

10 milliarder planeter som Jorden

Forfatter



Uffe Gråe
Jørgensen,
lektor, Niels
Bohr Institutet
og Center for Stjerne- og
Planetdannelse, K ben-
havns Universitet
uffegj@nbi.dk

En kunstners indtryk af en jordlignende exoplanet, der kredser om stjernen HD 85512. Planeten er observeret med 3,6-meter teleskopet ved ESO's La Silla Observatorium. Planeten er ca. 3,6 gange så stor som Jorden, og den befinder sig i en afstand af stjernen, hvor flydende vand i princippet kan eksistere..

Illustration: ESO/M. Kornmesser

Artiklen kommer i

Vi ved i dag, at Universet vrimler med planeter. Og vi ved, at mange af disse planeter findes i afstande fra deres moderstjerner, der i princippet kan gøre dem beboelige. I denne temaaftale fortæller Uffe Gråe Jørgensen om, hvordan man opdager exoplaneterne.

– hvor er beboerne?

For godt 400 år siden blev den italienske munk Giordano Bruno blev frygtelig upopulær ved at skrive at »... de utallige verdener i universet ikke er mindre beboede end vores egen Jord«. Omtrent 2000 år tidligere havde Democritus tænkt næsten det samme ved at påstule at »...der er uendeligt mange verdener, nogle med sole og måner og andre uden«. Andre, som fx Platon, holdt på, at Jorden var unik. For både Democritus, Platon og Bruno var det ren spekulation, men i dag kender vi svaret. Alene i vores galakse, Mælkevejen, er der 10 milliarder planeter, der har nogenlunde samme størrelse som vores egen Jord, og kredser i en bane omkring deres stjerne, der giver dem nogenlunde samme temperatur som Jorden. Og så er der mere end 100 milliarder andre galakser i bare den synlige del af universet.

Om kun få år vil vi være i stand til at måle, om der er liv på de nærmeste af de mange planeter. Hvis livets opståen er en almindelighed hver gang vi har en planet som Jorden, og hvis det bare i en "uendelig lille" brøkdel af gangene udvikler sig til mere avancerede former, så må Mælkevejen være et kriblende og krablende virvar.

Fermi-paradokset

I 1950 forudsagde den italiensk-amerikanske atomfysiker Enrico Fermi, at menneskeheden ville brede sig over hele Mælkevejen i løbet af kun 5 millioner år, hvis vi fortsatte med den ekspansionstrang og nysgerrighed, der havde bragt os ud af Afrika, rundt om hele kloden, og videre til Månen og snart Mars i løbet af mindre end 200.000 år.

De fleste af de 10 milliarder stjerner i Mælkevejen, der omkredses af en jordlignende planet, er mere end en milliard år ældre end Jorden. Så hvis bare én eneste af de potentielt mange livsformer – bare en – havde udviklet sig til en art som vores egen med en tilsvarende teknologisk formåen og ekspansionstrang, så burde det med Fermis forudsigelse in mente have været rumvæsner, der koloniserede Jordens kontinenter. Men det var det ikke. Det var mennesker, opstået og udviklet på Jorden, der bredte sig over kloden – hvorfor?

Det spørgsmål har vi siden Fermis tid kaldt Fermi-paradokset. I dag ved vi, at der er kolossalt mange jordlignende planeter i Mælkevejen. Så det gør spørgsmålet endnu mere paradoksalt end Fermi formentlig nogen sinde var klar over. Hvorfor vrimler det ikke med rumvæsner her på Jorden? Hvor bliver de af?

På sporet af exoplaneter

Det er mindre end to årtier siden, at forskere for første gang kunne påvise en planet kredsende omkring en anden stjerne – en exoplanet. De første mange exoplaneter afslørede sig selv ved deres træk i den stjerne, de kredser om. I dag kan man ved hjælp af meget nøjagtige spektrografer måle, om en stjerne trækkes periodisk frem og tilbage med en hastighed så lille som en skildpaddes gang (dvs. ca. 1 km/t). Men det er kun lige akkurat nok til at påvise store planeter som Neptun og Jupiter. Effekten af vores egen Jord ville forsvinde på støjniveau, og måske endda drukne i signalet fra stjerneatmosfærens egne konvektionsbevægelser. Kun i ultrasmå baner kan metoden afsløre planeter af Jordstørrelse, som fx den, man lige har fundet kredsende om vores nærmeste nabostjerne, Alfa Centauri, kun 4 lysår herfra.

