

Astrobiologins filosofi

-

Några frågor rörande teoretisk filosofi

Erik Persson

Abstrakt

Denna artikel är den första i en serie om två artiklar som introducerar astrobiologins filosofi. Detta är ett förhållandevis nytt och i Sverige nästan okänt forskningsfält som dock befinner sig i snabb tillväxt internationellt. Ämnet presenteras här i form av exempel på några centrala frågeställningar inom området. I den här artikeln presenteras några frågeställningar hemmahörande i teoretisk filosofi.

1. Inledning

Astrobiologins filosofi är ett relativt nytt forskningsfält. Den tidigaste publikationen jag har hittat i en akademisk tidskrift är från 1971 (Ginsberg 1971). Därefter finns ett fåtal ojämnt utspridda publikationer (fr.a. Hargrove 1986 och Bertka 2009) fram tills 2011 då ämnet kan sägas ha fått sitt definitiva genombrott genom den första internationella konferensen med fokus specifikt på astrobiologins historia och filosofi. Konferensen följdes av ett specialnummer i tidskriften ”Astrobiology” (Dunér et al. 2012) och en antologi utgiven av Cambridge Scholars (Dunér et al. 2013). Sedan dess har fältet växt stadigt och det finns sessioner med fokus på astrobiologins filosofi på både astrobiologikonferenser och konferenser inom biologins filosofi. European Astrobiology Institute har en arbetsgrupp med fokus på astrobiologins historia och filosofi (<https://europeanastrobiology.eu/forum-1.html>) och den ledande organisationen inriktad på astrobiologins filosofi ”Society for Social and Conceptual Issues in Astrobiology” (<https://ssocia.com/>) växer stadigt och håller egna konferenser vart annat år. Internationellt är det alltså ett ämne i snabb tillväxt. I Sverige finns numera en forskningsplattform för det nya ämnet ”Space Humanities” där astrobiologins filosofi har en framträdande plats. Plattformen är skapad av Humanistiska och Teologiska

Fakulteterna vid Lunds universitet och organiseras av professor David Dunér vid institutionen för Kulturvetenskaper samt undertecknad. Jag tänkte därför att det kunde vara på sin plats med en liten introduktion till ämnet för en svensk publik.

Astrobiologi är ett forskningsfält som brukar förknippas med sökandet efter utomjordiskt liv men det är faktiskt bredare än så. En vanlig definition säger att astrobiologi är ett forskningsfält som undersöker följande frågor:

- Hur uppstår liv och hur utvecklas det?
- Existerar liv någon annanstans i universum (än på och i omloppsbana runt jorden)?
- Hur ser framtiden ut för livet på och utanför jorden?

(Des Marais et al. 2003, 2008; Des Marais & Walters 1999).

Det finns intressanta och viktiga filosofiska frågor inom hela detta fält men eftersom sökandet efter utomjordiskt liv är det som är i fokus för de flesta – inom och utom astrobiologin – så kommer även jag att fokusera på filosofiska frågor inom detta område. Jag kommer att presentera några av dem uppdelade på två artiklar, en med fokus på teoretisk filosofi och en med fokus på praktisk filosofi. Artiklarna är inte tänkta att presentera en komplett lista över filosofiska frågeställningar på området. De kommer inte heller att presentera några definitiva svar på de frågor som ställs. Artiklarna bör istället ses som en introduktion till astrobiologins filosofi i form av några illustrativa exempel på frågor där en filosofisk diskussion skulle kunna bidra till forskningen inom både filosofi och astrobiologi.

2. Astrobiologi och filosofi

Filosofier som inte är vana vid att deras kollegor talar om sökande efter liv på andra planeter eller efter livets ursprung kan säkert höja på ögonbrynen över titeln på denna artikel. Faktum är att läsare som vanligtvis arbetar med rymden ur ett naturvetenskapligt eller tekniskt perspektiv och som inte är vana vid att filosofer går in och trampar på deras territorium nog kan bli lika förvånade.

Faktum är dock att tänkande kring fenomen som ligger bortom vår jord alltid har varit en del av filosofin. Under antiken var tidens astronomiska frågor och de metoder som fanns för att formulera och besvara dessa frågor tydligt lokaliserade inom filosofin (Bennett et al. 2003; Bennett & Shostak 2012; Dick 1996, 2009; Hoskin 1999, 2000; Högnäs 2000; Lundahl 1927; Sikö 1999).

Redan Thales (ca 625–545 BC) var mycket intresserad av rymden. Hans bidrag till ”rymdforskningen” var emellertid mestadels spekulativt och skulle knappast räknas som astronomisk forskning enligt dagens naturvetenskapliga standarder. Det fanns förvisso andra tänkare under antiken som faktiskt gjorde betydande observationsbaserade bidrag till det vi idag skulle kalla astronomi. Det måste dock medges att det mesta av det som sades om rymden av de klassiska filosoferna var ganska spekulativt och skulle inte betraktas som vetenskap med dagens måttstock. Så vad var det Thales och hans kollegor sysslade med? Det bästa svaret på den frågan är förmodligen att det var ett tidigt försök att förstå världen, med hjälp av de medel som fanns till hands. Eftersom den empiriska verktygslådan var begränsad lämnades mycket utrymme åt spekulation. Vid den tiden användes termen 'filosofi' som en paraplyterm för alla typer av (mer eller mindre) systematiskt sökande efter kunskap, inklusive tidig spekulativ astronomi (före Tycho), tidig spekulativ fysik (före Galileo), och så vidare.

Detta förändrades radikalt i slutet av 1500-talet när Tycho Brahe förvandlade astronomi till modern vetenskap genom att formulera (i princip) testbara hypoteser, lista ut hur man skulle testa dem, bygga rätt instrument och göra för den tiden mycket noggranna och systematiska observationer. Dessa observationer ledde så småningom fram till den moderna synen på solsystemet och i slutänden avvisandet av den klassiska aristoteliska världsbilden (Bennett et al. 2003; Bennett, and Shostak 2012; Ferguson 2002; Hoskin 1999, 2000; Kaufmann 1994; Kaufmann, and Comins 1996; Pedersen 2003; Wittendorff 1994).

