ämnen som till exempel vätegas, metan, ammoniak, kvävgas, kolmonoxid, vattenånga och vätecyanid, men utan fritt syre.
- att jorden utsattes för energi i form av blixurladdningar och ultraviolett ljus från solen.
- att en rysk forskare som hette Oparin på 1920-talet lade fram en hypotes om att livet började i en ”ursoppa” av enkla kemikalier.
- att amerikanerna Stanley Miller och Harold Urey gjorde ett experiment 1953 med blixurladdningar i en gasblandning som liknade det man trodde fanns i jordens uratmosfär, och att det då bildades små mängder av aminosyror. Det brukar också nämnas att sedan dess andra forskare genom liknande försök har framställt de flesta av livets grundläggande byggstenar.
- att aminosyror som upphettas kan bilda ”*proteinoider*” (proteinliknande kedjor) som spontant kan bilda cell-liknande droppar – *mikrosfärer* – som kan växa, knoppas och dela sig ungefär som jästceller.
- att livet på jorden troligen började med en ”RNA-värld”, eftersom det finns RNA-molekyler i levande celler som i viss mån kan fungera som enzymer, vilket annars bara proteiner kan.



Stanley Miller med sin försöksapparat.  
Bildkälla: Wikipedia

Läroböckerna brukar sedan fortsätta med att berätta om hur cellerna med tiden blev mer och mer komplicerade och slog sig samman till flercelliga varelser, att det så småningom uppstod två olika kön, och så vidare. Men eftersom dessa berättelser dels förutsätter att livet redan *har* uppstått och dels är rena spekulationer, så väljer jag att inte kommentera dem i den här artikeln.

Nu vet vi i alla fall vad som behövs i form av livets grundläggande kemikalier, och även litet hur forskarna tänker kring hur livet uppstod av sig självt. Nu är det äntligen dags att se vad vi idag (2019) vet om de här sakerna.

## Forskningsresultaten

### 1. Vad vet vi om jordens uratmosfär?

En majoritet av forskare är idag överens om att den tidiga atmosfären inte kan ha innehållit några större mängder av vare sig väte, ammoniak eller metan, vilket alla var ämnen som ingick i Millers gasblandningar och som var nödvändiga för att det skulle bildas något som har med livet att göra.

Man är lika överens om att atmosfären måste ha innehållit betydande mängder syre, så i fråga om detta är skolböckerna som regel inte uppdaterade. Ett av skälen till omsvängningen är att en planet med så mycket vatten som jorden måste ha haft stora mängder vattenånga i sin atmosfär. Eftersom UV-(ultraviolett) ljus från solen sönderdelar vattenmolekyler till två delar väte och en del syre bör det ha funnits ganska gott om syrgas. Ett annat skäl är att de allra djupast liggande – och därmed äldsta – bergslagen är ”oxiderade” (de innehåller till exempel rost och inte andra former av järn), vilket tyder



på att det fanns gott om syre när de bildades. Ett tredje skäl är att om jordens atmosfär inte hade innehållit någon syrgas (O<sub>2</sub>) så hade den heller inte innehållit något ozon (O<sub>3</sub>) som kunde ha hindrat den direkt livsfientliga UV-strålningen från att nå jordytan.

Den *enda* anledningen till idén om en uratmosfär utan syrgas är faktiskt att om det funnits sådan i försöksapparaturen hade alla ingredienserna och eventuella produkter brunnit upp. Tänk på dina egna kemilaborationer när du blandade vätgas med syrgas och tände på. Pang!

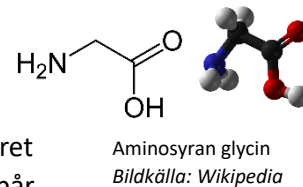
Både syre och UV-strålning är alltså på samma gång nödvändigt och förbjudet. Lite klurigt.

## 2. Har det funnits en koncentrerad ursoppa av kemikalier i jordens urtid?

Om den har funnits så har geologerna i varje fall inte kunnat hitta några som helst spår efter den i berglagren. Realistiska beräkningar utifrån vad vi vet om tillgången på olika grundämnen och om kemins lagar visar att det måste ha varit mycket utspädda lösningar av organiska ämnen på en tidig jord, särskilt om de skulle blanda sig med oceanernas vatten. Livets kemikalier är nämligen mycket känsliga och sönderfaller lätt.