I de første år var det denne radialhastigheds- eller Dopplertechnik, der afslørede næsten alle de planeter, man fandt, og dem, man fandt, var meget ulig planeterne i vores eget solsystem. En af de mest overraskende konklusioner fra radialhastighedsmålingerne er, at mindre end 10 % af de stjerner, man har studeret, har en stor gasplanet som Jupiter eller Saturn. Og man finder den næsten aldrig derude, hvor Jupiter og Saturn kredser i vores eget solsystem, men i stedet i en bane, der minder mere om Jordens.

I vores eget solsystem er de Jordlignende planeter (Merkur, Venus, Jorden og Mars) relativt små, fordi temperaturen i de områder, hvor de blev dannet, var så høj, at kun "minerale" og metaller (der er sjældne i Universet) kunne samle sig til faste stoffer. Kun ved Jupiters bane og endnu længere ude var forholdene sådan, at store gasplaneter kunne dannes. Det er almindelig accepteret, at de store exoplaneter som radialhastighedsmålingerne afslører, må være dannet

i store baner ligesom Jupiter og Saturn, men dernæst er drevet indad i systemet. Det er ikke i detaljer forstået, hvorfor de er drevet indad, og hvorfor det ikke skete i vores eget solsystem. Men det må have noget at gøre med vekselvirkningen mellem de nydannede planeter og den skive af støv og gas, de dannedes i.

Et mylder af planeter

I dag opdages de fleste nye exoplaneter ikke længere fra radialhastighedsmålinger, men fra Kepler-satellitens transitmålinger. Her afsløres exoplaneterne, når de bevæger sig ind foran den stjerne, de kredser om, og derved periodisk formørker lyset fra stjernen. Allerede i det første års målinger har Kepler-data afsløret flere nye planeter end alle andre metoder og instrumenter tilsammen de sidste snart 20 år. De nuværende data viser primært planeter fra noget større end Jorden og op til Jupiter-størrelse, i baner så små som Merkurs eller mindre; altså en type planeter, vi slet ikke kender fra vores eget solsystem.

Der er mange flere middelstore planeter end rigtig store i Keplers data. Og når man tager højde for den bedre følsomhed for store planeter end små, peger de statistiske analyser på, at der må være ca. 50 gange så mange Jord-størrelse planeter som der