Rymdforskning idag, inklusive astrofysik, planetforskning, kosmologi och astrobiologi har alltså en stark empirisk grund, även om det finns några undantag från denna regel. Vissa grenar av teoretisk fysik och kosmologi, såsom strängteori och multivers-teorin, skiljer sig till viss del från de andra disciplinerna genom att vara mer av teoretiska konstruktioner, svåra att testa empiriskt. Detta betyder dock inte att de är helt öppna för spekulation. De är fortfarande bundna av kända naturlagar – så långt dessa har bäring på de aktuella områdena. Forskning inom dessa områden är också, liksom inom alla andra akademiska discipliner, begränsad av logik och, i synnerhet, av matematik. Vi kan säga att de inte strikt handlar om hur saker är, utan snarare om hur saker kan vara. Det betyder att de formulerar förklaringar som är möjliga givet dagens kunskapsläge men vi kan inte veta om de faktiskt är sanna. Så länge vi inte har hittat något utomjordiskt liv gäller det samma för astrobiologi (åtminstone den del av astrobiologi som uttryckligen handlar om

utomjordiskt liv). Så länge vi bara har ett exempel på liv (jordliv), kan vi till exempel inte veta med säkerhet vilka av de egenskaper som vi associerar med liv som vi känner det på jorden idag, som är nödvändiga och vilka som bara är tillfälliga (mer om detta senare). Även vad gäller den del av astrobiologin som handlar om livets uppkomst på jorden tycks den allmänna uppfattningen bland forskarna på området vara att det bästa vi kan åstadkomma är att visa hur livet *kan* ha uppstått. Det finns förmodligen mer än ett sätt på vilket liv kan uppstå och så länge vi inte kan resa i tiden kan vi aldrig veta exakt vad som *faktiskt* hände. Det finns alltså inom astrobiologin, liksom inom andra vetenskaper ett visst utrymme för olika tolkningar av befintliga data. När vi lär oss mer om livet på jorden, såväl som om de fysiska och kemiska förutsättningar som råder på andra världar, krymper utrymmet för spekulation. För att verkligen krympa det tolkningsbara utrymmet inom astrobiologi måste vi emellertid hitta liv som inte är besläktat med vårt och som har uppkommit och utvecklats under radikalt andra omständigheter.

Ett viktigt mål inom modern vetenskap är alltså att minska utrymmet för spekulation genom att samla mer data och genom att ställa upp nya hypoteser och fundera ut nya sätt att testa dessa hypoteser. Man har genom denna strävan avlägsnat sig ganska långt från den spekulativa filosofi som Thales representerar. Även filosofin har emellertid utvecklats sedan Thales tid. Dagens filosofer betraktar inte spekulation om saker som i grunden är empiriska frågor (om än ännu obesvarade sådana) som en central, eller kanske ens en legitim uppgift för filosofin.

Modern filosofi har sin egen forskningsagenda, främst upptagen med teoretisk analys av icke-empiriska frågor (i motsats till spekulationer om empiriska frågor). Det innebär att den moderna filosofins roll i förhållande till astrobiologi inte är att spekulera om huruvida det finns liv på andra planeter eller hur livet har uppstått på vår eller någon annan planet. Det finns dock en stor uppsättning genuint filosofiska frågor kopplade till astrobiologi. Några av frågorna faller under den teoretiska filosofin (till exempel 'vad är definitionen av liv?', (se Abbott, Persson 2017, Persson 2013a,b) 'vilken typ av bevis krävs för att säkerställa att vi har funnit utomjordiskt liv?' eller motsatsen, "vilken typ av bevis krävs för att konstatera att det inte finns liv på en viss planet eller måne – eller över huvud taget utanför Jorden?" (se Persson 2013a, 2014)). Andra frågor hör hemma inom den praktiska filosofin (till exempel "vilken moralisk status skall vi tillerkänna utomjordiskt liv?" (se t.ex. Persson 2012, 2013a) och "vem har rätt att tala för jorden när vi skickar meddelanden till utomjordiska civilisationer?").

I den här artikeln kommer jag att presentera tre exempel på frågor som faller under teoretisk filosofi i form av språk- och vetenskapsfilosofi.

3. Utmaningen att definiera 'liv'

De flesta av oss klarar med lätthet av att skilja levande varelser från icke-levande föremål i vår vardag. Det finns dock situationer då det inte är så enkelt. Det finns till exempel inget enhetligt svar på frågan om virus är exempel på liv. Virus kan föröka sig och genomgå evolution, men de har ingen egen ämnesomsättning, vilket många hävdar är en nödvändig egenskap för att räknas som liv (se t.ex. Forterre 2010; Hegde et al. 2009; Herrero-Uribe 2011; López-García & Moreira 2009; Ludmir, and Enquist 2009; Moreira, & López-García 2009; Navas-Castillo 2009; Raoult 2009 för diskussion). Numera finns det också datorprogram som har vissa funktioner gemensamt med vad vi normalt kallar liv. Det finns till exempel programsträngar som kan reproducera sig och populationer som kan evolvera i sin datormiljö. Det i sin tur har fått vissa att hävda att de faktiskt har skapat liv i datorn (Levy 1992). Å andra sidan är det ännu fler som förnekar att så är fallet. Många förnekar också att levande datorprogram alls är möjliga och hävdar att liv måste ha en specifik kemisk bas eller vara ett resultat av naturligt urval, i motsats till urval baserat på regler som vi människor har konstruerat. Å andra sidan, om vi inte är villiga att acceptera resultatet av mänskligt guidat urval som liv, betyder det att djur och växter som är resultatet av mänsklig avel inte är levande?

Att det inte finns någon allmänt accepterad definition av liv beror inte på någon brist på förslag. Det finns många förslag men alla är behäftade med olika problem. När vi talar om utomjordiskt liv blir det ändå mycket svårare. Vi kan inte förvänta oss att liv på andra planeter eller månar ser ut exakt som liv på vår egen planet. Å andra sidan kan man tycka att utomjordiskt liv måste ha något gemensamt med livet på jorden för att det ska kunna kallas liv.

Att finna en definition av 'liv' är viktigare för astrobiologi än för biologi. Diskussioner om hur vi skall definiera 'liv' är en central del av astrobiologin på ett sätt som det inte är inom biologin. Det mesta av den biologiska forskningen inriktar sig på att studera livsformer som faller väl inom ramarna för vad vi kallar liv. Att exakt definiera gränserna är därför sällan nödvändigt. För astrobiologin är det annorlunda. Inom astrobiologin försöker man hitta och identifiera liv som förväntas skilja sig mycket från livet som vi känner det idag. En viktig uppgift för astrobiologin är också att identifiera och

förklara livets ursprung. Astrobiologi ägnar sig alltså per definition åt just livets gränsområden.

För astrobiologi är alltså frågan om hur man skall definiera 'liv' av största teoretiska vikt men har också stor praktisk betydelse i det dagliga arbetet på ett sätt som sällan är fallet inom biologin. Frågan har tre viktiga praktiska implikationer. Den ena är att vi måste kunna avgöra om de saker vi hittar är exempel på liv. Den andra har att göra med försöken att förstå livets ursprung. För att kunna säga när övergången från kemi till biologi ägde rum måste vi kunna skilja mellan liv och icke-liv. Den tredje är att när vi letar efter liv utanför jorden, måste vi bestämma oss för hur och var vi ska leta. Vi måste till exempel välja rätt typ av instrument som svarar mot rätt indikatorer. För att sökandet skall vara effektivt måste vi alltså ha en ganska bra uppfattning om vilka egenskaper vi ska leta efter.