## 3. Kan livets enklaste beståndsdelar bildas genom försök liknande Miller-Ureys?

I försöket 1953 bildades små mängder av tre av de enklaste (minsta) aminosyror, framför allt glycin som är den allra enklaste. Genom att anordna en "fälla" för att fånga upp dem kunde Miller undvika att de slogs sönder av nästa elektriska urladdning. När Miller härom året upprepade sitt försök med mer realistiska gasblandningar (inklusive spår av syrgas) bildades bara spår av glycin.



Duktiga kemiingenjörer har idag med hjälp av renframställda råvaror och olika noggrant valda kombinationer av faktorer som temperaturer, energikällor, tryck, lösningsmedel och surhetsgrader steg för steg lyckats framställa de flesta av livets enklaste byggstenar, som exempelvis 19 av de 20 aminosyror som finns i levande varelser och de fem kvävebaser som förekommer i naturens nukleinsyror. Men helt i enlighet med kemins lagar bildas de alltid i 50/50-blandningar av sina respektive spegelbilsformer, vilket är ett bekymmer. Eller i varje fall en stor utmaning.

Ett annat problem är giftigheten. För att bilda kvävebaser låter man t ex de båda ämnena formaldehyd och vätecyanid reagera med varandra. Problemet är att båda ämnena, speciellt vätecyanid<sup>23</sup>, är dödligt giftiga, vilket gör det svårt att föreställa sig liv i en miljö med de ämnena närvarande.

Vissa andra av livets byggstenar har visat sig väldigt svåra att framställa trots att man använder sig av avancerad kemiteknik. Det gäller t ex kvävebasen cytosin och sockerarten ribos som finns i RNA. De är så känsliga att de förstörs ungefär i samma takt som de bildas.

## 4. Kan livets byggstenar spontant ha bildat långa kedjor?

Aminosyror hör till en kategori av ämnen som kallas för *divalenta*, eftersom de har två atomgrupper som gärna reagerar med andra ämnen eller med varandra<sup>24</sup>. Det betyder att man kan likna dem vid små trä- eller plastbitar försedda med två tryckknappar. Sådana bitar kan man foga samman till kedjor genom att klicka dem i varandra med en bit till vänster och en annan till höger.

<sup>23</sup> Vätecyanid var det gift som användes i gaskamrarna i Hitlers Nazityskland.

<sup>24</sup> Aminosyror har en aminogrupp och en karboxylgrupp. En aminogrupp kan reagera med en karboxylgrupp på en annan aminosyramolekyl och på det viset bindas ihop med denna, och så vidare.

Vid Millers experiment och liknande bildas alltid någonstans mellan 3-5 gånger fler molekyler som är *monovalenta*. Det är ämnen med bara en enda tryckknapp (t ex myrsyra och ättiksyra). Eftersom "knapptryckningarna" i en blandning av kemikalier sker slumpvis, så räcker det med små mängder monovalenta molekyler i blandningen för att polymerisationen (kedjeförlängningsprocessen) ska avstanna. Detta är välkänt inom t ex plastindustrin där råvarorna måste vara extremt rena (mer än 99,9% för att det ska kunna bildas plastmolekylkedjor).

De kemister som arbetar med ursprungskemin undviker detta problemet, eftersom de i stället för de aminosyror som bildas i Millerförsöken använder väldigt rena sådana när de försöker få dem att bilda kedjor, och det gör saken mycket lättare. Så det här problemet brukar inte ens nämnas i läroböckerna.

Kemister är därför idag ganska säkra på att proteiner *inte* kan ha bildats i ett urhav eller en damm. De vet nämligen att det är mycket svårt att tillverka organiska<sup>25</sup> ämnen i vattenmiljö, eftersom kedjorna där blir kortare och kortare i stället för tvärt om<sup>26</sup> (i kemiindustrin använder man sig av andra vätskor när de bygger sina stora molekyler).

Av det skälet har man provat att "steka" aminosyror vid hög temperatur för att få dem att bilda kedjor, men stekningen förstör många av aminosyrorna eftersom de ofta är mycket värmekänsliga.

Andra forskare har föreslagit att det i stället skedde på torr lera. Men experiment har visat att lera håller fast aminosyror så hårt att de inte tillåts bilda några kedjor.

I levande celler, däremot, sker alla kemiska reaktioner i närvaro av vatten. Det är möjligt tack vare enzymer (proteiner) som kan skapa små avgränsade, vattenfria miljöer inuti sig själva, och där tillföra energi i form av ATP till att koppla ihop aminosyrorna.