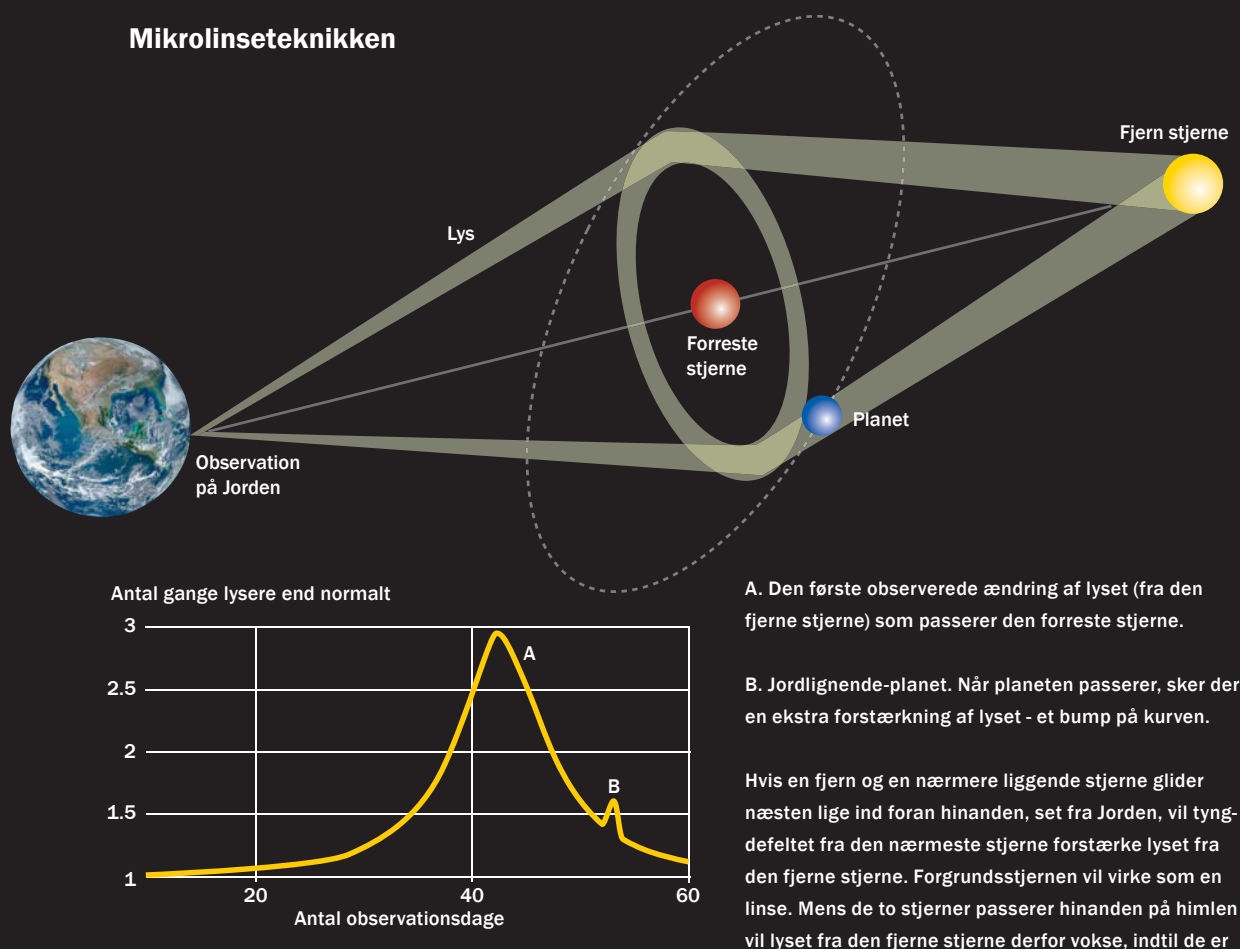
er Jupiter-størrelse planeter i kredsløb om Kepler-stjernerne. En meget vigtig, måske den allervigtigste, konklusion fra Kepler indtil nu, er, at den store overvægt af små planeter er uafhængig af hvilket baneinterval, man analyserer (inden for de baner, man har kunnet analysere hidtil naturligvis). Det er vigtigt, fordi det giver os et fingerpeg om, hvor mange Jord-størrelse planeter, vi skal forvente i rigtige jordlignende baner. Altså der, hvor vi tror "de andre" må bo eller vi selv kunne flytte ud.

Mikrolinse-teknikken

En tredje hovedmetode, der i de seneste år har givet vigtige statistiske resultater, er den såkaldte *mikrolinseteknik*. Her analyserer man, hvordan lyset fra fjerntliggende stjerner ændrer sig, hvis en nærmere liggende stjerne glider ind mellem os og baggrundsstjernen. Umiddelbart kunne man fristes til at tro, at de to stjerner ville formørke hinanden. Men som så meget andet, der har med relativitetsteorien at gøre, sker der det omvendte. Jo tættere de to stjerner kommer hinanden på himlen, jo mere forstærker forgrundsstjernen lyset fra baggrundsstjernen.

For at finde planeter med mikrolinsemetoden er det nødvendigt at have et passende teleskop til rådighed over lange perioder. I 2003 bevilgede det danske

Mikrolinseteknikken



forskningsråd os penge til at bruge de sidste tre år af det nedlægningsberammede danske halvanden meter teleskop i Chile til at søge efter mikrolinseplaneter – selvom Einstein havde forestillet sig, at det ikke kunne lade sig gøre. Og i 2006 kunne vi annoncere opdagelsen af den suverænt mest jordlignende exoplanet, man nogen sinde havde set. Det er en planet på ca. fem gange Jordens masse i en bane svarende til asteroiderne i vores eget solsystem. I dag er kikkerten blevet gennemmoderniseret, og kikkerten deltager som en del af et større internationalt samarbejde i eftersøgningen af mikrolinseplaneter fem måneder om året. I samarbejde med astronomer i Aarhus, der søger forståelse af stjernernes svingninger, er vi nu i gang med opbygningen af et globalt netværk af hypermoderne små teleskoper (SONG), der ved hjælp af mikrolinse-metoden på meget effektiv vis vil kunne afsløre effekten af exoplaneter så små som Mars og måske endda endnu mindre.

Hvordan ser et typisk planetsystem ud?