Det finns alldeles för många förslag på definitioner för att det skall vara meningsfullt att ens försöka beskriva alla i en artikel men här följer några exempel på egenskaper som ofta nämns: Autonomi (Bich & Damiano 2012; Ruiz-Mirazo et al 2004, 2010), cirkulär återkoppling (Korzeniewski 2001; Tsokolov 2008, 2010), evolution (Chodasewicz 2014; Joyce 1994; Lazcano 2008; Popa 2010; Ruiz-Mirazo et al 2004; Trifonov 2011; Weber 2010), förmågan att motstå entropi (Dix 1983; Schejter och Agassi 1994; Schrödinger 1944), genetiskt material (Bedau 2010; Koshland 2002; Lazcano 2008), hierarki av operatörer (Jager op Akkerhuis 2010, 2011), homochiralitet (Carroll 2009), improvisation/anpassningsbarhet (Korzeniewski 2005; Koshland 2002), inneslutning (Bedau 2010), information (Korzeniewski 2001; Walker & Davies 2013), kemiskt/organiskt (Joyce 1994; Korzeniewski 2005; McKay 2004), komplexitet/organisation (Chaitin 1979; Korzeniewski 2005), metabolism (Bedau 2010; Boden 2003; Koshland 2002), reproduktion (Chodasewicz 2014; Macklem & Seely 2010; Trifonov 2011; Weber 2010), självorganisering (Lazcano 2008; Macklem & Seely 2010), självreglering (Koshland 2002; Macklem & Seely 2010), självuppehållande (Joyce 1994; Popa 2010).

Istället för att försöka mig på att komponera en komplett lista, förklara vad alla förslagen innebär eller föra en lång diskussion av de olika förslagens för- och nackdelar skall jag i sann filosofisk anda ta problemet ett steg längre och säga något om de olika typer av definitioner som har föreslagits.

Definitioner kan vara av många olika slag. Den absolut vanligaste formen av definition är den så kallade *de re-definitionen* även kallad *real-definition* (Bernadete 1993; Føllesdal et al. 1988; Lübecke 1988; Thompson 2008;

Retana-Salazar, och Retana-Salazar 2004). Denna metod går ut på att identifiera en uppsättning egenskaper som var för sig är nödvändiga och tillsammans är tillräckliga för att något skall räknas som levande. Att försöka definiera 'liv' har närmast varit synonymt med att sätta ihop en sådan lista. Det finns emellertid problem. Förutom att man alltså hittills inte har lyckats komma överens om vad som skall vara med på denna lista, finns också några mer principiella problem. Ett är det så kallade $n=1$ -problemet, det vill säga att allt liv vi känner på jorden idag har ett gemensamt ursprung. Det betyder att även i de fall vi kan säga om en egenskap att den faktiskt delas av allt liv som vi känner det på jorden idag, så kan vi inte veta om det är för att den är en nödvändig egenskap för liv eller om den bara råkar vara "universellt" förekommande bland oss som har en gemensam förfader och är födda och uppväxta på samma planet. Ett annat problem är att sökandet efter en redefinition är nära förknippad med sökande efter en företeelses essens, vilket är svårt att kombinera med evolutionsteorin. Evolutionen gör att livet är i ständig förändring. Det betyder att vi inte kan veta om en egenskap alltid kommer att finnas bland de levande eller om framtida liv kommer att klara sig utan den. Att livet är i ständig förändring är ett principiellt viktigt problem som har fått vissa bedömare att dra slutsatsen att en lista över nödvändiga egenskaper inte alls passar för att definiera liv.

I det läget skulle man kunna känna sig frestad att säga att evolutionen i sig är en egenskap som är gemensam för allt liv oavsett vilka andra egenskaper som evolutionen sorterar ut. Problemet är då att evolutionen verkar på populationsnivå över generationer, inte på enskilda individer. Individer anpassar sig men det är bara populationer som evolverar. Samtidigt verkar det starkt kontra-intuitivt att säga att populationer men inte individer är levande.

En alternativ metod för att definiera 'liv' skulle kunna vara det som kallas en *ostensiv definition* (Føllesdal et al. 1988; Ghiselin 1995; Harris 1986; Kotarbinska 1960; Lübecke 1988; Pap 1950; Radford 1964; Whiteley 1956). När barn lär sig ett nytt begrepp sker det ofta genom att föräldrar och lärare pekar på saker och talar om vad de heter. När barnet har sett tillräckligt många instanser av ett begrepp så lär man sig vilka fenomen begreppet refererar till. Detta gäller förmodligen också för begreppet 'liv'. Det kan till och med vara så som begreppet 'liv' och dess innehåll har uppstått och växt fram genom historien. Det är alltså en metod som har klara pedagogiska fördelar, men kan den fungera för att åstadkomma en formell definition av 'liv'? En ostensiv definition skulle möjligen kunna fungera bra för saker som

är relativt likartade. Böcker kan visserligen skilja sig mycket åt, men jämfört med levande varelser måste man ändå säga att böcker är ganska lika varandra. Om du har fått även ett begränsat antal böcker av olika slag utpekade för dig bör det inte vara några problem att känna igen andra böcker när du ser dem. Liv är mycket mer varierat. Faktum är att en av de mest fascinerande aspekterna med liv är just att det är så varierat. När vi söker efter liv på andra planeter förväntar vi oss också att det vi hittar kan visa sig vara mycket annorlunda än det liv vi känner från jorden. Det är därför tveksamt om en ostensiv definition är vad vi söker.

Man kan även gå ett steg längre och välja en specifik bok, eller i vårt fall en specifik organism, och utse den till modell eller prototyp för alla andra böcker och allt annat liv. Detta kallas en *prototypdefinition* och skiljer sig från den tidigare typen av definition genom att använda en särskild instans av begreppet man vill definiera som modell, snarare än att peka på vilka exempel som helst. Det har tidigare använts inom biologin för att definiera arter men är det en bra metod för att definiera liv? När vi tänker på liv kan vi ofta se framför oss en mental bild av en specifik levande organism, kanske en hund eller ett träd eller något annat som vi identifierar med liv. På detta sätt är strategin att använda en prototypdefinition intuitivt tilltalande. Ett problem med denna strategi är att det kommer att vara svårt att komma överens om vilken levande varelse vi ska använda som en prototyp. Ett annat problem är att liv kan ha mycket olika egenskaper. Inte alla egenskaper hos levande varelser är heller unika för levande varelser. Vi måste därför fortfarande bestämma vilka egenskaper hos prototypen som är relevanta. Om vår prototyp är en labrador är den vanligtvis svart och har fyra ben, vilket också gäller för många matsalsbord men inte för en ismås som är lika levande som en labrador men är vit och har två ben. Å andra sidan har ismåsar och labradorer andra saker gemensamt såsom metabolism och förmågan att reglera sin kroppstemperatur. Frågan är då vad som är mest relevant. Om vi inte vill inkludera matsalsbord bland de levande men vi vill inkludera ismåsar måste vi ange vilka egenskaper hos vår labrador som är relevanta och då faller vi omedelbart tillbaka i samma utmaning som med de re-definitionen.