Motsvarande gäller för sammanslagningen av nukleotider till nukleinsyror. Förutom att tillverkning av nukleotider i sig kräver avancerad kemiteknik med helt andra råvaror<sup>27</sup> och reaktionsvägar än i levande celler så bildas det bara (korta) kedjor av nukleinsyror under förutsättning att sådana redan finns på plats. Men det kan ju knappast förklara hur de hamnade där från början.

Kedjebildningen är ännu ett problem för hypoteserna om livets spontana uppkomst.

## **5. Finns det bevis för hur proteiner och nukleinsyror kunnat bildas som bara innehåller vänster- eller högerhandens form av aminosyra eller socker?**

Nej. Detta är en av ursprungskemins allra största utmaningar. Det finns ett antal mer eller mindre långsökta försök att förklara hur det kunnat uppstå större proportion av den ena spegelvarianten av aminosyrorna, men i dagsläget finns det ingen känd realistisk förklaring. Kom ihåg att det räcker med en enda felaktig byggsten någonstans i kedjorna för att förstöra alltsammans.

Att ur en blandning av lika mängder S- och R-molekyler slumpmässigt bilda en kedja av 300 molekyler av enbart den ena varianten (vilket motsvarar längden på ett medelmåttigt protein och en kort nukleinsyra) skulle vara som att singla slant och få samma sida av myntet uppvänt 300 gånger i rad. Prova själv med att lyckas 10 gånger så inser du problemet för teorin om hur proteiner, DNA och RNA uppstod spontant.

---

<sup>25</sup> Organiska ämnen är (aningens förenklat) sådana som innehåller kol.

<sup>26</sup> Det kallas på kemispråk för att de *hydrolyserar*. Av grekiskans *hydro* = vatten och *lysis* = sönderdelning.

<sup>27</sup> Hör bara: cyanamid, cyanoacetylen, glycolaldehyd, glyceraldehyd och oorganiskt fosfat (som nästan alltid förekommer i bunden form i naturen i form av olika mineral).

## **6. Är det realistiskt att förvänta sig att meningsfull information kan uppstå ur slumpmässiga sekvenser av nukleotider eller aminosyror genom trial-and-error ("naturligt urval")**

Låt oss anta det likväl *skulle* råka ha uppstått en kedja på några hundra enheter av samma spegelbilda-variant i ett protein, DNA eller RNA. I så fall skulle den med största sannolikhet inte innehålla mer meningsfull information än en slumpmässig rad med bokstäver. Går det då att göra slumpmässiga förändringar av en nonsenstext så att den spontant utvecklas till en meningsfull text? - Bara om någon eller något byter ut meningslösa bokstavskombinationer mot meningsfulla med ett mål i sikte. Men innan livet existerade fanns inget naturligt urval och enligt naturalismen heller ingen "Någon". Att livets molekyler skulle fyllas med meningsfull information genom naturligt urval är bara en lek med ord utan något stöd i verkligheten. I kemins värld råder kemins lagar. Kemins lagar skapar ingen information lika lite som andra naturlagar skulle kunna skapa meningsfull information på en textside. Bara författare ägnar sig åt sådant. Det tror vi inte – vi vet!

## **7. Vet vi hur samspelet mellan proteiner och nukleinsyror uppstod?**

Nej, vetenskapen kan inte uppvisa något exempel på att språkliga överenskommelser som den genetiska koden kan uppkomma av sig själv.

Att information förs vidare från generation till generation är en nödvändig förutsättning för livet. Utan en mycket exakt kopiering av DNA eller RNA skulle meningsfull information hjälplöst försvinna inom loppet av några få generationer. Kruxet är att alla livets korrekturläsningssystem som vetenskapen känner till är oerhört avancerade och effektiva, och är helt beroende av ett stort antal samverkande proteiner, som i sin tur är helt beroende av att deras recept i DNA är väldigt väl bevarade. Det är därför mycket svårt att föreställa att korrekturläsningen inte fungerade redan från början. Det här är ytterligare ett stort dilemma för idén om livets spontana uppkomst.

## **8. Den "universella" ATP-molekylens uppkomst**

ATP-molekylen är en aktiverad nukleotid. Redan att bilda nukleotider har visat sig ytterst svårt för kemiingenjörer. Att aktivera dem (ladda dem med energi) är om möjligt ännu svårare, så hur ATP-molekyler kom att användas i allt liv innan det fanns ATP-framställningsmaskiner (ATP-syntaser) är också det en gåta.