Tilsammen kan de tre metoder fortælle os både, hvor mange store og hvor mange små planeter, der er som funktion af baneradius. Det gør det muligt at drage mindst fire meget vigtige konklusioner, som man for bare et år siden stadig kun kunne gisne om:

- 1 Kun få stjerner har kæmpeplaneter som Jupiter og Saturn, og når de er der, er de næsten altid i meget mindre baner,
- 2 på alle baneafstande ud til Jupiter-lignende baner er der mange flere små planeter end store,
- 3 tilsammen er der flere exoplaneter end der er stjerner på himlen, og
- 4 ca. hver tiende stjerne på himlen har en planet af størrelse og temperatur nogenlunde som Jorden.

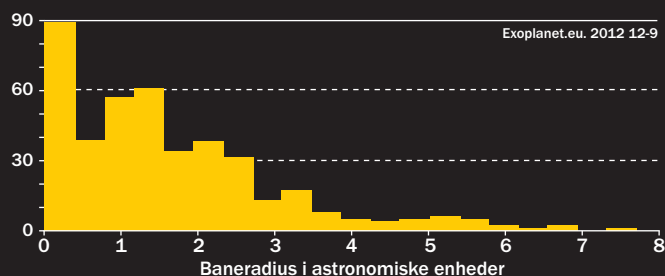
Samlet viser metoderne, at et "standard-planetsystem" i Mælkevejen i gennemsnit har en til to planeter i jord-størrelse i en bane væsentligt mindre end Merkurs, yderligere en eller to i det terrestriske område, og nogle gange en i en lidt større bane. Statistikken over jord-størrelse-planeterne er egentlig kun holdbar ned til omkring fem gange jordens masse. Om vores egne terrestriske planeter er atypisk små er derfor endnu uvidst, ligesom det også kan diskuteres, om der typisk er 3, 4 eller 5 jord-størrelse-planeter i et standard solsystem. Men hovedkonklusionen er alligevel klar: Et standard planetsystem består af få planeter ca. som Jordens størrelse, halvdelen er i ultra-små baner, og systemet har ingen gasplaneter.

En ring af teleskoper ved ESOs La Silla observatorium i Chile. Den danske halanden meter kikkert blev åbnet i 1979. Herfra leder vi efter mikrolinseplaneter i den halvdelen af året hvor Mælkevejen er synlig. I den anden halvdel af året bruges teleskopet nu af Tjekiske astronomer.

Foto: ESO



Antal exoplaneter større end Neptun

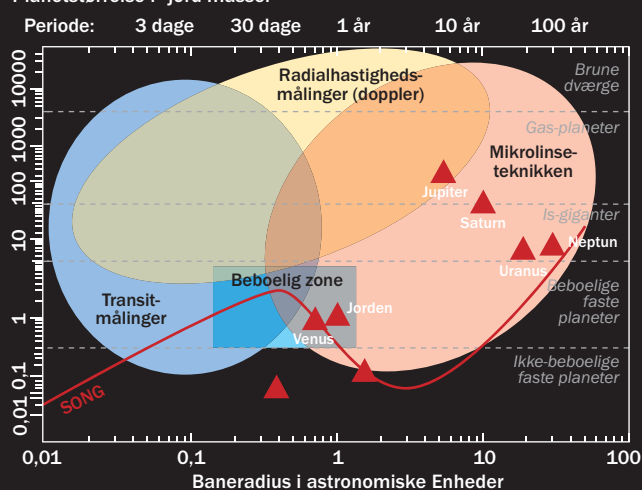


Antallet af exoplaneter som funktion af baneradius, opdaget med radialhastigheds-teknikken. Næsten alle planeterne ligger i baner som de jordlignende planeter i vores eget solsystem (eller mindre). Kun planeter større end Neptun er medtaget i diagrammet. Hvis også de små exoplaneter var med ville fordelingen være endnu mere ekstrem.

tættest på hinanden, for derefter at aftage igen. Hvis der kredser en planet om forgrundsstjernen kan den give en ekstra forstærkelse af lyset, som afslører planetens masse og baneafstand fra stjernen. I 2005 opdagede vi et lille bump, der viste sig at være fra den mest jordlignende exoplanet man på det tidspunkt havde set.

Det var Albert Einstein, der oprindeligt beskrev fænomenet gravitationel mikrolinsning i en artikel i Science i 1936. Da de to stjerner skal ekstremt tæt på hinanden for at virke som et linsesystem, mente Einstein, at man næppe nogensinde i praksis ville komme til at observere fænomenet. Men der tog han heldigvis fejl.