Man hör ibland människor säga att något är ”bara en definitionsfråga”. Med det menar de vanligtvis att om ett uttalande är sant beror på hur man väljer att definiera ett eller flera begrepp i uttalandet, och att valet i sin tur är mer eller mindre subjektivt. Det skulle i vårt fall innebära att det är upp till var och en av oss att bestämma hur man definierar ’liv’ för sitt eget specifika syfte utan att behöva oroa sig för hur andra använder begreppet. Problemen

med att hitta en de re-definition av 'liv' har också fått några forskare att dra slutsatsen att vi inte behöver en generell definition, utan att vi kan välja olika definitioner för olika syften (Jeuken 1975; Mix 2015; Oliver & Perry 2006).

Detta kallas en *stipulativ definition*¹ (Lübcke 1988) och det kan i vissa fall vara en användbar metod men för astrobiologins syften kan det knappast rekommenderas. Astrobiologin sträcker sig över för många olika vetenskapliga discipliner. Det innebär att en stipulativ definition som är användbar för en disciplin kommer att vara oanvändbar för en annan, vilket kan fungera inom respektive discipliner men kommer att vara mycket opraktiskt när experter från olika discipliner är tvungna att prata med varandra och metoder från olika discipliner används för att besvara en gemensam frågeställning som är fallet inom astrobiologi. Tvärvetenskaplig forskning är helt enkelt svårt nog utan att man dessutom använder olika definitioner av själva forskningsobjektet.

Det stora allmänintresse som astrobiologins frågor åtnjuter tillsammans med det faktum att ämnet har relevans för några av våra mest grundläggande existentiella frågor gör också att om man besvarar en fråga kring livets uppkomst eller spridning i universum utifrån en definition som inte är allmänt accepterad så kommer svaret att bli av begränsat värde. I värsta fall leder det till frustration och aliering mellan företrädarna för disciplinen ifråga och andra ämnen med andra definitioner, och inte minst till skepsis bland allmänheten kring astrobiologins relevans.

Om vi skickar en rover till Mars för att leta efter liv, måste vi vara tämligen överens om vad vi ska leta efter både för att välja rätt strategi, för att välja rätt instrument och i slutändan för att vi ska kunna säga om vi lyckades eller inte. En artikel i en vetenskaplig tidskrift där någon påstår sig ha funnit liv kräver också rimligtvis att 'liv' används på ett sätt som resten av vetenskapsvärlden kan acceptera. Om vi dessutom vill övertyga samhället i stort att vi har funnit liv, måste vi definiera 'liv' på ett sätt som inte avviker för mycket från den vardagliga användningen av termen. Vi behöver också kunna motivera de resurser vi har lagt ner på projektet för det omgivande samhället. För att kunna göra det, måste det vi letar efter betraktas som intressant även av andra än de som letar. Om vi valde att definiera 'liv' på ett sätt som är praktiskt i någon mening men som skiljer sig väsentligt från

¹ Ibland används termen 'stipulativ definition' som kontrast till 'lexikal definition' (t.ex. Gayon 2010), det vill säga i betydelsen 'normativ' i motsats till 'deskriptiv'. I den meningen är alla förslag som framförs i diskussionen om hur liv skall definieras stipulativa. Här används istället termen i en annan vanlig betydelse som också skulle kunna benämnas 'ad hoc definition' och kontrasteras med 'natural kind definition'.

människors mest grundläggande intuitioner om vad liv är så kommer frågan om rättfärdigande av resursanvändning att vara mycket svårare, och det med rätta. Frågor om livets natur och om vi är ensamma i universum är viktiga frågor som kräver att vi tar definitionen av begreppet 'liv' på allvar.

En annan typ av definition är det som kallas *operativ definition* (Føllesdal et al. 1988; Losee 1980). Precis som med stipulativa definitioner bygger den inte på en ambition att hitta *rätt* definition. Den är dock lite mer sofistikerad än den föregående varianten. Denna definition väljs utifrån de metoder eller tekniker som står till vårt förfogande. Det kan till exempel innebära att vi använder en definition som bygger på vad vi kan hitta under rådande tekniska och andra begränsningar. Det vill säga, vi börjar med de metoder och instrument som finns tillgängliga för att identifiera liv, och utifrån det beslutar vi hur vi skall definiera det vi letar efter. Även denna typ av definition har föreslagits kunna lösa problemen med att definiera liv (Bich & Green 2018; Fleischaker 1990; Reid et al 1983). I vissa fall kan detta vara en mycket användbar metod, men den verkar otillräcklig i detta sammanhang. Astrobiologin får kontinuerligt bättre metoder och känsligare instrument vilket innebär att många saker som inte kan räknas som liv idag (eftersom vi inte kan hitta dem eller identifiera dem som liv) kommer att räknas som liv i framtiden när den tekniska utvecklingen har givit oss större möjligheter. Antalet levande varelser i universum skulle alltså öka i takt med utvecklingen av nya metoder och instrument för att hitta och identifiera liv. Som nämnts ovan är frågan om det finns liv utanför vår egen biosfär en mycket viktig existentiell fråga och få skulle vara nöjda med en definition som är utformad för att passa vissa verktyg. Det verkar också konstigt att svaret på frågan om huruvida det finns liv (i motsats till frågan om vi kan hitta det om det finns) på en planet i en annan del av universum beror på den tekniska utvecklingen här på Jorden.