## **9. Är liv möjligt utan cellmembran?**

Nej, inte så som vi idag känner till livet. Ett enkelt lipidhölje kring en cell är ungefär som att lägga en mus i en plastpåse och knyta till. Det leder snabbt till syre- och näringsbrist och en säker död. Att proteinliknande ämnen kan bilda droppar i vatten som för ögat påminner om celler ("mikrosfärer") må vara hänt, men allt liv vi känner till förutsätter att syre och näringsämnen kan transporteras på ett kontrollerat sätt in och ut ur cellerna. Något som liknar mikrosfärer bildas faktiskt när du skakar olja och vinäger till din sallad. Den blir liksom inte mer levande för det...

## **10. Kan det hela ha börjat med en "RNA-värld"?**

Orsaken till idén om en RNA-värld är att praktiskt taget alla forskare insett de oerhörda kemiska problemen med att bilda proteiner och DNA som jag har beskrivit. Eftersom det finns RNA-molekyler i cellkärnorna hos moderna celler som kan fungera lite grand som enzym (så kallade *ribozym*) och eftersom man genomfört experiment där man har visat att de visar en tendens till att "kopiera sig

själva”<sup>28</sup> så har hypotesen blivit väldigt populär. Jag ska bara helt kort nämna något av den kritik som andra forskare riktat mot tanken på en RNA-värld:

- Vi känner inte till något realistiskt<sup>29</sup> sätt för vare sig uppkomsten av RNA:s beståndsdelar eller RNA självt utanför en levande cell (där det sker med hjälp av enzymer, som naturligtvis inte fanns i en RNA-värld)
- RNA är en mycket känslig molekyl som lätt förstörs, i synnerhet i solljus. Den som följt med i vaccindebatten lär inte ha missat att mRNA-vaccin måste förvaras i -70°C. RNA i en droppe på ditt köksbord bryts ner på mindre än en minut i rumstemperatur!
- För att kunna skapa kopior av sig själv skulle RNA-molekylerna behöva vara orealistiskt långa (200-300 nukleotider)
- Slumpmässiga rader av nukleotider är lika tomma på mening som slumpmässiga rader av bokstäver.
- Hur skulle informationen i RNA kunna bevaras från generation till generation utan proteiner som korrekturläste dem?
- Hur skedde en övergång från en värld med bara RNA till dagens värld där RNA, DNA och proteiner är helt beroende av varandras existens?

Har du läst något om de här problemen i skolböckerna? Troligtvis inte.

Nu är det dags att sammanfatta allt vi lärt oss.

## Slutsatser

Kemister har lyckats framställa många av livets enklaste byggstenar i olika varianter av Millers försök. Några av dem har man ännu inte lyckats med, men det är inte på den nivån de största problemen finns. Det är i stället att montera dem till informationsbärande molekyler som proteiner och nukleinsyror, som kan samverka och bli beroende av varandra och därmed göra livet möjligt.

Framställningen av livets byggstenar kan liknas vid att spränga ett berg (skicka elektriska



Stenslott  
(Neuschwanstein)  
Bildkälla: Pixabay

urladdningar genom en blandning av oorganiska gaser) och hitta en och annan byggsten bland sprängstenarna. Att bilda fungerande kedjor av dem är som att samla ihop högar med fina byggstenar och fortsätta med att spränga högarna och hoppas på att det uppstår stenslott. Vi inser intuitivt att sådant inte händer, trots att det rent statistiskt sett inte skulle vara helt uteslutet. Lika lätt inser vi att stenslott är väldigt naturliga saker om vi tillåter oss att tänka i termer av planering, ritningar, verktyg och målmedvetenhet. Med andra ord – intelligens. *Utan* intelligens är det en praktisk omöjlighet att det kan finnas stenslott, *med* intelligens är det inte ett dugg märkligt – det handlar bara om att intelligenta varelser som vi gör rätt sak i rätt tid, på rätt plats, med framförhållning och med

målet i sikte. Nukleinsyror och proteiner är ”stenslotten” i molekylernas värld – de är inte livet, men de är en förutsättning för det.

Att bygga meningsbärande organiska molekyler genom kemisk ingenjörskonst är minsann inte lätt. Den världsberömda kemisten James Tour som arbetar med just detta har sagt att det är ett hån mot

<sup>28</sup> I praktiken ungefär 10% av sig själva, och bara om det redan finns en komplett kopia närvarande.