Planetstørrelse i "jord-masser"



Figuren illustrerer, at de tre metoder til at finde exoplaneter med, som omtales i artiklen (radialhastigheds-, transit- og mikrolinseteknikkerne), er følsomme for exoplaneter med forskellig masse og i forskellig baneradius.

Metoderne komplementerer derfor hinanden godt. Tilsammen giver de os et overblik over, hvor mange exoplaneter, der findes af forskellige typer. Med de kommende SONG-teleskoper vil vi kunne nå analoger til alle planeterne i vores eget solsystem (undtagen Merkuri).

Solsystemet er specielt

Det er tankevækkende, at vores eget solsystem altså på ingen måde er specielt ved netop Jordens eksistens. Men derimod dels ved at mangle planeter af jordstørrelse i ekstremt små baner (hvor årets længde er bare fx 5 døgn), og dels ved, at have hele fire kæmpeplaneter ude i det område, hvor de faktisk forventes at være dannet.

Kan forklaringen på Fermi-paradokset være, at livets udvikling kræver ikke bare en Jord som vores, men hele den specielle konfiguration af planeter som vores solsystem har? Er det derfor, vi bor netop her, og ikke i et tilfældigt andet exoplanetsystem?

Jeg skal undlade at gætte på, hvordan solsystemets planetdemografi kan have haft indflydelse på vores eksistens. Men nogle teorier forudsiger, at kun med en meget heldig timing af det gaskollaps, der førte til dannelsen af Jupiter og Saturn, vil vi have haft vand på Jorden. Måske er det et af mange heldige sammentræf, som skal spille sammen for at livet kan opstå og gennem tilpas stabile forhold over geologiske tidskalaer udvikles til en teknologisk civilisation med nysgerrighed overfor naturens fysiske sammensætning og virke. Kan det være muligt, at menneskeheden, med alle de mangler, vi nok synes den har, virkelig udgør Mælkevejens supercivilisation? Og er det virkelig vores skæbne at kolonisere

10 milliarder bebolige exoplaneter i Mælkevejen over de næste 5 millioner år? Eller er der en snubletråd i argumentationen?

Er der liv derude?

14 Europæiske lande har over de seneste år været igennem planlægningsfasen af det der forhåbentligt omkring 2023 skal ende med at blive verdens største kikkert; European Extremely Large Telescope, E-ELT med sit næsten 40 meter store spejl. Et af de videnskabelige hovedmål for designet har været at teleskopet skal kunne afgøre, om der er liv på jordlignende exoplaneter omkring de nærmeste stjerner, altså besvare spørgsmålet "har vi levende naboer?" Hvis vi om få år finder exoplaneter, der bærer spor af biologi, vil vi med kendt teknologi kunne sende et hørbart radiosignal derop. Hvis planetens organismer har teknologisk interesse og har bygget radiomodtagere af en kvalitet mindst som vores, vil vi få år senere kunne modtage et svar – eller have dem på besøg.

Inden vi eventuelt sender den første hilsen skal vi som menneskehed have besluttet, om vi hellere skal lade som om, vi ikke er her. Det kan blive den mest skæbnesvangre beslutning for vores fremtidige eksistens, som mennesket nogen sinde har taget, og måske endda en forhindring for vores første spæde skridt til koloniseringen af Mælkevejen. ■

Læs mere

Kennet B. W. Harpsøe, Jagten på Jordlignende planeter med gravitationel mikrolinsning, Kvant 23. årgang nr 2, side 22-25, 2012.

www.mindstep-science.org – her kan man læse mere om vores gruppe og de metoder vi bruger til at lede efter exoplaneter, og man kan gennem sæsonen følge vores observationer online

<http://song.phys.au.dk/> – mere information om SONG teleskoperne og -netværket.

www.nbi.ku.dk/scienceexplorer/foredrag/uffe_graa_joergensen/video/ – foredrag om hvorfor astronomer mener vandet på Jorden kan være noget ganske unikt

ELT-teleskopet

Det fælleseuropæiske ELT-teleskop vil blive det første, som kan måle, om der er liv på jordlignende planeter omkring andre stjerner. Med sit 40 meter store spejl vil det kunne optage et spektrum, der vil kunne vise om en exoplanets atmosfære er i kemisk ligevægt (som vores livløse naboplaneter Mars og Venus) eller er ude af kemisk ligevægt (som Jordens atmosfære) på grund af stadigt udslip af metan og ilt til luften fra levende organismer.

Illustration: ESO