Om man ska definiera 'liv', och särskilt om syftet är att svara på frågor som "är vi ensamma i universum", är det förmodligen viktigt att ha en definition som överensstämmer någorlunda med vår intuitiva förståelse av vad liv är, inkluderar alla de okontroversiella exemplen på liv, det vill säga de varelser om vilka det inte råder någon tvekan om att det är levande (som solrosor, labradorer och ismåsar), utesluter alla de okontroversiella exemplen på icke-liv, det vill säga de fenomen där det inte råder någon tvekan om att det inte är levande (som sandkorn, matbord och rymdfärjor), ger oss en användbar metod för att bestämma knepiga fall (som virus, programsträngar och framtida fynd på andra planeter), och inte minst förklarar varför frågan är så

viktig för oss. Det sistnämnda kriteriet på en lyckad definition brukar inte nämnas, men det kanske det borde. Om man väljer att definiera 'liv' på ett sätt som passar tillgängliga verktyg för att leta efter liv, eller på ett sätt som är praktiskt men mer eller mindre godtyckligt så finns det en risk att vi får en definition som inte förklarar varför det är så viktigt för de flesta av oss att skilja det levande från det icke-levande, att hitta liv utanför vår planet, att rädda liv eller att leva. Att hitta en definition av 'liv' som tar hänsyn till dessa saker borde vara ett primärt kriterium för en lyckad definition.

En alternativ strategi är att sluta betrakta saker som varande antingen levande eller inte levande och istället betrakta det som en gradfråga (t.ex. Bedau 2010; Jager op Akkerhuis 2010; Hazen 2009; Tirard et al 2010). Det betyder att saker kan vara mer eller mindre levande, till exempel baserat på hur många av de egenskaper vi förknippar med liv som företeelsen vi vill kategorisera har. Detta tillvägagångssätt har fördelen att vi då inte behöver besluta om en viss egenskap eller uppsättning egenskaper är nödvändig. Det räcker med att den är förknippad med liv. Nackdelen är att det verkar gå emot många människors intuitiva förståelse av liv. Det skulle också innebära att jakten på utomjordiskt liv kommer att handla om att hitta saker som är mer eller mindre levande istället för att hitta Liv, vilket kan göra sökandet efter utomjordiskt liv både mindre intressant och svårare att motivera.

Definitionen av 'liv' är en fråga som har diskuterats sedan antiken. Att diskutera denna fråga i relation till astrobiologi kommer inte bara att vara till nytta för den astrobiologiska forskningen. Det kommer också att vara användbart för de allmänna biologiska och filosofiska diskussionerna om vad liv är genom att tvinga oss att överväga andra alternativ än vi är vana vid på vår egen planet, och även genom att ställa frågan: "Vad är det med livet som gör frågan om det finns på andra platser i universum så viktig och intressant och har givit upphov till så mycket spekulation, fiktion och vetenskaplig nyfikenhet?" Vem skulle skriva en roman, göra en film eller finansiera en expedition till en annan planet baserat på frågan "finns det stenar i storleken 2–3 cm någon annanstans i universum?" Liv är något speciellt och tricket är att fånga det speciella med liv i en definition. Även om vi inte kan komma överens om vad liv är, skärper försöken att definiera liv vårt tänkande om liv och dess egenskaper.

4. "Extraordinära påståenden kräver extraordinär evidens"

Titeln på den här sektionen är ett citat från Carl Sagan (1980). Poängen han vill göra är att den som vill hävda att hen har funnit bevis för utomjordiskt liv

behöver extra starka, till och med extraordinära bevis. Skälet till detta är att ett fynd av utomjordiskt liv skulle vara så omvälvande, både vetenskapligt och filosofiskt, att innan vi ger oss till att ändra vår världsbild i grunden så behöver vi vara extra säkra på att det vi tror oss ha funnit verkligen stämmer.

Sagan är naturligtvis inte den förste att hävda detta. Idén som frasen uttrycker har bland annat hänförts till Laplace (1812) och Hume (1748). Spontant verkar det också rimligt att ju mer långtgående konsekvenser för vetenskapen, filosofin eller samhället generellt, ett påstående har, desto starkare bevis behöver vi. Detta är dock något som kräver en filosofisk diskussion. Vad menas med 'extraordinära påståenden' och vad menas med 'extraordinära bevis'? Är det till exempel en fråga om kvalitativt starkare bevis (och vad innebär det?) eller krävs det helt enkelt en större mängd bevis jämfört med vad som "normalt" accepteras inom vetenskapen (och vad är normalt bevisläge)?

Att hävda att man har funnit utomjordiskt liv låter som ett typexempel på ett extraordinärt påstående. Så vad för slags bevis kan och bör vi kräva för ett sådant påstående? Det är en sak att kräva bevis som går utöver vad man normalt kräver för att hävda att man har gjort en upptäckt, men vad innebär det i praktiken och går det att finna ett objektivet svar på frågan om hur starka bevis vi skall kräva eller handlar det sist och slutligen om vilken grad av bevisning vetenskapssamhället (eller samhället i stort eller tidskrifts-redaktörer och lektörer eller kanske forskningsfinansierare) är beredda att acceptera?

Idealet när man söker efter utomjordiskt liv är förstås att man hittar ett helt ekosystem av varelser som är så uppenbart levande att det inte är någon tvekan om vad man har hittat. Tyvärr är det långt ifrån självklart att det kommer att hända. Istället siktar astrobiologerna in sig på vad man kallar bioindikatorer. Vad som är en bioindikator beror naturligtvis på hur man definierar 'liv', vilket åter betonar vikten av den frågan. För att kunna bestämma vad som är en bioindikator och hur stark beviskraft en viss bioindikator har behöver man naturligtvis också ha en god förståelse för vad som följer empiriskt från en viss definition av liv. Det behövs alltså ingående kunskaper i t.ex. biologi och kemi. Även här kan det emellertid vara nyttigt med en filosofisk diskussion, inte minst gällande frågor om gränsdragning, relevans och vad som är nödvändigt respektive tillräckligt.

En annan filosofiskt intressant aspekt på frågan om vad för slags och hur starka bevis som krävs för att vetenskapligt rättfärdiga ett påstående att man har hittat utomjordiskt liv gäller när och hur man får/bör offentliggöra en

sådan upptäckt. För att besvara den frågan behöver man inkludera både etiska, vetenskapsteoretiska och rent pragmatiska aspekter. Ett exempel på en pragmatisk aspekt gäller förtroendet för vetenskapen. Hur påverkar det allmänhetens förtroende för vetenskapen om man med jämna mellanrum publicerar resultat som i efterhand visar sig vara felaktiga, särskilt om resultaten berör en fråga av stort allmänintresse? Å andra sidan, hur påverkar det förtroendet för vetenskapen om man håller inne med resultat av stort allmänintresse under extra lång tid (eftersom man kräver starkare bevis än brukligt)? Den senare strategin minskar risken för besvikelser, men riskerar istället att ge bränsle åt konspirationsteorier som säger att det finns bevis för utomjordiskt liv som undanhålls allmänheten av en eller annan anledning.