<sup>29</sup> T ex att de råvaror som behövs för bildning av kvävebaser kemiskt sett effektivt förhindrar uppkomsten av sockerarter som ribos. Båda behövs nämligen på samma ställe för att kunna bilda nukleinsyra (RNA).

honom och hans kolleger när ursprungsforskarna säger att så fantastiska molekyler som DNA och proteiner kan uppstå utan någon som helst intelligens. Tour säger:

”De som säger, ’Det här har vi en bra bild av’ (hur den första levande cellen uppstod) de vet ingenting – *ingenting* – om kemisk syntes – *ingenting*.”

Men hur ska du nu kunna lita på att jag har gett en rättvisande bild av de kemiska förutsättningarna för livets uppkomst i det här kapitlet? Jo, genom att själv läsa om ämnet och jämföra olika källor med det jag sagt, och genom att fråga kunniga kemister.

En liten vink om att det stämmer kan man få genom att lägga märke till att det idag skrivs förhållandevis litet om livets uppkomst i jämförelse med när jag själv var ung på 1960-talet. Jag tror att det beror på att den biologiska och kemiska verkligheten har hunnit i kapp våra forskare. En annan vink får man genom att läsa om de hypoteser som duktiga forskare föreslagit som alternativ till de vanliga hypoteserna om livets uppkomst.

En sådan hypotes kallas **panspermi**. Det är idén att livet kom till jorden från en annan plats i universum. Man har insett att tiden för livet att ha utvecklats på jorden inte räcker till, och tycker att ett utomjordiskt ursprung för livet löser det problemet. En variant är **riktad panspermi** som går ut på att intelligenta rymdvarelser medvetet planterade livet på jorden. Rymdvarelserna själva tänker man sig då har utvecklats från liv som uppstod någonstans där borta i stället för här. Men kritiken är förstås densamma i det fallet. Man förflyttar liksom bara problemet några ljusår bort från sitt eget skrivbord.

Finns det liv på andra planeter? Svar: Det vet vi inte. Vad vi däremot vet väldigt säkert, är att fysikens och kemis lagar gäller i hela vårt universum. Och om de kemiska problem som vi konstaterat är stora här, trots att jorden har idealiska förutsättningar för liv, så bör de vara det även på andra ställen i universum. Ibland kan man få intrycket att om man skulle hitta vatten på en planet någon annanstans, så är chansen stor att där har utvecklats liv. Men även om vatten är en nödvändig förutsättning för liv, så är det som vi sett på samma gång en fiende till de kemiska reaktioner som skulle kunna leda fram till liv.

Den senaste hypotesen om livets ursprung brukar gå under namnet **självorganisation**. Det är tanken att komplexa molekyler och samspel mellan molekyler kan uppstå av sig själv för att det finns en okänd naturlag som gör att det måste bli så med tiden. De som tänker så brukar peka på kristallbildning som till exempel när vattenmolekyler i ånga spontant ordnar sig i vackra geometriska mönster i form av snöflingor, när det uppstår virvlar i havet eller bildas vackra vågmärken på en sandstrand eller i en öken. Problemet med självorganisation är att idén saknar experimentellt stöd utom just i sådana här banala fall. Mönstren i en snöflinga beror på en kombination av slumpen och vattenmolekylens geometri, och har ingen likhet med informationen i en gen som kodar för en meningsfull detalj i t ex en molekylmaskin. Samma sak gäller för de andra liknande exemplen.

Allra sist: Det kan hända att en del av de fakta som nämnts i den här artikeln kommer att behöva uppdateras om några år. Kanske hittar man ännu en kombination av kemikalier som leder till att man kan framställa även den där tjugonde aminosyran, eller sockerarten ribos eller någonting annat. Men då kan det vara bra att tänka på en burk sill. Där inne finns inte bara proteiner och DNA, utan också lipider och mineraler och i princip alla ingredienser som kan behövas för liv. Och ändå – hur får man liv i döda sillar? Kanske om man har några miljoner eller miljarder år på sig? Nej, faktiskt inte. Kemins lagar går, lämnade åt sig själva, inte alls mot levande sillar, utan mot nedbrytning, utspädning och kemisk jämvikt. Surströmming är inte mer levande än nyinlagd. Tvärtom. Tiden är en usel räddare i nöden.



Surströmming  
*Bildkälla: Wikipedia*

\*\*\*

PS! Du kan läsa mer om livets ursprung i [nr 1-2019 av magasinet Genesis](#). DS!