5. Om vi verkligen är ensamma – hur kan vi veta?

Om vi hittar liv på en annan planet så vet vi att det finns liv på den planeten, men om vi inte hittar liv, betyder det att det inte finns liv där? Det kan vi naturligtvis inte vara säkra på. Hittills har vi inte hittat något utomjordiskt liv, men detta kan inte tas som bevis på att det inte finns. Vårt sökande har hittills inte varit särskilt omfattande och inte tillnärmelsevis tillräckligt noggrant för att övertygande visa att det inte finns något liv där ute. Frågan är, om det verkligen inte finns något utomjordiskt liv, vad krävs det för att visa att så är fallet? Ett annat och mer praktiskt inriktat sätt att ställa samma fråga är: Hur länge ska vi leta innan det är dags att ge upp? Det filosofiska sättet att ställa denna fråga är: Hur verifierar vi en generell hypotes (Achinstein 2003; Chalmers 1999; Noble 1975; Popper 1959a)?

Att bevisa en generell hypotes är i strikt mening inte möjligt, men vi kan fortfarande vara mer eller mindre säkra. Även om det inte kan bevisas i samma strikta mening som att det finns liv, är det ändå meningsfullt att hävda att ju fler gånger vi misslyckas med att hitta liv, och ju (vetenskapligt) bättre de misslyckade försöken är, desto större anledning har vi att tvivla på att planeten eller månen ifråga är bebodd. Det är vanligtvis inte fruktbart att efter att ha tappat en sten och sett den falla till marken 1000 gånger fortfarande hävda att vi inte har någon som helst aning om huruvida den kommer att sväva nästa gång vi tappar den. Ju fler gånger vi testar och får samma resultat, desto mer säkra är vi, och det med rätta. Även om vi inte helt kan utesluta möjligheten att stenen kommer att sväva iväg efter att vi har sett den falla till marken 1000 gånger så är det tveklöst mer rationellt att satsa på att det inte kommer att ske.

Att fastställa att det inte finns liv på en viss planet eller måne är alltså mer en gradvis process som asymptotiskt närmar sig säkerhet än en upptäckt i ordets traditionella betydelse. Det vi behöver göra för att uttala oss på ett meningsfullt sätt om huruvida en planet eller måne är obebodd eller för den delen om den ännu mer generella frågan om vi är ensamma i universum behöver vi (1) hitta ett sätt att bestämma var på "bevisskalan" vi är och (2) bestämma var på skalan vi måste vara för att vara tillräckligt säkra för att våga säga att planeten, månen eller universum utanför jorden är obebodd.

Vi har alltså flera problem att ta ställning till här: Hur vet vi var vi befinner oss på skalan som visar hur säkra vi har rätt att vara att en planet är obebodd? Hur ökar vi denna sannolikhet? Var på skalan behöver vi vara för att vara tillräckligt säkra?

I fallet med universum som helhet är området att leta igenom så pass stort att svaret på den första frågan i praktiken alltid kommer att vara noll eller försumbart över noll. Oavsett hur många negativa resultat vi får så kommer vi ändå bara att ha undersökt en bråkdel av universum. För enskilda himlakroppar är situationen radikalt annorlunda. Även om en planet är stor torde det vara möjligt att under överskådlig tid undersöka den tillräckligt väl för att svaret på (1) skulle kunna sammanfalla med svaret på (2) vilket innebär att vi skulle kunna hävda med godtagbar säkerhet att den är obebodd, men hur gör vi då för att sätta en siffra på (1) respektive (2)?

Det är vanligt inom empirisk vetenskap att hantera uppgiften att koppla samman forskningsresultat med grad av säkerhet genom att anta att om A sker i X % av observationerna i en väl planerad och utförd studie, kan vi dra slutsatsen att det finns en sannolikhet av X % att A kommer att inträffa nästa gång vi utför samma studie under samma omständigheter. Det vill säga graden av säkerhet definieras som sannolikhet och sannolikheten mäts i form av relativ frekvens. Kända exempel är Carnaps frekvensteori (Carnap 1962) och Poppers tendensteori (Popper 1959b). Användningen av konfidensgrader, som är vanligt inom empirisk vetenskap, är en implementering av denna idé.

Detta sätt att se på grad av säkerhet fungerar dock inte här. Vi kan inte säga att vi hittade liv i X % av studierna på den aktuella planeten så därför finns det X % chans att det finns liv på planeten. Om vi hittar liv i X % av studierna så finns det liv på planeten oavsett hur stort X är så länge det är större än noll. Om X däremot är exakt noll kan vi inte därmed säga att sannolikheten är noll. Istället är vi tillbaka där vi började, det vill säga att vi fortfarande inte vet hur säkra vi kan vara på att det inte finns något liv på planeten. (Vi kan uppenbarligen använda relativ frekvens i enskilda analyser,

till exempel kemiska analyser som letar efter vissa signaturer av liv i ett jordprov, men inte för huvudfrågan.) I vårt fall är det en förutsättning för problemet att den relativa frekvensen av positiva resultat hittills är noll, det vill säga, att vi inte redan har hittat liv. Om så inte var fallet, skulle vi ju veta att det finns liv. Problemet är hur man bestämmer var vi befinner oss på sannolikhetsskalan. Vi kommer ju att ha noll positiva resultat ända tills vi hittar liv då sannolikheten i ett slag kommer att gå upp till 100%. Frågan kvarstår alltså, hur bestämmer man graden av säkerhet enbart baserat på en rad negativa resultat?

Hur vi svarar på den sistnämnda frågan beror till viss del på vad som är syftet med frågan. Handlar det till exempel om att vara tillräckligt säker för att godkänna publicering av en vetenskaplig artikel eller handlar det om att vara tillräckligt säker för att godkänna ett planerat exploateringsföretag på planeten? (2) är alltså inte en rent vetenskaplig fråga. Den innehåller också en värdekomponent. Om vi till exempel vill vara ”säkra” på att det inte finns inhemskt liv på Mars innan vi börjar kolonisera planeten så beror alltså svaret på (2) till viss del på hur viktigt vi anser att det är att eventuellt inhemskt liv får finnas kvar i en ostörd miljö.

6. Avslutande ord

Jag har här presenterat några exempel på språk- och vetenskapsfilosofiska utmaningar kopplade till astrobiologi. Syftet har varit att illustrera vilken typ av frågor som diskuteras inom ämnet astrobiologins filosofi och hur filosofi och astrobiologi kan ha nytta av varandra. Det sistnämnda tål att betonas. Dels utgör astrobiologin en skattkista av intressanta utmaningar för filosofin. Dels finns det, trots att rymdforskningen numera i första hand är ett empiriskt forskningsområde, fortfarande viktiga problem inom astrobiologin som kräver ett filosofiskt angreppssätt.

Referenser

- Abbott, J.; Persson, E. (2017). Vad är liv? Jakten på en ny definition av liv. I J. Abbott; E. Persson (red.) *LIV – Utomjordiskt, Syntetiskt, Artificiellt*. Lund: Pufendorfinstitutet, ss. 21–33.
- Achinstein, P. (2003). *The Book of Evidence*. Oxford: Oxford University Press.
- Bedau, M. A. (2010). An Aristotelian Account of Minimal Chemical Life. *Astrobiology* 10, ss. 1011–1020.

- Bennett, J.; Shostak, S. Jakosky, B. (2003). *Life in the Universe*. San Francisco: Addison Wesley.
- Bennett, J.; Shostak, S. (2012). *Life in the Universe*. San Francisco: Pearson.
- Bernadete, J. A. (1993). Real Definitions: Quine and Aristotle. *Philosophical Studies* 72, ss. 265–282.
- Bertka, C. M. (red.) (2009). *Exploring the Origin, Extent, and Future of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bich, L.; Green, S. (2018). Is defining life pointless? – Operational definitions at the frontiers of Biology. *Synthese* 195, ss. 3919–3946.
- Bich, L.; Damiano, L. (2012). Life, Autonomy and Cognition: An Organizational Approach to the Definition of the Universal Properties of Life. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 42, ss. 389–397.
- Boden, M. A. (2003). Alien life: how would we know? *International Journal of Astrobiology* 2, ss. 121–129.
- Carnap, R. (1962). *Logical Foundations of Probability*. Chicago: University of Chicago Press.
- Carroll, J. D. (2009). A New Definition of Life. *Chirality* 21, ss. 354–358.
- Chaitin, G. J. (1979). Toward a mathematical definition of “life”. I R. D. Levine; M. Tribus (red.) *The Maximum Entropy Formalism*. Cambridge, MA: MIT Press. ss. 477–498.
- Chalmers, A. F. (1999). *What is this Thing Called Science?* Buckingham: Open University Press.
- Chodasewicz, K. (2014). Evolution, reproduction and definition of life. *Theory in Biosciences* 133, ss. 39–45.
- Des Marais, D. J.; Allamandola, L. J.; Benner, S. A.; Boss, A. P.; Deamer, D.; Falkowski, P. G.; Farmer, J. D.; Hedges, S. B.; Jakosky, B. M.; Knoll, A. H.; Liskowsky, D. R.; Meadows, V. S.; Meyer, M. A.; Pilcher, C. B.; Neelson, K.H.; Spormann, A. M.; Trent, J. D.; Turner, W. W.; Woolf, N. J.; Yorke, H. W. (2003). The NASA Astrobiology Roadmap. *Astrobiology* 3, ss. 219–35.
- Des Marais, D. J.; Nuth, J. A.; Allamandola, L. J.; Boss, A. P.; Farmer, J. D.; Hoehler, T. M.; Jakosky, B. M.; Meadows, V. S.; Pohorille, A.; Runnegar, B.; Spormann, A. M. (2008). The NASA Astrobiology Roadmap. *Astrobiology* 8, ss. 715–30.
- Des Marais, D. J.; Walter, M. R. (1999). Astrobiology: exploring the origins, evolution, and distribution of life in the Universe. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30, ss. 397–420.

- Dick, S. J. (1996). *The Biological Universe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dick, S. J. (2009). A historical perspective on the extent and search for life. I C. M. Bertka (red.) *Exploring the Origin, Extent, and Future of Life*. Cambridge: Cambridge University Press. ss. 167–185.
- Dix, D. (1983). Toward a Definition of Life: Semantic and Thermodynamic Considerations. *Journal of Theoretical Biology* 102, ss. 337–340.
- Dunér, D. (red). (2012). Special Collection: The History and Philosophy of Astrobiology. *Astrobiology* 10, nr 12.
- Dunér, D.; Parthemore, J.; Persson, E.; Holmberg, G. (red). (2013). *The History and Philosophy of Astrobiology* Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars.
- Ferguson, K. (2002). *Tycho & Kepler, the Unlikely Partnership that Forever Changed Our Understanding of the Heavens*. New York: Walker & Company.
- Fleischaker, G. R. (1990). Origins of life: An Operational definition. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 20, ss. 127–137.
- Forterre, P. (2010). Defining Life: The Virus Viewpoint. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 40, ss. 151–160.
- Føllesdal, D.; Walløe, L.; Elster, J. (1988). *Argumentasjonsteori, språk og vitenskapsfilosofi*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Gayon, J. (2010). Defining Life: Synthesis and Conclusions. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 40, ss. 231–244.
- Ghiselin, M. T. (1995). Ostensive definitions of the names of species and clades. *Biology & Philosophy* 10, ss. 219–222.
- Ginsberg, R. (1971). The future of interplanetary ethics. *Journal of Social Philosophy* 2, ss. 5–7.
- Hargrove, E. C. (red.) (1986). *Beyond Spaceship Earth*. San Francisco: Sierra Club Books.
- Harris, J. F. (1986). Language, Language Games and Ostensive Definition. *Synthese* 69, ss. 41–49.
- Hazen, R. M. (2009). Emergence and the experimental pursuit of the origin of life. I C. M. Bertka (red.) *Exploring the Origin, Extent, and Future of Life*. Cambridge: Cambridge University Press. ss. 21–46.
- Hegde, N. R.; Maddur, M. S.; Kaveri, S. V.; Bayry, J. (2009). Reasons to include viruses in the tree of life. *Nature Reviews Microbiology* 615.
- Herrero-Uribe, L. (2011). Viruses, definitions and reality. *Revista de Biología Tropical* 59, ss. 993–998.

- Hoskin, M. (1999). From geometry to physics: astronomy transformed. I M. Hoskin (red) *The Cambridge Concise History of Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press. ss. 94–124.
- Hoskin, M. (2000). From geometry to physics: astronomy transformed. I M. Hoskin (red.) *Cambridge Illustrated History of Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press. ss. 98–141.
- Hume, D. (1748). *An Enquiry concerning Human Understanding*. London: Andrew Millar.
- Högnäs, S. (2000). *Idéernas historia – En översikt*. Lund: Historiska Media.
- Jager op Akkerhuis, G. A. J. M. (2010). Towards a Hierarchical Definition of Life, the Organism, and Death. *Foundations of Science* 15, ss. 245–262.
- Jager op Akkerhuis, G. A. J. M. (2011). Explaining the Origin of Life is not Enough for a Definition of Life. *Foundations of Science* 16, ss. 327–329.
- Jeuken, M. (1975). The biological and philosophical definitions of life. *Acta Biotheoretica* 24, ss. 14–21.
- Joyce, G. F. (1994). “Foreword”. I D. W. Deamer; G. R. Fleischaker (red.) *Origins of Life: The Central Concepts*. Boston: Jones and Bartlett. ss. xi–xii.
- Kaufmann, W. J. III. (1994). *Universe*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Kaufmann, W. J. III; Comins, N. F. (1996). *Discovering the universe*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Kotarbinska, J. (1960). On Ostensive Definitions. *Philosophy of Science* 27, ss. 1–22.
- Korzeniewski, B. (2001). Cybernetic Formulation of the Definition of Life. *Journal of Theoretical Biology* 209, ss. 275–286.
- Korzeniewski, B. (2005). Confrontation of the cybernetic definition of a living individual with the real world. *Acta Biotheoretica* 53, ss. 1–28.
- Koshland Jr., D. E. (2002). The Seven Pillars of Life. *Science* 295, ss. 2215–2216.
- Laplace, P. S. (1812). *Théorie analytique des probabilités*. Paris: Mme. Ve. Courcier.
- Lazcano, A. (2008). Towards a Definition of Life: The Impossible Quest?. *Space Science Reviews* 135, ss. 5–10.
- Levy, S. (1992). *Artificial Life*. New York, NY: Vintage Books.
- López-García, P.; Moreira, D. (2009). “Yet viruses cannot be included in the tree of life”. *Nature Reviews Microbiology* 7, nr 8, ss. 615–617.

- Losee, J. (1980). *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*. Oxford: Oxford University Press.
- Ludmir, E. B.; Enquist, L. W. (2009). Viral genomes are part of the phylogenetic tree of life. *Nature Reviews Microbiology* 7, ss. 615.
- Lundahl, C. (1927). *Den astronomiska världsbilden genom tiderna*. Stockholm: Natur och Kultur.
- Lübcke, P. (1988). *Filosoflexikonet*. Stockholm: Forum.
- Macklem, P. T.; Seely, A. (2010). Towards a Definition of Life. *Perspectives in Biology and Medicine* 53, ss. 330–340.
- McKay, C. P. (2004). What Is Life—and How Do We Search for It in Other Worlds? *PLoS Biology* 2, ss. 1260–1263.
- Mix, L. J. (2015). Defending Definitions of Life. *Astrobiology* 15, ss. 15–19.
- Moreira, D.; López-García, P. (2009). Ten reasons to exclude viruses from the tree of life. *Nature Reviews Microbiology* 7, ss. 306–311.
- Navas-Castillo, J. (2009). Six comments on the ten reasons for the demotion of viruses. *Nature Reviews Microbiology* 7, s. 615.
- Noble, C. E. (1975). On Johnson's Paradox: Hypothesis Verification. *The American Journal of Psychology* 88, ss. 537–547.
- Oliver, J. D.; Perry, R. S. (2006). Definitely Life but not Definitely *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 36, ss. 515–521.
- Pap, A. (1950). Ostensive Definition and Empirical Certainty. *Mind* 59, ss. 530–535.
- Pedersen, O. (2003). *Tycho Brahe og astronomiens genfødsel*. Århus: Steno Museets Venner.
- Persson, E. (2012). The Moral Status of Extraterrestrial Life. *Astrobiology* 12, ss. 976–984.
- Persson, E. (2013a). Philosophical aspects of astrobiology. I D. Dunér; J. Parthemore; E. Persson; G. Holmberg (red.) *The History and Philosophy of Astrobiology*, Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars. ss. 29–48.
- Persson, E. (2013b). Vad är Liv? I D. Dunér (red.) *Extrema världar – Extremt liv*, Lund: Pufendorfinstitutet. ss. 73–83.
- Persson, E. (2014). What does it take to establish that a world is uninhabited prior to exploitation? – A question of ethics as well as science. *Challenges* 5, ss. 224–238.
- Popa, R. (2010). Necessity, Futility and the Possibility of Defining Life are all Imbedded in its Origin as a Punctuated-gradualism. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 40, ss. 183–190.

- Popper, K. (1959a). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Basic Books.
- Popper, K. (1959b). The Propensity interpretation of probability. *The British Journal for the Philosophy of Science* 10, ss. 25–42.
- Radford, C. (1964). Ostensive Definitions, Coordinative Definitions, and Necessary Empirical Statements: A Reply to Arthur Pap.” *Mind* 73, ss. 270–272.
- Raoult, D. (2009). There is no such thing as a tree of life (and of course viruses are out!). *Nature Reviews Microbiology* 7, s. 615.
- Reid III, W. L.; Martin, R. L.; Gilley, L. (1983). The L-Factor: Toward an Operational Definition of Life. *Bios* 54, ss. 128–141.
- Retana-Salazar, A. P.; Retana-Salazar, S. (2004). Towards a simple logic in the determination of biological groups: the species and supraspecific groups. *Revista de biología tropical* 52, ss. 19–26.
- Ruiz-Mirazo, K.; Peretó, J.; Moreno, A. (2004). A universal definition of life: Autonomy and open-ended evolution. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 34, ss. 323–346.
- Ruiz-Mirazo, K.; Peretó, J.; Moreno, A. (2010). Defining Life or Bringing Biology to Life. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 40, ss. 203–213.
- Sagan, C. (1980). *Cosmos* (TV-serie). PBS.
- Schejter, A.; Agassi, J. (1994). On the definition of life. *Journal for General Philosophy of Science* 25, ss. 97–196.
- Schrödinger, E. (1944). *What is Life?* Cambridge: Cambridge University Press.
- Sikö, A. (1999). *Efter ursmällen*. Lund: Studentlitteratur.
- Thompson, M. (2008). *Life and Action: Elementary Structures of Practice and Practical Thought*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Tirard, S.; Morange, M.; Lazcano, A. (2010). The Definition of Life: A Brief History of an Elusive Scientific Endeavor. *Astrobiology* 10, ss. 1003–1008.
- Trifonov, E. N. (2011). Vocabulary of Definitions of Life Suggests a Definition. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics* 29, ss. 259–266.
- Tsokolov, S. (2008). Constructing an Interdisciplinary Context for Definition of Life. *Progress of Theoretical Physics Supplement* 173, ss. 351–362.

- Tsokolov, S. (2010). A Theory of Circular Organization and Negative Feedback: Defining Life in a Cybernetic Context. *Astrobiology* 10, ss. 1031–1042.
- Walker, S. I.; Davies, P. C. W. (2013). The algorithmic origins of life. *Journal of the Royal Society Interface* 10, ss. 1–9.
- Weber, B. H. (2010). What is Life? Defining Life in the Context of Emergent Complexity. *Origins of Life and Evolution of Biospheres* 40, ss. 221–229.
- Whiteley, C. H. (1956). Meaning and Ostensive Definition. *Mind* 65, ss. 32–335.
- Wittendorff, A. (1994). *Tyge Brahe*. Copenhagen: Gads Forlag.

Erik Persson
Filosofiska institutionen
Lunds universitet
Box 192
221 00 Lund
erik.persson@fil.lu.se